

**Integrierte szenariobasierte Produkt- und
Produktionssystementwicklung –
Ein Beitrag zum
Systems Engineering**

HABILITATION
zur Erlangung der
Venia Legendi

im Fachgebiet des Maschinenbaus
mit dem Schwerpunkt Industrial & Engineering Management

vorgelegt von
Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Volker Grienitz

eingereicht bei der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät
der Universität Siegen
Siegen 2015

Integrierte szenariobasierte Produkt- und Produktionssystementwicklung

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	3
1.1 Problematik, Motivation und Ziel	3
1.2 Aufbau und Vorgehen	4
2. Methodik für die integrierte szenariobasierte Produkt- und Produktionssystementwicklung	5
2.1 Technology Push und Market Pull	5
2.2 Szenariotechnik	7
2.3 GraFem	11
2.4 Erfolgsfaktoren	14
2.5 Szenariotechnik im strategischen Management	17
2.6 Reifegrade in der Produktentwicklung	18
2.7 Serious Games	18
3. Zusammenfassung & Ausblick	21
4. Literatur	23
 Anhang (Veröffentlichungen)	
A 1 [GB08a].....	A-3
A 2 [GB08b].....	A-9
A 3 [GB08c].....	A-33
A 4 [GBS10]	A-39
A 5 [GB10].....	A-47
A 6 [GH12a]	A-57
A 7 [GH12b]	A-67
A 8 [GH12c] (im 2. Review)	A-81
A 9 [GH13]	A-101
A 10 [GHG13].....	A-111
A 11 [GHS13a]	A-123
A 12 [GHW11]	A-133
A 13 [Gri05].....	A-163
A 14 [Gri06].....	A-183
A 15 [GS09].....	A-203
A 16 [GS10a].....	A-227
A 17 [GS10b].....	A-249

A 18	[GS10c]	A-255
A 19	[GS11b]	A-261
A 20	[GS11c]	A-267
A 21	[GS11d]	A-273
A 22	[GS12a]	A-281
A 23	[GS12b]	A-301
A 24	[GS12c]	A-311
A 25	[GS13]	A-321
A 26	[GSH13a]	A-339
A 27	[GSH13b]	A-347
A 28	[GSK+13]	A-361
A 29	[GSL09a]	A-369
A 30	[GSL13]	A-375
A 31	[MGG+12]	A-413
A 32	[SGG12]	A-421
A 33	[WGA11]	A-443

1. Einleitung

1.1 Problematik, Motivation und Ziel

Produzierende Unternehmen müssen sich täglich in dynamischen und komplexen Umfeldern behaupten, in dem sie rechtzeitig unterschiedliche Veränderungen antizipieren und darauf wirksam reagieren. Die Entwicklung der Märkte aus gesellschaftlicher oder technologischer Perspektive sind aufgrund der globalen Vernetzung und differenter Dynamik nicht vorhersagbar [GHS13b].

Der Kundenwunsch nach Individualität erhöht die Variantenvielfalt im Markt und eine unternehmensinterne Komplexität in Bezug auf die Produktentstehungsprozesse und die Produktionssysteme. Die gesamte Wertschöpfungskette sowie die verschiedenen Stakeholder des Unternehmens sind davon betroffen. Das erfordert systemisches Denken und strukturierte Vorgehensweisen bei der Lösung der Herausforderungen von heute und morgen [WGA11].

Die Unternehmen müssen daher ausgewogen im Spannungsfeld zwischen „Market Pull“ und „Technology Push“ erfolgreich agieren. Das bedeutet, dass es nicht ausreicht, die Bedürfnisse der Kunden zu kennen. Vielmehr müssen auch die Abnehmer der Kunden in der Wertschöpfungskette Berücksichtigung finden.

Der „Technology Push“ beschreibt andererseits die technologisch möglichen Entwicklungen. Neue technologische Errungenschaften können bestehende Technologien substituieren oder ergänzen. Das gilt einerseits für neue oder andere Produkttechnologien, welche aufgrund der Verbesserung des Kundennutzens vom Kunden wahrgenommen werden. Andererseits gilt dieser Aspekt auch für Fertigungstechnologien in den Produktionssystemen. Jedoch werden Veränderungen oder Effizienzvorteile in der Fertigung eher mittelbar vom Kunden wahrgenommen [MBK08], [WKP06].

Um anspruchsvolle multifunktionale Systeme multidisziplinär im Sinne des Systems Engineering bearbeiten zu können, bedarf es einer reibungslosen Zusammenarbeit verschiedener Fachdisziplinen, wie den Ingenieurwissenschaften sowie der Betriebswirtschaft [BHV14].

Hierzu bedarf es einer integrierten Vorgehensweise, welche die Produktentstehung und die Produktionssysteme systemisch berücksichtigt.

Angesichts dieser Entwicklungen kommt einer Methodik, welche die Produktentwicklung sowie die Produktionssystementwicklung verzahnt betrachtet, eine Schlüsselrolle zu. Um der zunehmenden Komplexität

gerecht zu werden und diese zu beherrschen, bedarf es methodischer Unterstützung. Dazu gehören ausgewählte Werkzeuge, welche beteiligte Disziplinen zu einem wirksamen Vorgehen integriert.

Das Systems Engineering vereint zahlreiche Werkzeuge und Methoden. Eine ganzheitliche Vorgehensweise, welche im Schwerpunkt mit den Bausteinen der Szenariotechnik die Ergebnisse erarbeitet, ist nicht bekannt.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine solche Methodik darzustellen, welche betriebswirtschaftlich orientierte Bereiche, bspw. des Market Pull mit den ingenieurwissenschaftlichen Bereichen des Technology Push ausgewogen zusammenzuführen, so dass Produkte und Produktionssysteme integriert entwickelt bzw. optimiert werden können. Eine detaillierte Darstellung der Methodik ergibt sich aus den im Anhang zusammengestellten Veröffentlichungen.

1.2 Aufbau und Vorgehen

Im Kapitel 2 wird nach der Darstellung des zugrunde liegenden Verständnisses die Methodik im Überblick erläutert. Dazu werden die wesentlichen sechs Elemente der Methode anhand der generischen Vorgehensmodelle und ausgewählten Ergebnisdarstellungen kurz vorgestellt.

Das Kapitel 3 fasst alle Aussagen zusammen und gibt einen Ausblick auf zukünftigen Forschungsbedarf.

Der Anhang beginnt mit einer Tabelle, welche die Zuordnung aller relevanten Veröffentlichungen der kumulativen Habilitation zu den Methodikbausteinen darstellt. Zur inhaltlichen Vertiefung sind alle genannten Publikationen im Anhang aufgeführt.

2. Methodik für die integrierte szenariobasierte Produkt- und Produktionssystementwicklung

Die vorliegende kumulative Habilitationsschrift ist maßgebliches Ergebnis der aktiven Forschungsarbeit der Juniorprofessur an der Universität Siegen in der Zeit von August 2007 bis Januar 2014 und davor. Die Forschungsergebnisse wurden in zahlreichen international anerkannten Fachzeitschriften und etablierten Konferenzen veröffentlicht. Alle verwendeten Beiträge dieser kumulativen Habilitation unterlagen wissenschaftlich anspruchsvollen doppelten Review-Verfahren¹.

2.1 Technology Push und Market Pull

Die Entwicklung neuer Produkte und die anschließende Umsetzung in der Produktion erfolgen in der Regel auf Basis der strategischen Planung eines Unternehmens.

Es werden Marktpotenziale abgeschätzt, Kundenanforderungen wahrgenommen oder zukünftige Kundenwünsche antizipiert. Diese Motivation ist eher marktorientiert und lässt sich unter dem Begriff des *Market Pull* zusammenfassen [Gri06], [HHW+99].

Werden hingegen technologische Fortschritte genutzt, um neue Produkte zu generieren oder Erfindungen getätigt und versucht, dafür Kunden zu finden, so kann diese Motivation eher als technologieorientiert bzw. mit dem Begriff des *Technology Push* bezeichnet werden [Gri06].

Eine Schwerpunktsetzung in einer der beiden strategischen Ausrichtungen ist nicht hilfreich und langfristig nicht zielführend, um unternehmerisch erfolgreich zu sein. Zielführend in diesem Zusammenhang ist eine ausgewogene Berücksichtigung beider Ansätze (siehe Abbildung 2-1) [BHV14].

Eine ausgewogene Betrachtung führt dazu, dass die Produkt- und Produktionssystementwicklung über Schnittstellen miteinander verbunden sind. Für eine integrierte Herangehensweise in der Produktentwicklung und der Produktionssystementwicklung bedarf es übergreifende Methoden. Diese Abhängigkeiten führen zu einer hohen Komplexität, welche mit umfassenden, holistischen Ansätzen, wie dem Systems Engineering zu lösen sind [Bro10], [Cor97].

¹ Die Publikation [GBS10] sowie [GH12a] wurden nicht gereviewt.

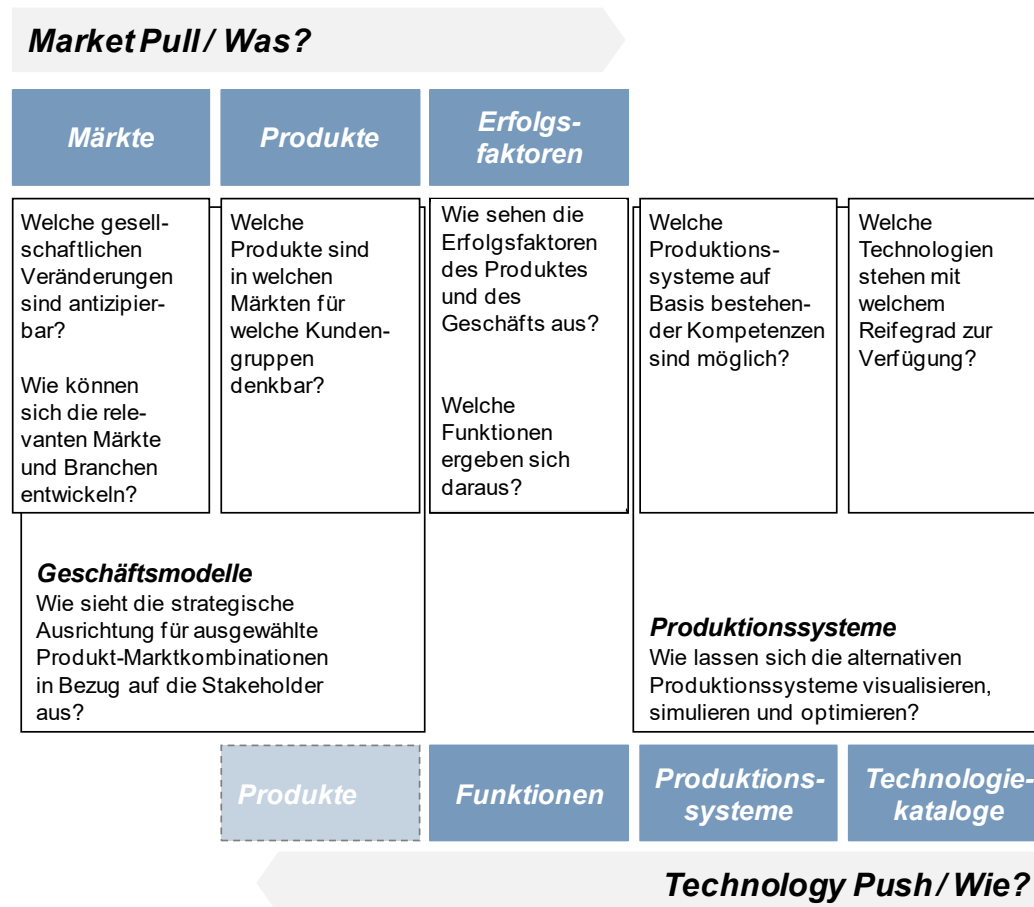


Bild 2-1 Ausgewogene Berücksichtigung von Market Pull und Technology Push als Garant für wirksame integrierte Produkt- und Produktionssystemprozessentwicklung [GB08c], [Gri06], [Gri08]

Die Abbildung 2-2 zeigt die wirksame Methodenkombination für eine integrierte Herangehensweise der vorliegenden Arbeit.

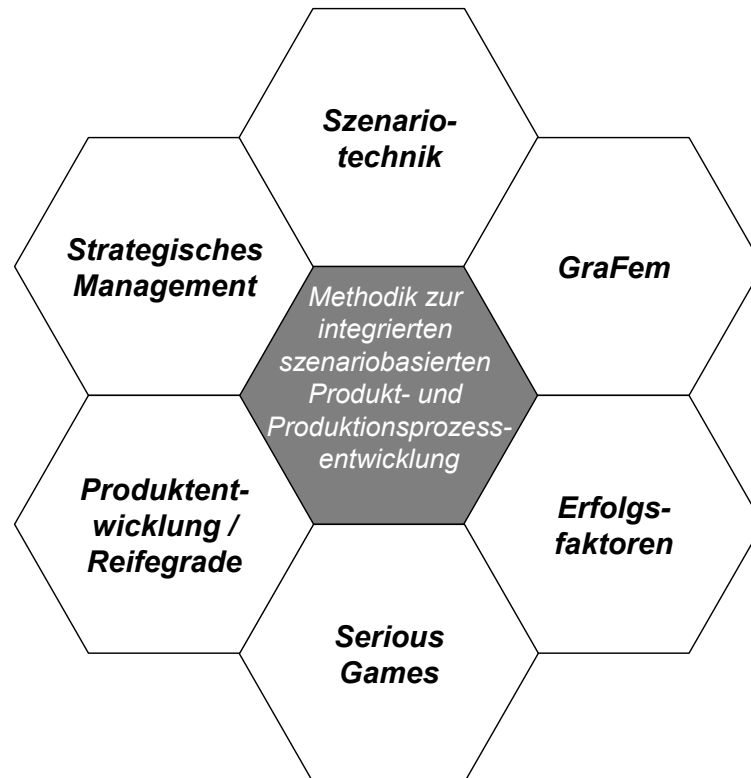


Bild 2-2 Bausteine der Methodik zur integrierten szenariobasierten Produkt- und Produktionsprozessentwicklung

2.2 Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist im Wesentlichen ein Werkzeug der Vorausschau und Zukunftsgestaltung. Zahlreiche Autoren haben verschiedene Ansätze der Szenariotechnik klassifiziert, kategorisiert und beschrieben [BWB+05], [GBG74], [GEK01], [God06], [GSH13b], [Miß93], [Sch02].

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf den Bereich der induktiven Szenarioerstellung. Das bedeutet, dass Szenarien aufgrund aufeinander aufbauender Methodenschritte systematisch entwickelt werden.

Die generische Vorgehensweise zur Erstellung von Szenarien basiert in allen Anwendungsfällen auf zwei wesentlichen Phasen:

- Der **Systemanalyse** liegt das *vernetzte und ganzheitliche Denken* zu Grunde und somit die Berücksichtigung aller relevanten Merkmale einer Fragestellung sowie deren Beziehung zueinander. Im Komplexitätsmanagement definierten Ulrich und Probst vergleichend diesen Aspekt: „als die Kenntnis der Anzahl der Faktoren und deren Vernetzung“ [UP95, S.27ff].

Dieses Denken in Systemen ist Grundvoraussetzung und Grundannahme für die Vorgehensweisen im Systems Engineering [Win13].

- Das **Systemdesign** basiert auf dem *Denken in morphologischen Strukturen* [Rit12]. Sehr viele Fragestellungen lassen sich auf eine Struktur des morphologischen Kastens mit zahlreichen möglichen Lösungszuständen abstrahieren [ELW06], [Win13]. Ulrich und Probst definieren diesen Aspekt im Komplexitätsmanagement als die Kenntnis der Systemzustände [UP95, S.27ff].

In der Szenariotechnik repräsentieren die Szenarien demnach alle denkbaren Systemzustände. Insofern werden keine Wahrscheinlichkeiten berücksichtigt. Die Szenarien enthalten Kombinationen denkbarer zukünftiger Entwicklungen [GSH13b]!

Sämtliche Szenarien werden mit Hilfe der Konsistenzanalyse gebildet. Sie stellt den Kern des Systemdesigns dar. Die Kompatibilitätsbewertung der Merkmalsausprägungen in der Konsistenzmatrix [GHW11] legt die Basis für die innere Widerspruchsfreiheit der Szenarien.

Die Verwendung des morphologischen Kastens hat sich als Werkzeug des Systems Engineering etabliert [Win13].

Die vorliegende Methodik liefert im Rahmen des Systems Engineering einen großen Beitrag zur Reduktion systemischer Komplexität. Insofern stellen:

- **Zukunftsszenarien** denkbare Entwicklungszustände im Zukunftsraum dar [GS12a], [GSH13b];
- **Produktszenarien** (in der Produktentwicklung) alternative mögliche Produkte dar [GB08a], [GB10];
- **Produktionssystemszzenarien** alternative Kombinationen von Fertigungsprozessschritten dar [GS11a], [GH13].
- **Strategieszzenarien** alternative strategische (marktorientierte oder kompetenzbasierte) Handlungsoptionen im Wettbewerb dar [GS10a], [GS12a].

Die generische Vorgehensweise zur Erstellung von Szenarien basiert auf den in Abbildung 2-3 pointierten vier Schritten:

- Die *Systemanalyse* beschreibt das zu betrachtende System mit seinen Systemgrenzen, den darin enthaltenen Merkmalen sowie deren Beziehungen untereinander [LF10]. Die Merkmale werden hinsichtlich des Verhaltens, der Bedeutung und der Rolle [GB08b] im System beschrieben, so dass Schlüsselmerkmale als signifikante Elemente herauskristallisiert werden können [GS10a]. Die Systemanalyse wird dabei durch die

Adaption von Methoden der Soziometrie unterstützt [GS10c], [LS02], [Jan03].

- Im *Systemdesign* werden für die Schlüsselmerkmale alternative denkbare Ausprägungen identifiziert, so dass eine morphologische Struktur mit Merkmalen und deren Ausprägungen aufgestellt werden kann [GS10b]. Die morphologischen Lösungslinien sind mit den Szenarien vergleichbar [Rit12].

Für die Berechnung der Szenarien mit Hilfe eines naturanalogen Optimierungsverfahrens - den evolutionären Strategien [GKK04], [Wei07], wird eine Zielfunktion erstellt, um die Fitness der berechneten Lösungen unterschieden zu können [GS10a]. Ein wesentlicher Bestandteil der Zielfunktion wird durch den Konsistenzwert als Maß für die Widerspruchsfreiheit abgebildet. Zum anderen werden weitere Regeln berücksichtigt. Dabei werden die errechneten Lösungen daraufhin überprüft, inwiefern Vorgaben zu Attributen der Merkmalsausprägungen, wie bspw. den technologischen Reifegrad oder der Innovationsgrad, [GS09], [GS10a], [GH13] erfüllt werden.

Mit dem Konsistenzalgorithmus werden aus den zahlreichen theoretisch möglichen Kombinationen, jene Szenarien über Rekombination, Mutation und Selektion berechnet [GB08a], [GB10], welche die Fragestellungen der Zielfunktion am besten erfüllen.

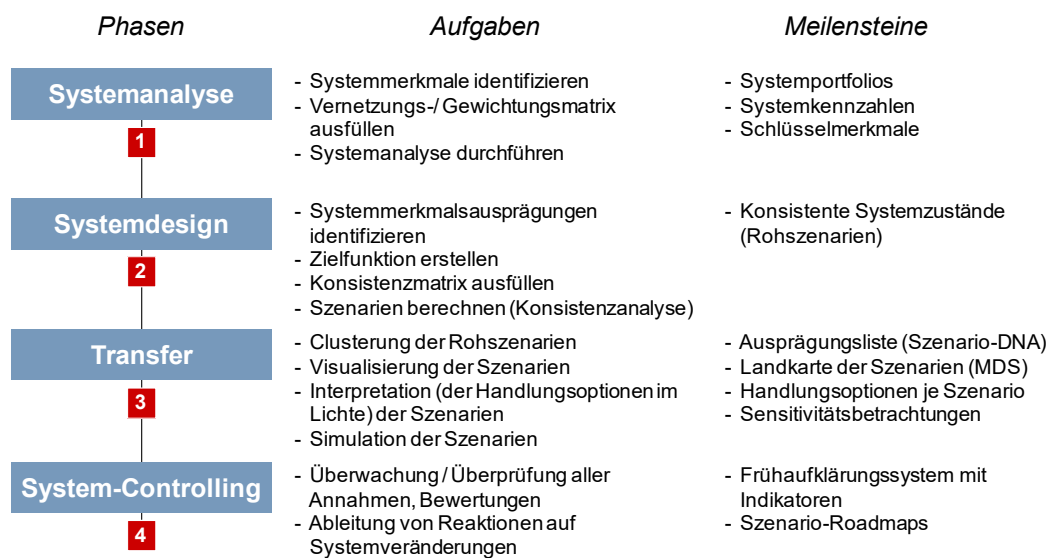


Bild 2-3 generisches Vorgehensmodell der Szenariotechnik

- Die Phase des *Transfers* übersetzt die Rechenergebnisse in kommunizierbare Tabellen und Grafiken. Die Szenarien werden durch sog. Ausprägungslisten beschrieben [GS10a], [GB08a], [GB10]. Darüber

hinaus werden sie durch multidimensionale Darstellungen - bspw. der MDS visualisiert [WGS09, S. 287], [GB08a], [GB10].

- Die Phase des *Controllings* dient der regelmäßigen Überprüfung aller Elemente der Szenarien sowie der im Erstellungsprozess getroffenen Annahmen und Bewertungen. Darüber hinaus werden schwache Signale aus den Umfeldern in Betracht gezogen [BG08c].

In diesem Verständnis definiert der Autor ein Szenario wie folgt:

Ein Szenario basiert auf dem Wissen der Anzahl aller notwendigen Merkmale zur Beschreibung und deren Vernetzung, Verhalten, Bedeutung und Rolle im System. Die Schlüsselmerkmale sind eine Reduktion aller Merkmale auf Basis der direkten und indirekten Systemanalyse. Szenarien stellen Gruppen von kompatiblen widerspruchsfreien Kombinationen der Merkmalsausprägungen dar, welche durch eine intelligente morphologische Analyse identifiziert wurden. Szenarien repräsentieren demnach Lösungen für beliebige Fragestellungen, die sich durch eine morphologische Struktur beschreiben lassen.

Mit Hilfe der Szenarien werden im Kontext der vorgestellten Methode einerseits Marktentwicklungen antizipiert [GSH13b]. Zum anderen werden alternative Produkte entworfen. Darüber hinaus werden unterschiedliche Konstellationen von Produktionssystemen abgeleitet [GS11a].

Alle denkbaren Kombinationen der Markt-, Produkt- sowie Produktionsszenarien werden auf eine sinnvolle, wirksame und wirtschaftlich erfolversprechende Anzahl von Alternativen reduziert. Bei der Bildung von Szenarien kommt es nicht auf Wahrscheinlichkeiten an [GSH13b]. Im spezifischen Unternehmenskontext werden die relevanten Alternativen interpretiert und liefern die Basis für die strategische und operative Ausrichtung des Unternehmens [GS10b], [SGG13].

Der Neuigkeitsgehalt dieser Methode im Kontext des Systems Engineering liegt in der Weiterentwicklung einzelner Methodenbausteine, der großen Anwendungsbreite und der Verknüpfung der verschiedenen Szenarioarten: So definieren die Marktszenarien den Markt und das inhärente Kundenspektrum. Die Kombination mit Produktszenarien eröffnet den Anforderungsumfang für die Produktentwicklung. Die Fertigungssystemszzenarien zeigen Umsetzungsalternativen für relevante Markt-Produkt-Kombinationen auf. Mithilfe der Strategieszenarien werden wirksame Handlungsoptionen für produzierende Unternehmen aufgezeigt.

2.3 GraFem

GraFem ist ein Kunstwort und steht für „Grafische Fertigungsmodellierung“. An der Universität Siegen wurde die Methode vom Autor auf Basis der VDI-Richtlinie 2860 [VDI90] entwickelt [GBS10], [GHS13a].

GraFem bildet sowohl Energie-, Informations- und Materialflüsse als auch Wertschöpfungsverluste in einer Grafik ab. Die Symbole der VDI-Richtlinie 2860 werden durch neue Symbole und um weitere Informationen ergänzt. Jeder einzelne Fertigungsschritt, welcher durch ein GraFem Symbol dargestellt wird, kann zu einer Reihe von Fertigungsschritten zusammengefasst werden, welche aneinandergereiht den vollständigen Fertigungsprozess abbilden [SW04]. Weiterhin unterstützen Fotos, die unter den GraFem Symbolen angeordnet werden, die Übersichtlichkeit und das Prozessverständnis, um bspw. eine erfolgreiche Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen zu gewährleisten [GHS13a].

GraFem ist somit eine Visualisierungs- und Optimierungsmethode für Produktionssysteme, die Prozesse in einer für die Zielgruppen verständlichen und nachvollziehbaren Art und Weise darstellt.

Bild 2-4 zeigt die generischen Phasen eines GraFem-Projektes [GSH13]:

- In der *Vorbereitungsphase* wird das zu betrachtende Produktionssystem beschrieben, so dass der wirksame Systemausschnitt (Fertigungsprozess) definiert werden kann. In einem weiteren Schritt werden alle relevanten Prozessschritte identifiziert. Dabei hilft das parallel an der Universität Siegen entwickelte Workshop-Set, welches in der örtlichen Nähe des Fertigungssystems, entsprechend dem Lean-Management-Gedanken "go to gemba", angewendet werden sollte [SS11].
- Nachdem alle wichtigen Eigenschaften des Fertigungssystems dokumentiert wurden, werden in der *Modellierungsphase* die „GraFem-Tapeten“ als gleichzeitige Visualisierung der verschiedenen Flüsse erstellt. Das allgemeine Prozessverständnis wird durch die Anreicherung der GraFem-Symbole durch weitere Informationen, wie bspw. Fotos noch verstärkt.
- Die *Analysephase* berücksichtigt die Vernetzung aller Fertigungsschritte und die Interpretation der im Vorbereitungs- und Modellierungsprozess gesammelten Schwachstellen. Zur detaillierten Untersuchung werden die verschiedenen GraFem-Partialmodelle (siehe Abbildung 2-5) herangezogen [Bru08], [BW05].

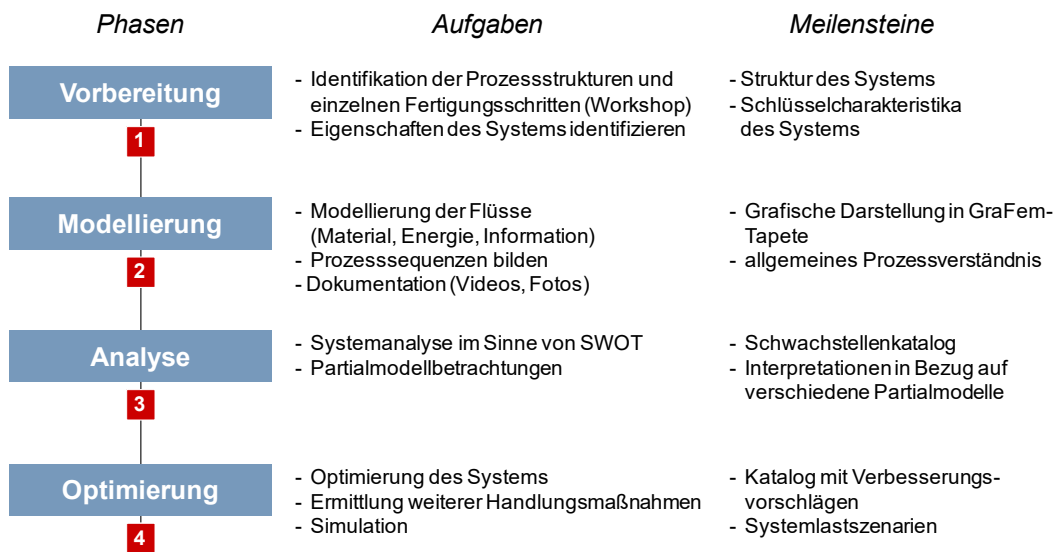


Bild 2-4 Generisches Vorgehensmodell der Methode GraFem [GHS13a]

- In der Phase der *Optimierung* werden alternative Lösungsmöglichkeiten untersucht, die eine Beseitigung oder Abschwächung der Schwachstellen ermöglichen. Dazu werden verschiedene sog. Soll-Prozessketten bspw. unter Anwendung der Szenariotechnik entwickelt. Darüber hinaus werden erfolgversprechende alternative Fertigungssystemsznarien mit Hilfe einer Software simuliert bzw. in 3D oder Virtual Reality visualisiert [GH12b], [GHG13].

Neben der Visualisierung durch die „GraFem-Tapete“ wird das Produktionssystem aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und optimiert. Abbildung 2-5 zeigt die sieben Partialmodelle von GraFem im Überblick.

- Durch das *Szenario-Modell* werden verschiedene Arten von Szenarien (bspw. Markt, Produkt, Produktionssystem oder Supply-Chain-Varianten etc.) berücksichtigt [MGG+12]. So können bspw. spezifische Marktrahmenbedingungen eine Rolle spielen [WGA11].
- Mit dem *Kostenmodell* können alle betriebswirtschaftlich relevanten Informationen des Fertigungssystems, wie bspw. Prozesskosten etc. betrachtet werden [GH12a], [Ric06].

- Das *Zeitmodell* berücksichtigt alle relevanten Informationen der einzelnen Prozessschritte bezüglich der notwendigen oder verbrauchten Zeit. Dieses Partialmodell ermöglicht darüber hinaus die Integration von MTM-Studien¹ [GS11d], [GHS13a], [GHG13].
- Das *Technologiemodell* zeigt technologische Alternativen von Fertigungsprozessschritten auf und ermöglicht bspw. über Roadmaps die Ableitung von Aussagen zu notwendigen oder potenziell möglichen Substitutionstechnologien [GS11a].

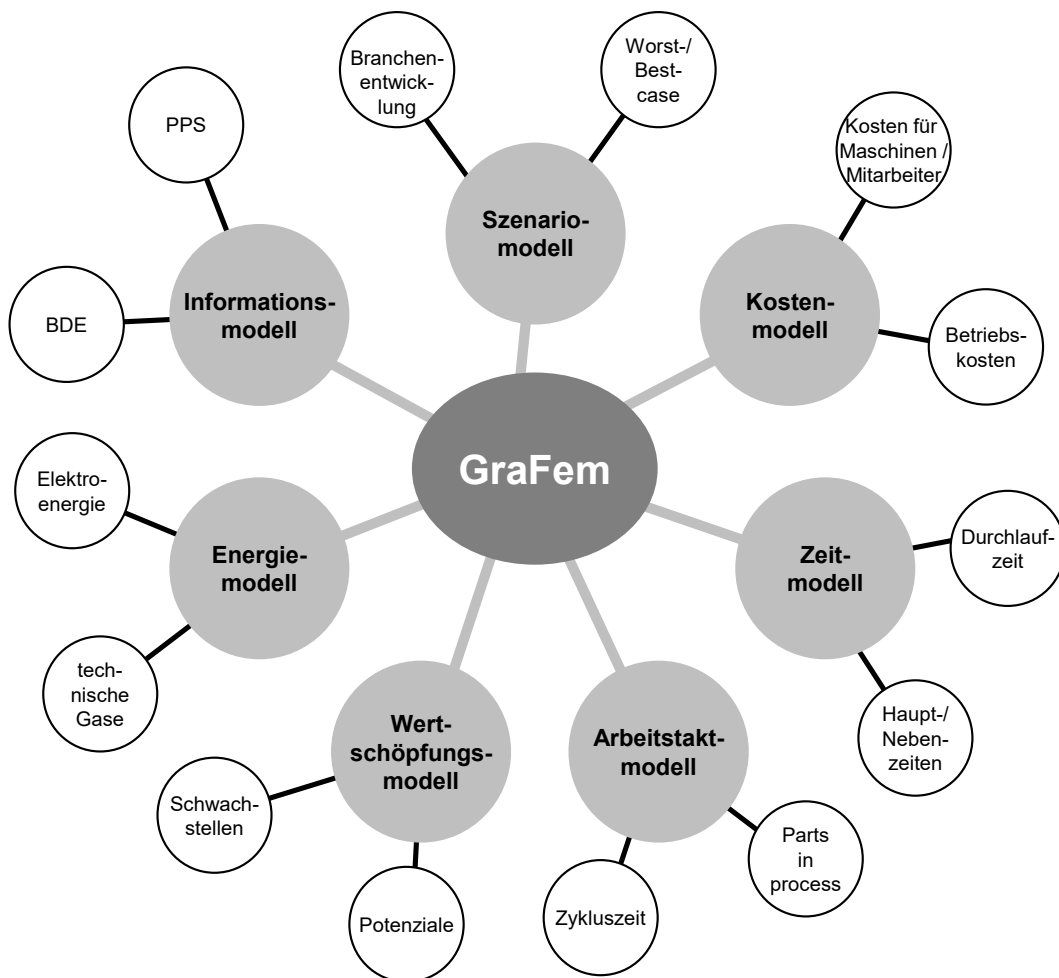


Bild 2-5 Sieben GraFem-Partialmodelle mit ausgewählten Detailinformationen

¹ Method Time Measurement

- Das *Arbeitstaktmodell* berücksichtigt vor allem Zykluszeiten der Bearbeitungsstationen, so dass Maschinenbelegungen oder Nebenzeiten sehr einfach bestimmt oder berechnet werden können [GS13].
- Das *Wertschöpfungsmodell* konzentriert sich auf alle Wertschöpfungsverluste. Mit dieser aggregierten Darstellung können Abhängigkeiten der Verluste untereinander ausgemacht werden, so dass die Schwachstellen in Bezug auf deren Funktion, Bedeutung und Rolle im System priorisiert werden können [Bru08]. Auch an dieser Stelle findet die Systemanalyse der Szenariotechnik Anwendung [GS11], [GH13].
- Das *Energiemodell* erfasst neben dem Verbrauch elektrischer Energie auch den Verbrauch von Pressluft, industriellen Gasen, Licht, sowie sonstiger Energie. Die Visualisierung der Energieverbräuche zeigt automatisch Ansatzpunkte für Optimierungsmöglichkeiten, bspw. in Bezug auf Einsparungspotenziale auf [GHS13a].
- Das *Informationsmodell* berücksichtigt die Erfassung des Informationsflusses hinsichtlich PPS (Produktionsplanung- und Steuerung), Maschinensteuerung oder BDE (Betriebsdatenerfassung) [GH12a], [GHS13a].

Die Methode „GraFem“ eignet sich zur Modellierung und Analyse bestehender Fertigungssysteme sowie zur Aufdeckung von Wertschöpfungsverlusten und Schwachstellen im Material-, Informations- und Energiefluss insbesondere in der Klein- und Großserienfertigung. Zusammenfassend lässt sich aus den zahlreichen an der Professur durchgeführten Anwendungsbeispielen ableiten, dass die Methode „GraFem“ weniger gut für die Planung von neuen Fertigungsprozessen geeignet ist.

Die integrierte Anwendung von GraFem und Szenariotechnik ermöglicht u.a. die operative Beschreibung von entworfenen Produktionsszenarien und stellt somit einen maßgeblichen Beitrag für das Systems Engineering dar.

2.4 Erfolgsfaktoren

Mit Hilfe der Erfolgsfaktoren lassen sich Fähigkeiten von Organisationen beschreiben [BT96], [Köh93], [Hau01], [HW99], [Mar03], wobei diese Faktoren einerseits nach der Bedeutung und andererseits nach der Stärke bzw. Schwäche einer Organisation in Bezug auf diesen Faktor bewertet werden. Aus den beiden Bewertungsdimensionen (Bedeutung am Markt & Stärke / Schwäche) werden die Ergebnisse in Form eines sog. Erfolgsfaktorenportfolios abgeleitet und visualisiert.

Die Vorgehensweise bei der Erfolgsfaktorenanalyse gliedert sich, wie in Abbildung 2-6 dargestellt, in folgende vier Phasen und Meilensteine:

- *Definition* - In dieser Phase werden die abzufragenden Erfolgsfaktoren beschrieben. Dabei kann auf bestehende Faktorenkataloge, bereits durchgeführter Befragungen, zurückgegriffen werden. Die Erfolgsfaktoren werden zum allgemeinen Verständnis eindeutig und aus Sicht der fragenden Organisation kurz definiert. Daraus wird ein Fragebogen in elektronischer oder papierbasierter Form erstellt. Daran schließt sich die Bestimmung der zu befragenden Personen an. In Bezug auf die Klassifizierung der Antwortbögen werden ggf. noch weitere Metadaten, wie bspw. die Frage nach der Abteilung oder der Branche hinzugefügt.

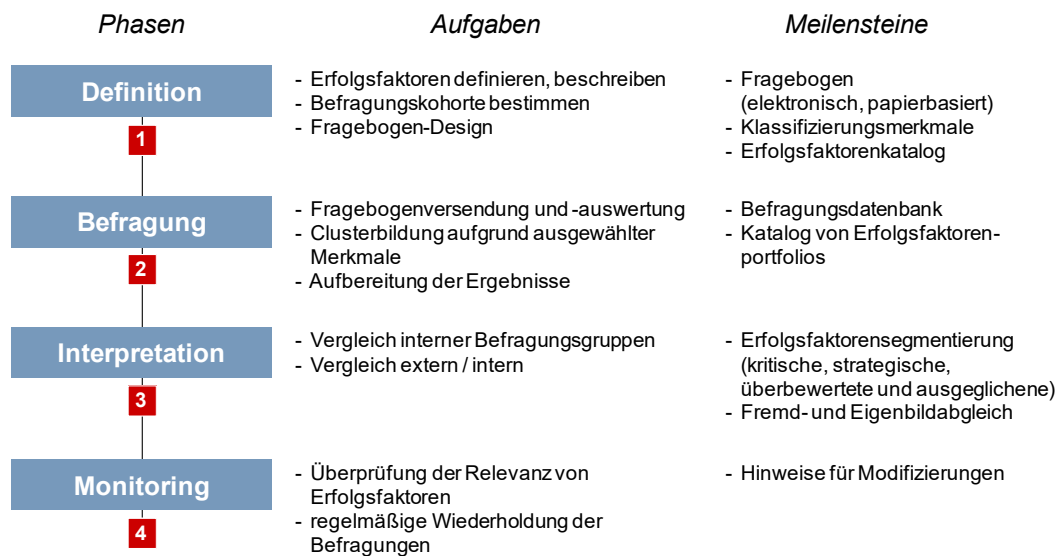


Bild 2-6: Die Vorgehensweise bei der Erfolgsfaktorenanalyse

- *Befragung* - Diese Phase beinhaltet im Schwerpunkt die Versendung der Fragebögen und die Auswertung der Rückläufer. Bei einer elektronisch gesteuerten Befragung wird eine Datenbank angewandt. Die Ergebnisse werden in den sog. Erfolgsfaktorenportfolios visualisiert. Hinzukommen weitere statistische Analysen je Erfolgsfaktor, wie Standardabweichungen etc.. Die Bewertung der Faktoren erfolgt durch die Mitarbeiter, zusätzlich auch durch weitere Stakeholder der Organisation, wie Kunden oder Lieferanten. Daraufhin lassen sich die Ergebnisse so aufbereiten, dass eine Gegenüberstellung der Fremd- und Eigensicht möglich ist. Erst dieser Abgleich führt zur Fokussierung auf die wirksamen Fragestellungen in der Organisation [Pet09-01].

- *Interpretation* - Die Auswertung der Portfolios, der statistischen Merkmale sowie einer Gegenüberstellung mit einem Fremdbild führt zu einer Klassifizierung der Erfolgsfaktoren in strategische [Püm83], kritische [LB84], überbetonte und ausgeglichene Faktoren (siehe Bild 2-7). Jede Organisation kann die Ergebnisse individuell interpretieren und ggf. Maßnahmen ableiten.
- *Monitoring* - Diese Phase beschreibt den Umstand, dass die Umweltgegebenheiten, der Markt, die Organisation etc. einem steten Wandel unterzogen sind. Insofern müssen die Ergebnisse regelmäßig durch neue Befragungen und Auswertungen überprüft werden.

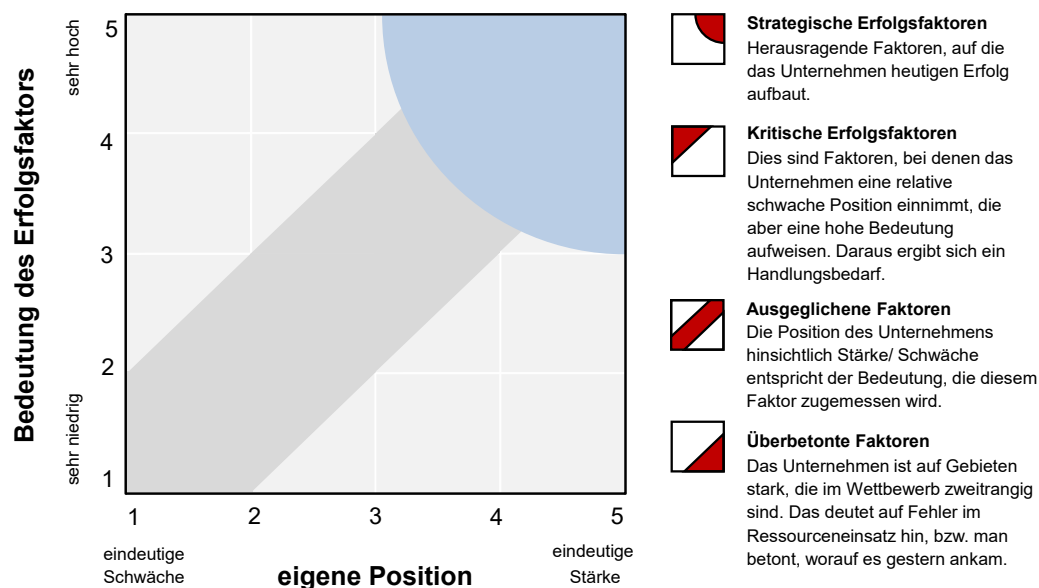


Bild 2-7 Bereiche und deren Bedeutung im Erfolgsfaktorenportfolio

Zunächst betrachten die Erfolgsfaktoren Stärken und Schwächen von heute. In Kombination mit Zukunftsszenarien können zukünftige Stärken und Schwächen erkannt, gestärkt oder bearbeitet werden [GSL09a], [GSL13], [GS11b].

Hilfreich bei der Analyse ist eine Trennung nach Erfolgsfaktoren des Geschäftes [DL93], [DW88] und den Erfolgsfaktoren der Produkte und/oder Dienstleistungen [Ern01].

Durch die systemische Berücksichtigung von Erfolgsfaktoren in Bezug auf Stärken und Schwächen des Unternehmens sowie die Fokussierung auf kundenrelevante Produkteigenschaften mit Hilfe der Erfolgsfaktoren wird das Systems Engineering unterstützt, so dass auf kunden- und unternehmensrelevante Produkteigenschaften fokussiert werden kann.

2.5 Szenariotechnik im strategischen Management

Die Szenariotechnik bietet auch im strategischen Management zahlreiche Einsatzmöglichkeiten [GSL09a]. Die Struktur einer Strategie ist unabhängig von der Unternehmens-, Abteilungs- oder Technologiestrategie etc. vergleichbar. Eine Strategie definieren die strategischen Kompetenzen und die strategischen Betätigungsfelder in Kombination mit dem Leitbild. Für die Beschreibung dieser Strategieelemente können Merkmale, wie bspw. die Positionierung im Wettbewerb mit aggressivem oder kooperativem Verhalten etc. verwendet werden [FHH08]. Insofern lassen sich auch bei der Erstellung von Strategien morphologische Strukturen verwenden [GPW09], [GS12a], [GS12b], [GSL13], [GSH13b], [Rit12].

Da vor einer Strategieentwicklung die Ermittlung strategischer Erfolgsfaktoren wirksam ist, bietet sich eine Verbindung beider Methoden an [FS06], [Pil08], [Ste97-ol], [GPW96]. Über die Zielfunktion der Konsistenzanalyse können beide Methoden berücksichtigt werden. Der Überdeckungsgrad berechneter Lösungen mit den Ergebnissen der Erfolgsfaktorenbefragung kann mit Hilfe von sog. „Bonus- oder Malus-Termen“ Berücksichtigung finden. Das bedeutet, dass Merkmalsausprägungen, die nicht mit den strategischen Erfolgsfaktoren des Unternehmens korrelieren, auch zu weniger wirksamen Szenarien führen [GS12a], [GS12b]. Der Bonus- oder Malus-Term begünstigt die Entwicklung von realistischen Strategien, die mit den vorhandenen Kompetenzen harmonieren. Diese Vorgehensweise kann mit den Werkzeugen des "Competence-Based-View" verglichen werden [GS10a].

Die individuelle Gestaltung der Zielfunktion in der Szenariotechnik erlaubt auch die Erstellung von eher marktorientierten Geschäftsstrategien - "Market-Based-View". Dabei werden eher begünstigende Zukunftsentwicklungen im Markt bzw. der Branche bei der Szenarioberechnung berücksichtigt [GS10a], [GS12b].

Die Erstellung von Strategieszennarien basiert somit auch auf den Ansätzen von BÄTZEL [Bät04]. Darauf aufbauend können Strategiemerkmale, die von vielen Wettbewerbern besetzt werden in den Bonus- oder Malus-Termen berücksichtigt werden [GS10a], [GSH13b]. Diese Vorgehensweise ist insbesondere für die Entwicklung von Nischenstrategien erfolgreich [GSL09b], [GSL13], [GS12d].

Die Strategieentwicklung mit Hilfe von alternativen Handlungsoptionen unterstützt das Systems Engineering insofern, da die Vernetzung und die Abhängigkeiten aller Strategiemerkmale wirksam berücksichtigt wird.

2.6 Reifegrade in der Produktentwicklung

Bei der Entwicklung von Produkten leistet die Szenariotechnik ebenso einen großen Beitrag. Produkte lassen sich durch ihre Produktstruktur beschreiben und stellen mit den Produktmerkmalen und deren denkbaren Ausprägungen eine morphologische Struktur dar [GB10].

Werden die Merkmalsausprägungen jedoch mit zusätzlichen Attributen / Eigenschaften, wie bspw. des technologische Reifegrades, Innovationsgrades oder Market Willingness verbunden, so lassen sich bei der Szenariobil- dung mit Hilfe einer spezifischen Zielfunktion signifikante Szenarien ableiten, bspw:

- *Technologie-Roadmap* - Werden bspw. die Reifegrade berücksichtigt, so können über eine Szenario-Roadmap auch die technologische Verfüg- barkeit der potenziellen Produkte über die Zeit dargestellt werden [Gri04], [Gri05], [GH12d], [GH13], [GBH+13].
- *Innovationspotential* - die Berücksichtigung des Innovationsgrades ermöglicht die Berechnung von hoch innovativen Produkten, die noch sehr viel Forschung und Entwicklungsarbeit benötigen. Ebenso können solche Produkte kreiert werden, die eher wettbewerbsunwichtige Eigen- schaften besitzen ,aber dennoch zum Aufschließen im Markt notwendig sind [GH12d], [Gri04], [Sch13].
- *Market Willingness* - Mit Hilfe des Market Willingness lassen sich jene Produkte ableiten, die verschiedenen Marktphasen zugeordnet werden können. Einerseits können lediglich Pionieranwender oder aber auch der sich etablierte aufnahmebereite Massenmarkt angesprochen werden.

Diese Bewertungskriterien erlauben im Rahmen des Systems Engineering eine frühzeitige und rechtzeitige Konzentration aller Aktivitäten auf die wesentlichen Entwicklungen.

2.7 Serious Games

Vor dem Hintergrund, dass die Erstellung von Szenarien ein komplexer Prozess ist und in der Regel mehrere Personen einbezogen werden, bedarf es verschiedener wirksamer Methoden alle Beteiligten unabhängig von der Position im Unternehmen, Bedeutung oder Vorlieben etc. [Lin08] in den Erstellungsprozess zu integrieren [GS10d], [GSK+13]. Darüber hinaus sind Ergebnisse wesentlich belastbarer, gegenüber solchen, die nur durch eine oder wenige Personen erarbeitet wurden [Bla97], [Sch00].

Die Methode LEGO[®] Serious Play[®] (LSP) ist ein Werkzeug, welches die Hand-Gehirn-Verbindung anspricht. Diese aktive Komponente, der

Verbindung der Denk- bzw. Äußerungsprozesse mit der körperlichen Bewegung innerhalb von Workshops, führt zu einem tiefen langanhaltenden Verständnis.

Bei der Arbeit mit LSP werden gezielt Metaphern verwendet. Dabei werden Gedanken, Wünsche, Ängste o.ä. in Form von Gebilden mit Hilfe der LEGO®-Bausteine visualisiert, ohne zwingend etwas Gegenständliches abbilden zu müssen. Somit wird die Hürde der Anwendbarkeit bewusst niedrig gehalten [BG11], [Gau07], [GSK+13], [HJ11], [JRM12], [KHN09] (siehe Bild 2-8).

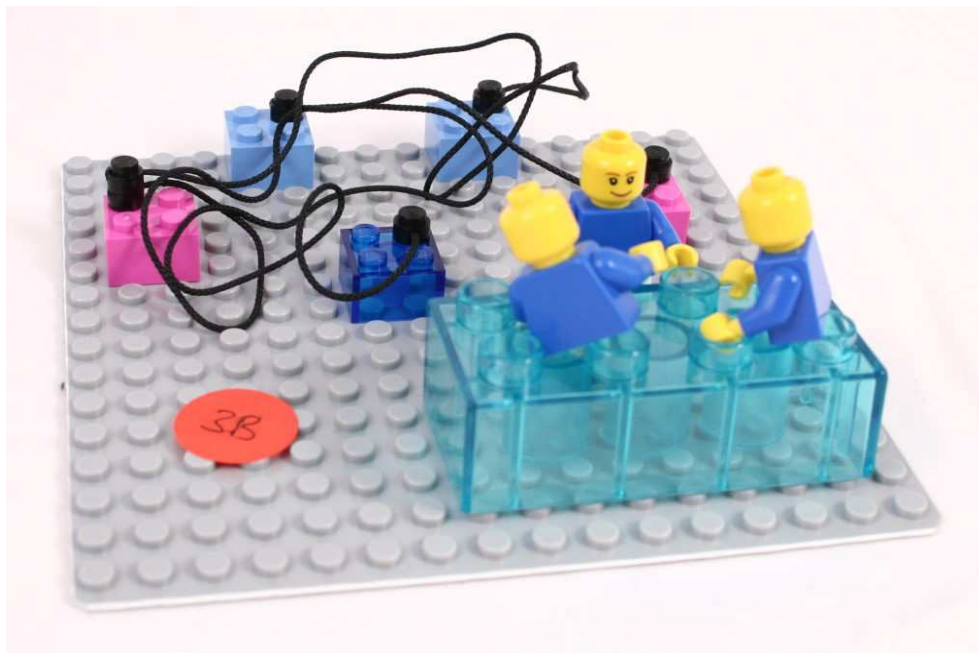


Bild 2-8: Beispiel einer LSP-Merkmalausprägung „Open Innovation“ [GMS+12]

Unabhängig davon ob Zukunfts-, Produkt- oder Fertigungsszenarien entworfen werden enthält der Szenarioerstellungsprozess sehr viele kreative Phasen, in denen ein aktiver Austausch aller Teilnehmer stattfindet [Bra08] [GS12c]. Die Methode LSP unterstützt den Entwurf von Szenarien in folgenden Bereichen:

- **Suche nach Merkmalen für das betrachtete System** Die Teilnehmer bauen zahlreiche Modelle und stellen diese auch in der Gruppe vor. Über diesen Prozess zeigt sich, dass verschiedene Personen die gleichen Merkmale identifizieren, diese aber anders beschreiben oder definieren. Somit kann der Harmonisierungsprozess in der Phase der Systemdefinition mit Hilfe von LSP erfolgreich unterstützt werden [GS12c].

- ***Erarbeitung von alternativen Merkmalsausprägungen*** Die Durchführung von zahlreichen Szenarioprojekten an der Professur zeigte, dass durch die Anwendung von verschiedenen Kreativitätsmethoden in der Regel drei bis fünf Merkmalsausprägungen identifiziert werden. Die Anwendung von LSP hat dazu geführt, dass sehr schnell 6-10 alternative Ausprägungen identifiziert werden. Nach einer Konsolidierung spiegeln alle Merkmale i.d.R. einen sehr facettenreicheren Möglichkeitsraum wieder.
- ***Visualisierung von Szenarien*** - Alle identifizierten Szenarien basieren auf der gleichen Struktur, der Aneinanderreihung der relevanten Ausprägung für das jeweilige Merkmal. Erste Anwendungsbeispiele haben gezeigt, dass LSP hervorragend geeignet ist, um die Szenarien verständlich zu kommunizieren [GS12c].

Der Einsatz von Serious Games im Rahmen des Systems Engineering ermöglicht die wirksame Einbindung verschiedener Stakeholder. Die Elemente erlauben den Entwurf, die Visualisierung oder aber die Auswahl von Produkten, Strategien bzw. Fertigungssystemalternativen.

3. Zusammenfassung & Ausblick

Die verschiedenen Methodikbausteine zeigen den integrativen Charakter der Gesamtmethode, da sie ineinander greifen, aufeinander aufbauen oder adaptierte Methodenelemente parallel verwenden.

Kern der Methodik stellt die Szenariotechnik dar. Grundlegend wird mit der Szenariotechnik die Zukunft antizipiert. Die Zukunftsszenarien beschreiben die Entwicklungsmöglichkeiten der Märkte bzw. der Branche. Mit Hilfe der Erfolgsfaktoren werden die heutigen Stärken und Schwächen des produzierenden Unternehmens identifiziert. Darauf aufbauend wird die zukünftige Bedeutung der Erfolgsfaktoren unter Berücksichtigung der Szenarien angepasst. Aus dieser Einschätzung lassen sich die zukünftig relevanten Erfolgsfaktoren als Handlungsmaxime ableiten.

Basierend auf den heutigen vorhandenen und zukünftig notwendigen Kompetenzen lassen sich weiterhin mit Hilfe der Szenariotechnik alternative Geschäftsstrategien für die relevanten Märkten entwickeln. Damit sind die Rahmenbedingungen des strategischen Handelns sowie der Kundenstruktur klar definiert, so dass im Folgenden zukünftige Produkte entworfen werden können. Die Szenariotechnik erlaubt die Berücksichtigung zahlreicher Attribute für die Produktentwicklung. So können je nach Kundensegment verschiedene Produkte mit differenzierten Eigenschaften entworfen werden. Die Einbeziehung von solchen Attributen erlaubt bspw. den Entwurf besonders innovativer oder kostengünstiger Varianten. Darüber hinaus können diese Varianten auch mögliche Produktevolutionen darstellen.

Die Produkt-Roadmap visualisiert die zeitliche Umsetzbarkeit bzw. Markteinführung. Die Kombination von zukünftigen alternativen Marktsegmenten und darin erfolversprechenden Produktvarianten liefern die Basis für die Betrachtung der Produktionssysteme. Auf der Grundlage vorhandener Fertigungstechnologien können mit Hilfe von GraFem aktuelle Produktionssysteme beschrieben werden. Die Szenariotechnik leistet auch in hier einen maßgeblichen Beitrag durch die Entwicklung alternativer Produktionssystemenszenarien. Diese beschreiben verschiedene Produktionssysteme mit bspw. abgestuftem Automatisierungsgrad für wachsende oder schrumpfende Marktsegmente. Darüber hinaus können Substitute der Fertigungstechnologien ebenso berücksichtigt werden. Die Fertigungstechnologie-Roadmap visualisiert auf Basis notwendiger oder möglicher Zeitpunkte der Technologiesubstitution alternative Produktionssystemenszenarien. Die Erstellung der alternativen Produktionssysteme wird maßgeblich durch die „GraFem-Tapete“ sowie die Partialmodelle unterstützt.

Bei der Erstellung der verschiedenen Szenarioarten werden zahlreiche Personen eingebunden, so dass auch unterschiedliche Führungs- und Mitarbeitererebenen involviert sind. Für eine neutrale und wirksame Beteiligung aller Teilnehmer unterstützt der Einsatz von Lego® Serious Play® (LSP) die kreativen Phasen. Gerade LSP ermöglicht somit eine wirksame partizipative Vorgehensweise.

Ausblick

Die vorliegende Methodik bietet zahlreiche Schnittstellen für die Integration von weiteren Methoden. Im Bereich der Produktentwicklung könnten bspw. durch die Integration der Methode QFD die in den Marktszenarien beschriebenen Kundenanforderungen mit den technischen Merkmalen der Produktszenarien kombiniert und evaluiert werden. Im Bereich der Produktionssystementwicklung könnten durch die Integration weiterer Lean Management-Methoden die verschiedenen Produktionssysteme anwendungsnäher entworfen werden.

Darüber hinaus gibt es kein durchgängiges Software-Tool, welches die Berechnungen bzw. die Prozesse der Methodik begleitet.

Zukünftige Forschung soll einerseits eine IT-Unterstützung ermöglichen. Andererseits sollen weitere Anwendungsfälle die Einsatzbreite evaluieren bzw. Hinweise für Weiterentwicklungsmöglichkeiten aufzeigen.

4. Literatur

- [Bät04] BÄTZEL, D.: Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategievarianten im Kontext Fertigungstechnik. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 141, Paderborn, 2004
- [BG11] BARA, F., & GENTAZ, E.: Haptics in teaching handwriting: the role of perceptual and visuo-motor skills. *Human movement science*, 30(4), S. 745-59, 2011
- [BHV14] BAUERNHANSEL, T., TEN HOMPEL, M., VOGEL-HEUSER, B.: *Industrie 4.0 in Produktion und Automatisierung und Logistik*; Springer-Verlag, 2014
- [Bla97] BLANCHARD, K. H.: Und jetzt alle zusammen. In: SPITZER, Q., & EVANS, R.: *Denken macht den Unterschied - Wie die besten Unternehmen Probleme lösen und Entscheidungen treffen*. Frankfurt/Main: Campus Verlag, 1997
- [Bra08] BRADFIELD, R. M.: Cognitive Barriers in the Scenario Development Process; in: *Advances in Developing Human Resources*, Volume 10, pp. 198-215, 2008.
- [Bro10] BROY, M.: *Cyber-Physical-Systems – Innovation durch Software-intensive eingebettete Systeme – acatech diskutiert*, Springer-Verlag, 2010
- [Bru08] BRUNNER, F. J.: *Japanische Erfolgskonzepte*; Hanser Verlag, München, 2008
- [BW05] BRUNNER, F. J., WAGNER, K.W.: *Qualitätsmanagement – Leitfaden für Studium und Praxis*,” Hanser Verlag, München, 2005
- [BT96] BELASSI, W., TUKEL, O. I.: A new framework for determining critical success/failure factors in projects; *International Journal of Project Management*, 14(3), pp. 141-151, 1996
- [BWB+05] BRADFIELD, R., WRIGHT, G., BURT, G., CAIRNS, G., VAN DER HEIJDEN, K.: The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning, *Futures*, Vol. 37, No. 8, pp. 795-812, 2005
- [Cor97] Corall, D.: Requirement Engineering Needs Total Systems Engineering, *Requirements Engineering* (1997) 2:217-219, Springer-Verlag , 1997
- [DL93] DILLER, H., LÜCKING, J.: Die Resonanz der Erfolgsfaktorenforschung beim Management von Großunternehmen,“ *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 63 (1993) 12, pp. 1229-1249, 1993
- [DW88] DAY, G. S., WENSLEY, R.: Assessing Advantage: A Framework for Diagnosing Competitive Superiority,“ *Journal of Marketing*, 52 (1988) April, pp. 1-20, 1988
- [ELW06] EVERSHEIM, W., LIESTMANN, V., WINKELMANN, K.: Anwendungspotenziale ingenieurwissenschaftlicher Methoden für das Service Engineering. In: Bullinger H, Scheer A (Hrsg) *Service Engineering*. Springer, Berlin, S 423–442, 2006
- [Ern01] ERNST, H.: *Erfolgsfaktoren neuer Produkte: Grundlagen für eine valide empirische Forschung*; Gabler, Wiesbaden, 2001
- [FHH08] FLASCHKA, K., HANISCH, M., HARTMANN, E.: *Strategieentwicklung. Grundlagen – Konzepte – Umsetzung*. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main, 2008

- [FS06] FINK, A., SIEBE, A.: Handbuch Zukunftsmanagement, Frankfurt: Campus Verlag, 1996
- [Gau07] GAUNTLETT, D.: Creative explorations: new approaches to identities and audiences. Oxon, New York: Routledge, 2007
- [GB08a] GRIENITZ, V., BLUME, V.: Strategic Planning of Future Products with Product Scenarios. In: IEEE (Ed.): Proceedings of 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 2008. 21 - 24 Sept. 2008, Bangkok, Thailand, 2008; pp. 374-379.
- [GB08b] GRIENITZ, V., BLUME, V.: Erweiterung der Szenariofeldanalyse durch Transformation der Bausteine von Sozialen Netzwerkanalysen (SNA). In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 4. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 30. und 31. Oktober 2008 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2008; S. 69-96.
- [GB08c] GRIENITZ, V., BLUME, V.: Business Engineering with Scenario Technique. In: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 8 to 11 December 2008, Singapore. IEEE, Piscataway, NJ, 2008; pp. 1547-1552.
- [GB10] GRIENITZ, V., BLUME, V.: Strategic Planning of Future Products with Product Scenarios. In: International Journal of Innovation and Technology Management, Volume 07, Issue 03, 2010, pp. 237-246. (IJITM), Special Issue
- [GBG74] GORDON, T. J., BECKER, H. S., GERJUOY, H.: Trend-Impact Analysis: A New Forecasting Tool, The Futures Group, Glastonbury, CT, 1974.
- [GBH+13] GRIENITZ, V.; BÖTTCHER, F.; HAUSICKE, M.; SCHMIDT, A.-M.; WEIMER, C.: Technologien und Materialien der Oberflächentechnik, Herausgegeben von future_bizz, Baden-Baden, 2013.
- [GBS10] GRIENITZ, V.; BALDUS, S.; SCHMIDT, A.-M.: Funktionale Modellierung für Produktionssysteme. In: ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 105, Heftnummer 11, 2010; S. 984-990
- [GEK01] GAUSEMEIER, J., EBBESMEIER, P., KALLMEYER, F.: Produktinnovationen - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen, Carl Hanser Verlag, München, 2001
- [GH12a] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M.: Modellierung von Produktionssystemen unter Berücksichtigung von Kosten und prozessabhängigen Kennzahlen. In: Müller, E.; Bullinger-Hoffmann, A. C. (Hrsg.): Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP 2012", Chemnitz 2012, S. 447-456.
- [GH12b] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M.: Development of Process Innovations with "GraFem". In: Lang, R. (Ed.): Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Innovation Management. Chemnitz, Germany, 2012.
- [GH12c] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M.: Optimisation of manufacturing systems with the help of a graphically and functionally oriented modeling method linked by a simulation tool, IJMTM - International Journal of Manufacturing Technology and Management – im 2. Review
- [GH12d] GRIENITZ, V.; HAUSICKE, M.: Fahrzeuge der Elektromobilität, Herausgegeben von acs | automotive center südwestfalen GmbH, Olpe, 2012.

- [GH13] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M.: Strategic optimization of future manufacturing process with GraFem, technology roadmaps and scenarios technique, In: Proceedings of the 22nd International Conference on Production Research, July 28th - August 1st 2013, Iguassu Falls, Brazil, 2013
- [GHS13a] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M., SCHMIDT, A.-M.: Lean manufacturing processes with GraFem, In: Krishnamurthy, A.; Chan, W. (Eds.): Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC), San Juan, Puerto Rico, 2013
- [GHS13b] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M., SCHMIDT, A.-M.: Konzept einer dezentralen flexiblen Verbundproduktion, In: Müller, E. (Hrsg.): Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP 2013". Trends und Strategien für die Produktion von morgen. Chemnitz, 2013, S. 419–428
- [GHG13] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M., GÖRZEL, S.: Systemische Fertigungsprozessmodellierung und -optimierung mit integrierter Simulation. In: Dangelmaier, W.; Laroque, C.; Klaas, A. (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik 2013. Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2013, S. 99–108
- [GHW11] GRIENITZ, V., HAUSICKE, M., WOLLNY, B.: Technikunterstützte Bewertungsprozesse in der Szenariotechnik. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 7. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 24. und 25. November 2011 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2011; S. 161-192.
- [God06] GODET, M.: Creating futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool, London: Economica, 2nd Edition, 2006.
- [GKK04] GERDES, I.; KLAWONN, F.; KRUSE, R.: Evolutionäre Algorithmen. Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004
- [GMS+12] GRIENITZ, V., MÜLLER, E., SCHMIDT, A.-M., JENTSCH, D.: Kreative Szenariotechnik durch metaphernbasierte Modellbildung. In: Müller, E.; Bullinger-Hoffmann, A. C. (Hrsg.): Tagungsband "Vernetzt planen und produzieren - VPP 2012", Chemnitz 2012, S. 469-478.
- [GPW96] GAUSEMEIER, J., PLASS, C., WENZELMANN, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung, München: Hanser-Verlag, 2009
- [Gri04] GRIENITZ, V.: Technologieszenarien – Eine Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 151. (Paderborn, 2004).
- [Gri05] GRIENITZ, V.: Technologie-Scorecards als Baustein der strategischen Technologiefrühaufklärung im Prozess der strategischen Technologieplanung. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. (SVT 2005)
- [Gri06] GRIENITZ, V.: Technologiestrategie – das wesentliche Element in der strategischen Technologieplanung, Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, (SVT 2006)
- [Gri08] GRIENITZ, V.: Scenarios for the engineering design of new products – product scenarios with evolutionary algorithm, 53rd Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universität Ilmenau, 2008
- [GS09] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19. und

20. November 2009 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2009; S. 409-434.
- [GS10a] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Gewichtete Konsistenzberechnung – Kopplung von Systemanalyse und Szenariobildung. In: Gausemeier, J. (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung. 6. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 28. und 29. Oktober 2010 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften. Heinz-Nixdorf-Institut, Paderborn, 2010; S. 143-162.
- [GS10b] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Scenario-based generation of Business models considering market constraints. In: Johnson, A.; Miller, J. (Eds.): Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference, Cancun, Mexico, 2010 - invited speaker
- [GS10c] GRIENITZ, V.; SCHMIDT, A.-M.: Scenariobased Complexity Management by adapting the Methods of Social Network Analysis. In: Proceedings of the 2010 International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics (IMCIC), Orlando, Florida, April 6-9, 2010; pp. 61-66
- [GS10d] GRIENITZ, V.; SCHMIDT, A.-M.: Management der Zukunftskomplexität mit Szenariotechnik – Szenariotechnik im Value Management. In: VDI Produkt- und Prozessgestaltung (Hrsg.): Wertanalyse Praxis 2010. Kostenoptimierte Produkte und Prozesse gestalten - Potentiale gemeinsam entdecken und heben. VDI-Wissensforum, Düsseldorf, 2010; S. 149-154.
- [GS11a] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Entwurf von nachhaltigen Produktionssystemen mit Hilfe der Szenariotechnik. In: Müller, E.; Spanner-Ulmer, B. (Hrsg.): Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. TBI'11 - 14. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs. TU Chemnitz, Chemnitz, 2011; S. 383-392.
- [GS11b] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Derivation of core competencies with help of success factor analysis. In: Doolen, T.; van Aken, E. (Eds.): Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference (IERC), Reno, Nevada, 2011. Session Chair: "Strategic Management"
- [GS11c] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Process Innovations within Industrial Engineering with a functional oriented modeling method – GraFem. In: Spath, D.; Ilg, R. (Eds.): Innovation in product and production. July 31 - August 4, 2011 in Stuttgart, Germany; conference proceedings ; 21th International Conference on Production Research, ICPR 21. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2011.
- [GS11d] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: „GraFem“, a functionally orientated modelling method for the analysis and optimization of manufacturing systems. In: Doolen, T.; van Aken, E. (Eds.): Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference (IERC), Reno, Nevada, 2011.
- [GS12a] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models using a multi-stakeholder- approach. In: International Journal of Foresight and Innovation Policy, Volume 8, Issue 4, 2012, pp. 335-353
- [GS12b] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Taxonomy for generation of Blue Ocean Business Model with Scenario Technique. In: Lim, G.; Herrmann, J. W. (Eds.): Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC), Orlando, Florida, 2012.

- [GS12c] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Scenario workshops for strategic management with Lego® Serious Play®, In: Problems of Management in the 21st Century, Volume 3, 2012; pp. 26-36.
- [GS12d] Grienitz, V.; Schmidt, A.-M.: Scenariobased Service-Engineering. In: Ali, A.; Çalisir, F. (Eds.): Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul, Turkey, July 3 - 6, 2012.
- [GS13] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M.: Designing sustainable production systems with "GraFem", In: International Journal of Manufacturing Research, Volume 8, Issue 1, 2013, pp. 1-17, Special Issue on: "Green Manufacturing", 2013
- [GSH13a] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M., HAUSICKE, M.: Strategic Support System With Focus On Success Factor Analysis, In: Krishnamurthy, A.; Chan, W. (Eds.): Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC), San Juan, Puerto Rico, 2013
- [GSH13b] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M., HAUSICKE, M.: Scenario development without probabilities; In: European Journal of Futures Research (EJFR), November 2013
- [GSK+13] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M., KRISTIANSEN, P., SCHULTE, H.: Vision Statement Development With LEGO® SERIOUS PLAY®, In: Krishnamurthy, A.; Chan, W. (Eds.): Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC), San Juan, Puerto Rico, 2013
- [GSL09a] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M., LEY, S.: Scenario based future business models in automotive supply industry. In: Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference, Miami, Florida, May 30 - June 03, 2009; pp. 403-408.
- [GSL09b] GRIENITZ, V.; LEY, S.; SCHMIDT, A.-M.: Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015. Eigenverlag, Siegen, 2009
- [GSL13] GRIENITZ, V., SCHMIDT, A.-M., LEY, S.: Wie aus einer Zukunftsstudie ein einzigartiges Kompetenzzentrum in der Automobilzulieferindustrie wurde. In: Popp, R.; Zweck, A. (Hrsg.): Zukunftsforschung im Praxistest. Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2013; S. 251–288.
- [Hau01] HAUSCHILDT, J.: Innovationsmanagement – Promotoren – Erfolgsfaktoren für das Management von Innovationen, Zeitschrift Führung + Organisation, 70 (2001) 6, pp. 332-337, 2001
- [HHW+99] HOSKISSON, R. HITT, M., WAN, W. AND YIU D.: Theory and research in strategic management: swings of a pendulum; Journal of Management, Vol. 25, No.2, pp. 417-456, 1999
- [HJ11] HERACLEOUS, L., JACOBS, C. D.: Crafting Strategy: Embodied Metaphors in Practice. Cambridge: University Press, 2011
- [HW99] HAUSCHILDT, J., WITTE, E.: Promotoren: Champions der Innovation; Gabler, Wiesbaden, 1999
- [Jan03] Jansen, D.: Einführung in die Netzwerkanalyse, 2. Auflage, Leske und Buderich, Opladen, 2003.
- [JRM12] JENTSCH, D., RIEDEL, R., MÜLLER, E.: Flow and Physical Objects in Experiential Learning for Industrial Engineering Education; In: EM-

- MANOUILIDIS, C., TAISCH, M., AND KIRITSIS, D. (Hrsg.), Proceedings of APMS 2012 International Conference Advances in Production Management Systems: Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services, 24-26 September, Rhodos (Griechenland), IFIP Advances in Information and Communication Technology (IFIP AICT), 2012
- [KHN09] KRISTIANSEN, P., HANSEN, P. K., & NIELSEN, L. M.: Articulation of tacit and complex knowledge. In Schönsleben, P., Vodicka, M., Smeds, R., & Riis, J. O. (Hrsg.), Learning and Innovation in Value Added Networks. (S. 77-86) Zurich: ETH Zurich Center for Enterprise Sciences (BWI), 2009
- [Köh93] KÖHLER, R.: Produktpolitik: strategische Stoßrichtung und Erfolg von Produktinnovationen; Ergebnisse empirischer betriebswirtschaftlicher Forschung: zu einer Realtheorie der Unternehmung, Stuttgart, pp. 255-293, 1993
- [LB84] LEIDECKER, J.K., BRUNO, A.V.: Identifying and Using Critical Success Factors", Long Range Planning, 17(1), 23-32, 1984
- [LF10] LINSS, V., FRIED, A.: The ADVIAN classification - A new classification approach for the rating of impact factors; International Journal of Technological Forecasting and Social Change, 77, 110-119, 2010
- [LS02] LANG, H.; SCHNEGG, M.: Netzwerkanalyse, Methoden der Ethnographie, Heft 1, 2002.
- [Lin08] LINDEMANN, H.: Systemisch beobachten – lösungsorientiert Handeln, Münster: Ökoptopia Verlag, 2008
- [Mar03] MARQUARDT, G.: Kernkompetenzen als Basis der strategischen und organisationellen Unternehmensentwicklung, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 2003
- [MBK08] Meffert, H., Burmann, C., Kirchgeorg, M.: Marketing - Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele, Gabler, 2008
- [MGG+12] MARKMANN, C.; VON DER GRACHT, H., GRIENITZ, V., DARKOW, I.-L.: Supply chains in turbulent times - challenges and strategies to persist in a volatile environment; proceedings of The 17th International Symposium on Logistics (ISL 2012); Cape Town South Africa, 2012
- [Miß93] MIßLER-BEHR, M.: Methoden der Szenarioanalyse. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1993
- [Pet09-ol] PETERHÄNSEL, M.: Wertstrommanagement - Eine wirksame Intervention im Rahmen von grundlegenden Veränderungsprozessen. Internet: <http://www.sedlak-partner.de/PDF/Wertstrommanagement.pdf>, [Zugang: 02/03/2009].
- [Pil08] PILLKAHN, U.: Using trends and scenarios as tools for strategy development: shaping the future of your enterprise, Erlangen: Publicis Corp. Publ., 2008
- [Püm83] PÜMPIN, C.: Management strategischer Erfolgspositionen : das SEP-Konzept als Grundlage wirkungsvoller Unternehmensführung, Bern, Stuttgart: Haupt, 2nd Edition, 1983
- [Ric06] RICHERT, J.: Performance Measurement in Supply Chains, Balanced Scorecard in Wertschöpfungsnetzwerken, Gabler, Wiesbaden, 2006
- [Rit12] RITCHEY T: On the formal properties of morphological models. In: Acta Morphol Generalis - AMG Vol.1 No.2 (2012) Seite 1–15, ISSN 2001-2241, 2012

- [Sch00] SCHLAKE, O.: Verfahren zur Kooperativen Szenario-Erstellung in Industrieunternehmen, Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, Band 67, Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 2000
- [Sch02] SCHOEMAKER, P.J.H.: Profiting from Uncertainty- Strategies for Succeeding No Matter What the Future Brings. New York: THE FREE PRESS, 2002. - ISBN 07432-2328-4
- [Sch13] SCHMIDT, A.-M.: Szenariobasierte Identifikation von technischen Innovationsbarrieren für Produktinnovationen, In: BRÖKEL, K.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H. ET AL. (HRSG.): 11. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik 2013. Standortvorteil Methodik. Shaker, Aachen, 2013, S. 95–104
- [SGG13] SPICKERMANN, A., VON DER GRACHT, H., GRIENITZ, V: Heading towards a multimodal city of the future? Multi-stakeholder scenarios for urban mobility, TFSC - Technological Forecasting and Social Change, 2013, TFS-17835; No of Pages 21, <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>
- [SS11] SONNENBERG H., SEHESTED, C.: Lean Innovation: A Fast Path from Knowledge to Value; Springer, Heidelberg, 2011
- [Ste97-ol] STEINMÜLLER, K.: Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung: Szenarien, Delphi, Technikvorausschau, 1997, aus dem Internet: http://steinmuller.de/media/pdf/WB_21_Grundlagen.pdf, [30/10/2011].
- [SW04] SCHENK, M., WIRTH, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Berlin, Germany: Springer, 2004
- [UP95] ULRICH, H., PROBST, G. J. B.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln; Ein Brevier für Führungskräfte“, Paul Haupt, Bern, 1995.
- [VDI90] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (HRSG.): VDI-Richtlinie 2860: Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1990
- [Wei07] WEICKER, K.: Evolutionäre Algorithmen. Teubner Verlag, Wiesbaden, 2. Auflage, 2007.
- [Win13] WINZER, P.: Generic Systems Engineering – Ein methodischer ANsatz zur Komplexitätsbewältigung, Springer-Verlag, 2013
- [WGA11] WEYRICH, M., GRIENITZ, V., ADLBRECHT, G.: Site Selection Strategies for Small and Medium Manufacturing Enterprises in a globalized World. In: Spath, D.; Ilg, R. (Eds.): Innovation in product and production. July 31 - August 4, 2011 in Stuttgart, Germany; conference proceedings ; 21th International Conference on Production Research, ICPR 21. Fraunhofer Verlag, Stuttgart, 2011
- [WGS09] WIEK, A., GASSER, L., SIEGRIST, M.: Systemic scenarios of nanotechnology: Sustainable governance of emerging technologies, in: Futures - The journal of policy, planning and futures studies, Vol. 41, Issue 5, pp.284-300; 2009.
- [WKP06] ROLF WEIBER, R., KOLLMANN, T., POHL, A.: Das Management technologischer Innovationen, in: Markt- und Produktmanagement - Die Instrumente des Business-to-Business-Marketing, Gabler, 2006

Alle relevanten Veröffentlichungen sind im Anhang aufgeführt und befassen sich mindestens mit einem Baustein der dargestellten Methodik. Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick der Zuordnungen:

Tabelle A-1: Matrix relevanter Veröffentlichungen

Themenbereiche Veröffentlichungen	Szenariotechnik	Grafen und Partialmodelle	Erfolgsfaktoren	Strategisches Management	Produktentwicklung /Refregrade	Serious Games - LSP
[GB08a]	✓			✓		
[GB08b]	✓					
[GB08c]	✓			✓		
[GBS10]		✓				
[GB10]	✓			✓	✓	
[GH12a]		✓				
[GH12b]		✓		✓		
[GH12c]	✓	✓			✓	
[GH13]	✓	✓		✓	✓	
[GHG13]	✓	✓			✓	
[GHS13a]		✓				
[GHW11]	✓			✓		
[Gri05]				✓	✓	
[Gri06]				✓		
[GS09]	✓					
[GS10a]	✓		✓	✓		
[GS10b]	✓		✓	✓		
[GS10c]	✓					
[GS11b]			✓	✓		
[GS11c]		✓				
[GS11d]		✓				
[GS12a]	✓		✓	✓		✓
[GS12b]	✓		✓	✓		
[GS12c]	✓		✓	✓		✓
[GS13]	✓	✓				
[GSH13a]	✓		✓	✓		
[GSH13b]	✓			✓	✓	
[GSK+13]	✓			✓		✓
[GSL09a]	✓		✓	✓		
[GSL13]	✓		✓	✓		
[MGG+12]	✓	✓				
[SGG13]	✓			✓		
[WGA11]			✓	✓		

A 1 [GB08a]

Strategic Planning of Future Products with Product Scenarios

V. Grienitz¹, V. Blume²^{1,2}Department of Industrial Engineering, University of Siegen, Siegen, Germany

Abstract: Manufacturing based corporations often find themselves confronted with complexities of increased pressures to innovate in order to ensure their comparative market positions. In order to react to various exogenous changes corporations need to develop strategies that match their manufacturing resources as well as products with the markets requirements. Product scenarios represent a holistic approach for managing innovation processes and technologies efficiently. The analysis through evolutionary algorithms for compatibility between and amongst the product structure segments provides the necessary information about their suitability. The resulting scenarios, roadmaps and a regular monitoring processes are prerequisite for the managerial decision making process and the implementation of product and technology strategies.

Key words: Product Scenarios, Scenarios, Evolutionary Algorithms, Monitoring, Scenario Planning

INTRODUCTION

The early recognition and visionary anticipation of technological potentials as well as the combination of technologies plays a vital role in a globalising world that is characterised by the dynamics of increasing competitive pressure.

Various empirical studies have shown a correlation between the success of corporations and their efforts to enhance innovation [1]; [7].

It has further been recognised that technological advancement significantly influences the innovation of processes and products. However, these opportunities also bear risks that decisively impact the subsistence of corporations. In order to strengthen and augment profitability and competitiveness of corporations it is important to creatively coordinate the dynamic interaction of corporate strategy, products and technologies [8].

Coping with present and future challenges requires targeted coordination of numerous present technologies as well as the search for new technologies through the process of strategic product management. In this sense product management systematically analyses these potentials. However, in order to determine the success of particular technologies the analysis has to focus upon the interacting forces and effects of the technological and the social environment. Naturally, this enquiry is often based upon contemporary expertise. With the lack of knowledge about developments that lie ahead it should be our primary aim to minimize the factor of uncertainty within the product development process [17]. The Scenario-

Method can thereby make a valuable contribution to the strategic planning of technologies [2].

This paper is primarily focusing on products in the manufacturing and assembly industry.

SPECIFICATION AND PURPOSE OF PRODUCT SCENARIOS

Present literature outlines various definitions for the term Product Scenario [12]. For the remainder of this paper the following definition of the term will be used:

Generated Product Scenarios comprise coherent combinations of technologies, whilst simultaneously satisfying all conditional constraints (requirements and rules).

Product Scenarios thus represent product structures that allow the compliance of specific market demands. Fig. 1 illustrates the structure of a Product Scenario.

The framework of a Product Scenario (for e.g. a camera) incorporates Product Structure Segments (PSS) of technologies that represent the overarching structure of the Product. The specific attributes (e.g. power supply, interfaces etc.) are referred to as a Product-Structure-Segment-Attribute (PSSA).

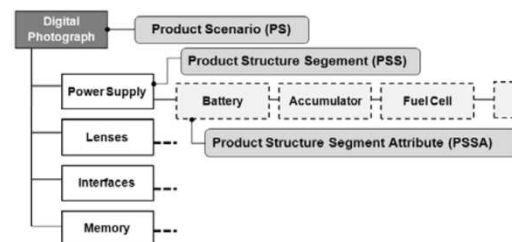


Figure 1: Structure of Product Scenarios like a morphologic box

Future products in specific market segments (known as Product-Market Combinations) should be implemented via Scenarios. The sophisticated application of Product Scenarios has become increasingly more company specific with regards to the corporation's requirements. On one hand, particular know-how with respect to technologies may be considered, on the other strategic constraints and the ambition of technological market leadership may need to be factored in the Scenario.

Moreover it is to conclude that the fundamental tenor for the development of Scenarios is systems thinking that equally focus on socio-economic and political factors as

well as technological components. This holistic interdependence is vital.

NEW METHODOLOGY FOR THE CREATION OF PRODUCT SCENARIOS

A comparison of current approaches suggests a particular need for a new methodological focus in the strategic planning process of products and scenarios.

The approaches in present literature seem unsatisfactory when they are examined for their adaptability to complex change and dynamics as well as their flexibility to react to the naturally occurring changes of the external environment.

The following section develops the methodology for the strategic planning of products through a structured life cycle approach illustrated by the means of an example from the photography industry. This approach rests upon an integrated and intuitive discourse that is supported through a software based application.

The process of developing Product Scenarios is structured into the following three phases (Fig. 2)

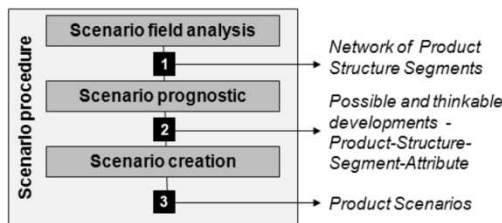


Figure 2: Process Steps of Product Scenario Creation

Scenario field analysis: The scenario field represents the product structure mentioned in Fig. 1. All Product Structure Segments (PSS) impact differently on the task at hand and are to be ranked by their behaviour. For a reduction of complexity Scenario-Software is used and the evaluation is done by an influence and weight matrix.

The following system analysis gives an overview about which factors are drivers and which factors are indicators (system determinant – driver or driven). Two parameters are enough to describe the entire system - the 'activity' and the 'passivity' of the factors. The activity is calculated by accumulating the values listed in the lines of the impact matrix and the passivity is given by the sum of the values over the columns.

Scenario prognosis: This is the most creative phase of scenario planning. Possible future attributes have to be found for every Product Structure Segment. Depending on the time horizon two to ten future attributes, so called future projections, should be found. Future projections are not only probable but also thinkable or imaginable ones.

For this scenario creation all future projections have got the same probability!

All projections can be listed like a morphologic box. Already at this point future product scenarios could derive. But those solutions would not be consistent ones.

Scenario creation: After the look into the future, the projections will be evaluated against each other. The question is: Does a future segment attribute fit together with the other projections or not? This will be done by the consistency matrix. The consistent combinations will be evaluated by evolutionary algorithms explained some chapter later. The result is a huge number of consistent combinations – also called rough scenarios.

Also at this stage Scenario-Software helps to get the results. All combinations will be clustered and the result is a small number of scenarios. The results of these calculations are tables too, which show the framework of scenarios like a DNA (Fig. 3).

Prod. Str. Segm. (PSS)	PSS Attribute (PSSA)	Sc1	Sc2	Sc3
Lenses	2A Single lenses	100	0	0
	2B Optical Zoom	0	0	82
	2C Digital Zoom	0	100	18
Memory	3A Hard Disk	63	0	0
	3B Flash Memory	37	55	100
	3C USB-Stick	0	45	0
	3D Floppy Disk	0	0	0
Power Supply	4A Accumulator	85	0	37
	4B Batteries	5	6	0
	4C Manual Mode Dynamo	15	94	0
	4D Fuel Cell	0	0	100

Figure 3: Attribute allocation like DNA of each scenario

Another way to present the scenario is the landscape of the future (Fig. 5). This diagram shows the scenarios grouped by similarity. The closer the scenarios the more similar they are. This diagram is generated by multi dimensional scaling – MDS.

The last step is the naming of the scenarios. Every scenario should get a unique name. This step could be supported by the content of the scenarios. Another way is to look for interesting names, like cinema films or book titles, which everyone knows. The following chapter will describe the detailed development of the scenario.

SCENARIO CREATION WITH EVOLUTIONARY STRATEGIES

There are several rules within the creation process:

- The product structure represents the construction and sequence of the Product Scenarios.
- The requirement profile (specification catalogue) defines key attributes and specifications that determine the ideal-profile. With this in place, direct comparisons of compatibility can be made between the technologies and the Ideal Profile.
- Further rules emerge from the occurrence of substituting technologies and their consequential requirements and conditions.

It should however be kept in mind that with the exception to the rules that particular cases offer or require the expansion as well as the possibility of not applying or substituting one or more of the remaining rules. Generally speaking, leading on from Occam's razor, the principle that should apply when determining the rule framework, is to maximise the benefit of the Product Scenarios with a minimum amount of rules in order to allow sufficient and efficient scope for the scale of innovation [15].

Product scenarios are created through the combinations of technologies. In this step ancillary conditions laid out in the requirement profile have to be considered. One will soon realise that the divergence of objectives does not always make it easy to directly derive an optimal solution.

The commonly applied Consistency- Analysis or Cross Impact Analysis can also not be drawn upon for the creation of Product Scenarios as these methods only consider future projections pair wise [6].

The paired results are insufficient since they do not satisfy auxiliary conditions [15] and [9]; [10]; [11] who introduce a wide ranging catalogue of solution strategies based on several optimisation tasks. Having compared all present strategies with respect to their likelihood of convergence (referring to the local optima) the selection points towards the Evolutionary Strategies (ES). Other processes of optimisation show advantages with respect to the initial research time, however their likelihood of convergence is rather weak [5].

TABLE I
TERMINOLOGY OF EVOLUTIONARY STRATEGY BASIC PRINCIPLES [9]

Meaning	Relevance of Evolutionary Strategies	Product Scenarios
<i>Individual</i>	Structure (entails the relevant that constitute the solution)	Combination of Product Structure Segments (PSS)
<i>Population (of Individuals)</i>	Number of Structures (Solution Alternatives)	Number of product scenarios (PS)
<i>Parents (μ)</i>	Selected Individuals for the reproduction	For the selected reproduction PS
<i>Parent</i>	One reproductive individual	One reproduction PS
<i>Fitness</i>	Quality of solutions with regards to the target criteria	Value of the fitness function determined by the set of rules
<i>Offspring, Children (λ)</i>	Individual that stem from parent	PS generated from the parents
<i>Generation</i>		Process iteration
<i>Mutation</i>	Search operator that modifies an individual	Operator, modifying the characteristic of Product Structure Segment Attribute (PSSA)
<i>Recombination / Crossover</i>	Search operator that mixes all elements of the individuals	Operator that mixes several with one another

This section outlines the process of reasoning for the selection of the optimisation process. Since the amount of auxiliary conditions can be numerous and since the optimisation of local goals of optimisation can not necessarily be accounted for as the total maximum or minimum it proves difficult to define an overall global optima's (solutions that meet all predefined requirements). Thus it is more important to have a solution driven strategy that focuses on the local optima from which specific Product Scenarios can be defined and selected [13].

The search for a solution is determined through a complete calculation of all aggregated combinations. This means that only six Product Structure Segments (PSS) with 10 Product Structure Segment Attribute (PSSA) result in 60.466.176 batches that have to be evaluated and audited. The level of complexity and the associated effort for the evaluations does not make this approach very practical.

With the application of ES it is possible to overcome numerous auxiliary conditions whilst being able to deliver a product-technology-bundle in the optimisation process. These requirements are best met through natural analogical processes.

Evolution has shown that the living species of today, that emerged from a "long term experiment" (3 Billion years) [14] have optimally adapted to the given environmental factors whereby less adaptable ones have been eliminated. Evolutionary theory has shown that the constant struggle and competition of species for resources and space has been the driving force for the changes and improvements of species and the populations. The results and knowledge derived from evolution, is the main focus of Bionics [14].

Alongside the research field of bionics is that of evolutionary techniques or respectively- Evolutionary Algorithms (EA's). EA's are used in particular for the identification and optimisation of particular processes [9].

However both fields of research follow a common goal. They attempt to simulate the principles of evolution and apply its logic in an abstract way to complex problems of optimisation.

Evolutionary algorithms imitate the primary principles of evolution: Multiplication (replication), alteration (variation) and choice (selection) on an abstract level [9]. Evolutionary algorithms (EA's) differentiate themselves from conventional search and optimisation methods through their close adaptation of natural evolution process that is particularly advantageous for optimisations. The difference of deterministic and evolutionary algorithms is highlighted by the characteristics that the latter is simply based on chance and can be applied without any kind of constraints. In theory it is possible to use EA's universally [16].

Rechenberg [12] defines evolutionary strategies as multi-applicable processes of optimisation. They simulate strategies on an abstract scale, whereby the level of relative adaptation to the given environment determines their survival. The process and function is illustrated in a rather abstract way in Fig. 4.

Nissen [11] describes the process as followed:

“One starts of with a frequent stochastically generated initial population of possible alternative solutions that are ranked to their ‘level of fitness’ accordingly. An interactive cycle generates repeatedly modified new suggestions for the old solutions. [...] In the process of creating offspring the information (solutions) from the parent generation is copied (replicated) and applied to several other outcomes such as mutations or crossovers that could determine solutions. The resulting offspring from this process is then given values and selected so that a new population is generated (selection for survival). It is thereby possible, that the parent generation could rival with their progeny for survival.”

Following the Evolutionary Strategy, the creation of product component and technology bundles “select and drop” (whilst considering the sequence) are comparable. According to the evolutionary strategy and the notation from Table 1, parents and children represent the outcome of the optimisation cycle (generations). Children and parents represent intermediate solutions - so called product component and technology bundles.

The first step involves the identification of universal populations of technologies whereby first bundles are created following the scenario structure. This process is repeated until at least two technology-combinations (starting population) are generated.

The whole solution space is derived through the potential amount of possible combinations of technologies. It is assumed that all technologies are compatible with one another. The reality however shows that it is difficult to combine fundamental technologies. Additionally it should be kept in mind that previous parents or children narrow the space even though the production of children indirectly contains the universal

population of technologies. This means that no child can be identical to one particular parent or other child.

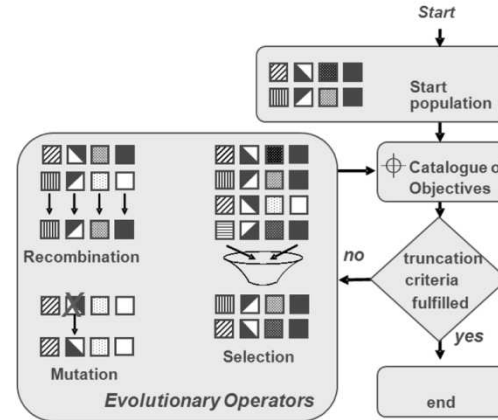


Figure 4: Exemplary sequence of evolutionary generation of solutions [3]

Once the starting population is identified, the repetition of the three fundamental steps is carried out as follows:

- **Replication, Recombination and Mutation:** The parents are copied. Through the process of recombination or mutation new children are created [11].
- **Ranking of a bundle (offspring):** Parents and children each represent bundles. These are evaluated and ranked according to their level of fitness [4].
- **Selection:** The level of fitness is the key indicator for the selection of parents and children. The selection determines which bundles will be kept for the next population (survival of the fittest). Parents and children are equitable (hold the same level of importance) when comes to the selection process. The new population then triggers the next step of iteration [11].

Iterations, the creation of solutions (generations of parents and children) are carried out until the changes in the target function are minimized and the target function itself will be maximized. The target function is measured by the value of fitness which determines how good the derived solutions match the respective requirements. The value of the target function is iterated until the threshold of a particular amount of generations (50 to 200) has been generated.

The adapted variations of the evolutionary operators should indicate whether or not the solution is based on a local maximum. Once the two indicators, one being the value of the target function and the other being a large number of generations, the search for a solution is completed. For the further processing or interpretation the

children that were generated in the final round are to be used for visualisation and Roadmapping.

The number (100-500) of solutions has to be merged, that there are a useful quantity of scenarios. This will be done by the statistical method - cluster analysis. Along the cluster process the comparable solutions (children of the evaluation process) will be grouped. Every group represent one scenario. At this point every PSSA will be counted, how often it is a part of this evaluate scenario. That calculation generates a table like Fig. 3.

In order to communicate and present the Product Scenarios, especially to people that where not involved at the stage of the development process, a map (visualisation) of the future as a result of the Multi-Dimensional Scaling (MDS) illustrates the separation of the scenarios from one another.

Each bubble represents one possible product-structure-attribute-bundle whereby each cluster outlines one product scenario. Through the list of characteristics and attributes additional key aspects can be highlighted and added to the map.

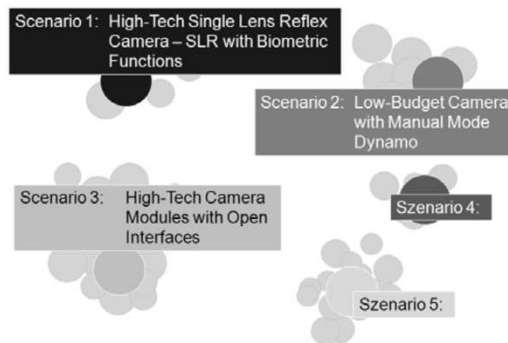


Figure 5: Multi dimensional scaling – landscape of products

From the overarching road map for all Product Scenarios, generally applicable development paths can be highlighted. Moreover, it is possible to identify stages of development for specific technologies. This means that for example two Product Scenarios use the same technology. Consequentially it is the maturity of the technologies that highlights possibilities for technological advancement.

CONCLUSION

This work defines Product Scenarios as coherent combinations of Product Structure Segment Attributes.

Our initial analysis has shown that there is yet no coherent methodology that allows a complete integration of the cycle of strategic product development nor do any of the existing methods provide a holistic judgement of technologies from a socio-economic, technical and ecological perspective.

The results of the evaluation and identification of constraints are coined in coherent Technology-

Combinations (Product Scenarios) that are perfectly suited for the implementation of market requirements.

The process of strategic product planning is not a one-off analysis but should be undertaken regularly. The continuous observation of the environment will significantly support the results derived from the ranking (so called technology characterisations). This characterisation represents an important tool for the early 'technological reconnaissance'.

Future research in the field should concentrate on the optimisation of the Algorithm that is used for the creation of the product scenarios. Application of self adjusting strategy parameters could hereby accelerate the identification of the solution algorithm.

A process of self optimisation could incorporate the changes that have emerged from the operators (recombination and mutation) in the evolution process automatically. The adjustments made for qualitatively high individuals are thereby stored so they can be used for further adaptations. The Strategy-Parameters are hereby subject to changes in the evolutionary operator. Such a procedure would give the opportunity for flexible and direct adjustments; however in certain cases control can be lost due to outside influences. [16].

Fundamentally it is to say that this approach offers several opportunities for abstraction that can be integrated in existing approaches well beyond the management of products.

REFERENCES

- [1] Berth, R. (2003). Auf Nummer sicher. Harvard Business Manager, Vol. 6, pp. 16-19
- [2] Geschka, H. (1994). Technologieszenarien – ein Analyse- und Planungsinstrument des Technologiemanagements. In: Zahn, E. (Hrsg.): Technologiemanagement und Technologien für das Management. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- [3] Grienitz, V. (2004). Erschließen von technologischen Erfolgspotenzialen – Technologieszenarien in der Strategischen Technologieplanung. ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 9, 421-426.
- [4] Grienitz, V. (2007) "Development of mechatronic a/c cabin systems", 1st international Workshop on Aircraft system technologies, Hamburg, conference proceedings p. 179-187
- [5] Grienitz, V. (2004): Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. Paderborn, Universität, Dissertation, HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 154.
- [6] Gausemeier, J. et al. (1996). Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien. München: Carl Hanser.
- [7] Harhoff, D. et al. (2001). Innovationswege im Maschinenbau – Ergebnisse einer Befragung mittelständischer Unternehmen. Stuttgart: Stiftung Impuls.
- [8] Itami, H.; Numagami, T. (1992). Dynamic Interaction between Strategy and Technology. Strategic Management Journal, Vol. 13, pp. 119-135.
- [9] Nissen, V. (1994). Evolutionäre Algorithmen – Darstellung, Beispiele, betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten. Göttingen, Georg-August-Universität, Graduiertenkolleg, Dissertation.
- [10] Nissen, V. (1997). Einführung in Evolutionäre Algorithmen – Optimierung nach dem Vorbild der Evolution. Braunschweig: Vieweg.
- [11] Nissen, V. (1998). Einige Grundlagen Evolutionärer Algorithmen. In: Biethahn, J. (Hrsg.); Hönerloh, A.; Kuhl, J.; Leisewitz, M.-C.; Nissen, V.; Tietze, M.: Betriebswirtschaftliche Anwendungen des Soft Computings – Neuronale Netze, Fuzzy Systeme und Evolutionäre Algorithmen. Braunschweig: Vieweg.
- [12] Paul, M. (1996). Szenariobasiertes Konzipieren neuer Produkte des Maschinenbaus auf Grundlage möglicher zukünftiger Technologieentwicklungen. Paderborn, Universität, Dissertation, 1996, In: Gausemeier, J. (Hrsg.): HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 11.
- [13] Rasenack, W. (1998). Parametervariation als Hilfsmittel bei der Entwicklung des Fahrzeug-Package. Berlin, Technische Universität, Institut für Straßen und Schienenverkehr – Fahrzeugtechnik, Dissertation.
- [14] Rechenberg, I. (1973). Evolutionsstrategie. Stuttgart: Friedrich Frommann.
- [15] Schwefel, H.-P. (1977). Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie. Berlin, Technische Universität, Fachbereich Verfahrenstechnik, Dissertation.
- [16] Weicker, K. (2002). Evolutionäre Algorithmen. Stuttgart: Teubner.
- [17] Zahn, E.; Braun, F. (1992). Identifikation und Bewertung zukünftiger Techniktrends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung. In: VDI Technologiezentrum (Hrsg.): Technologiefrühaufklärung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

A 2 [GB08b]

Erweiterung der Szenariofeldanalyse durch Transformation der Bausteine von Sozialen Netzwerkanalysen (SNA)

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz)

*Universität Siegen, Juniorprofessur für Industrial Engineering
Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57068 Siegen
Tel. 0271 740 2520, Fax. 0271 740 2512
volker.grienitz@uni-siegen.de*

Volker Blume

*Universität Siegen, Juniorprofessur für Industrial Engineering
Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57068 Siegen
Tel. 0271 740 2520, Fax. 0271 740 2512
Volker.blume@student.uni-siegen.de*

Zusammenfassung

Die Szenariotechnik vereint zwei grundsätzliche Denkweisen: Multiple Zukunft und vernetztes Denken. Das vernetzte Denken versucht, alle Beziehungen im Umfeld des Betrachtungsgegenstandes zu beschreiben und anschließend Hinweise zu geben, welches die wesentlichen Elemente (z. B. Schlüsselfaktoren) in diesem Netzwerk sind.

Die Vernetzungsanalyse als Baustein der Szenariofeldanalyse stellt somit im Gesamtverlauf der Methodik „lediglich“ die Reduktion der Einflussfaktoren dar. Mit anderen Worten, der Aufwand für die Bewertung, Berechnung und Analyse steht derzeit nicht im Verhältnis zu der Wichtigkeit im Gesamtprozess.

Dieser Gedanke inspirierte die Suche nach neuen Methoden zur Aufwertung der Vernetzungsanalyse, also der Reduktion von Komplexität. Die Komplexitätswissenschaft kann dabei unterstützen, sich erfolgreich mit neuen Technologien, Marktentwicklungen, kulturellem Wandel und vielen anderen Themen auseinanderzusetzen [SB07, S. 32]. Ein Ansatz für die Reduktion von Komplexität bietet die soziale Netzwerkforschung mit den Sozialen Netzwerkanalysen (SNA). Sie ist ein methodisches Themenfeld, welches in der empirischen Sozialforschung zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Schlüsselwörter

Szenariotechnik, Vernetzung, Komplexität, Soziale Netzwerkanalyse

1 Szenariotechnik

Das erfolgreiche Geschäft von heute ist noch lange kein Garant für den Erfolg von morgen. Somit liegt es in der Natur des Menschen, die Zukunft voraussagen zu wollen. Auf seriöse Weise ist dies nur schwer möglich.

Auf jeden Fall ist aber das Vorausdenken der Zukunft möglich. Wichtig ist dabei, dass zum einen die richtigen Werkzeuge bekannt sind und zum anderen der richtige Input verarbeitet wird. Immer wieder zeigen Zukunftsprojekte, dass vermeintlich unspektakuläre Ergebnisse erarbeitet werden. Die Szenarien werden nur so spektakulär, wie der Bearbeiter auch bereit ist Extreme vorauszudenken.

In der Literatur und in den Strategieabteilungen gibt es unterschiedliche Ansätze zur Entwicklung von Szenarien. In der Regel werden zwei Wesentliche unterschieden – der *angelsächsische (deduktive Szenariobildung¹)* und der *europäische (induktive Szenariobildung)* Ansatz.

1.1 Systematik der Vorausschau

Es kommt bei der Vorausschau weniger darauf an, die Zukunft vorausszusagen, als vielmehr die Zukunft zu antizipieren – sie vorauszudenken. Dabei sollen alle möglichen und denkbaren Pfade von Entwicklungen einbezogen werden. Da die Beschäftigung mit der Zukunft sehr zeitintensiv ist, kommt es darauf an, das richtige Werkzeug für die aktuelle Fragestellung zu finden.

Werden zukünftigen Entwicklungen entdeckt, so kommt es auf zwei wesentliche Aspekte an: *Frühzeitiges* und *rechtzeitiges* Erkennen von schwachen Signalen. Welche Signale können das sein.

- Beispielsweise kann eine Veröffentlichung in einem Tagungsband auf die Überwindung der technischen Grenzen der Machbarkeit einer Technologie hindeuten.
- Die Anmeldung eines Patenten kann auf den Sprung einer Technologie auf eine neue S-Kurve im Lebenszyklus hindeuten.
- In einem Internethinweis (Blog) treten erste Ideen zur Problemlösung auf.

Schnell wird klar, dass es nicht nur auf den Hinweis über neue Entwicklungen ankommt. Vielmehr sollte es der richtige Zeitpunkt sein, an dem wir diese Veränderung wahrnehmen.

¹ Dieser Ansatz findet keine Berücksichtigung bei den weiteren Betrachtungen, da die Vernetzungsüberlegungen kein wesentlicher Bestandteil dieser Vorgehensweisen darstellt. Detaillierte Beschreibung siehe [Fin99, S. 98ff].

1.2 Vorgehen in der Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist eine Methodik zur Auflösung von Komplexität unter Berücksichtigung eines Systemverständnisses. Für die Zukunftsbetrachtung bedeutet das, dass die Szenariotechnik ein Werkzeug zum strukturierten Vorausdenken der Zukunft ist. Die Komplexität der Vielzahl von Einflüssen und Entwicklungsmöglichkeiten, wird auf ein handhabbares Maß reduziert und kommunizierbar aufbereitet.

Szenarien werden für die Antizipation der Zukunft entwickelt. Dabei kommt es darauf an, einen Ausschnitt aus der Zukunft plausibel und nachvollziehbar darzustellen. Aufgrund der Vielzahl denkbarer und nicht vorhersehbarer Ereignisse, kann ein Szenario nur einen kleinen Ausschnitt abbilden – verglichen mit einem Fotoapparat in einem dunklen Raum. Der Blitz vermag einen spezifischen Bereich sehr detailliert auszuleuchten. An den Rändern nimmt die Unschärfe zu, bis sie zur Dunkelheit übergeht und der Informationsgehalt verloren geht. *Ein Szenario ist somit eine Beschreibung einer denkbaren Situation in der Zukunft unter Berücksichtigung von komplexen Plausibilitäten.*

Ein Szenarioprojekt durchläuft in der Regel folgende sechs Phasen (Bild 1-1).



Bild 1-1 Darstellung der Phasen bei der Erstellung von Geschichten der Zukunft [WHG02]

Zunächst ist eine klare Definition der zu beantwortenden Frage von hoher Bedeutung. Wird an dieser Stelle ungenau abgegrenzt, verlieren die Szenarien ihre Aussagekraft

und die Wirkung. Der notwendige Aufwand ist dann nicht rechtfertigbar und die Inhalte werden angezweifelt.

- Das **Szenariofeld** wird durch die Szenarien beschrieben. Es stellt in der Regel exogene Faktoren dar, auf die der Betrachter keinen Einfluss hat. Diese Rahmenbedingungen stellen die zukünftige Arena des Handelns dar.
- Das **Gestaltungsfeld** ist das, was durch die Szenarien verändert werden soll, das Unternehmen, die Branche, das Produkt oder die Technologie. Mit dem Gestaltungsfeld reagiert der Betrachter auf die Entwicklungen des Szenariofeldes.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass es auch Gestaltungsfeldszenarien gibt. Hierbei ist die Komplexität der Handlungsmöglichkeiten so groß, dass Szenarien helfen, plausible und widerspruchsfreie Aktionsoptionen zu entwickeln (Strategie-, Produkt-, Fabrikplanungs- oder Risikoszenarien) [WFKG02].

1.2.1 Gestaltungsfeldanalyse

In der **Gestaltungsfeldanalyse** wird die derzeitige Situation des Gestaltungsfeldes charakterisiert. Diese Analyse der Ausgangssituation schafft Klarheit über bestehende Kompetenzen, Stärken, Schwächen aber auch Chancen aus heutiger Sicht.

An dieser Stelle werden betriebswirtschaftliche Methoden, wie Stärken-Schwächen-Analyse (SWOT) oder Erfolgsfaktorenbewertungen durchgeführt.

1.2.2 Szenariofeldanalyse

Die **Szenariofeldanalyse** dient der Bestimmung sämtlicher Einflussfaktoren aus dem Szenariofeld. Alle heute wahrnehmbaren Entwicklungen werden aufgenommen und wert- sowie entwicklungsneutral beschrieben. Zusätzlich werden die Einflussfaktoren durch eine Definition oder Abgrenzung näher spezifiziert, so dass klar ersichtlich ist, welchen Beitrag dieser Faktor zu den Szenarien leistet. Die Suche nach Einflussfaktoren wird durch die Unterteilung des Szenariofeldes in Einflussbereiche unterstützt (Bild 1-2).

Dieser Katalog ist sehr schnell zu umfangreich (40-80 Einflussfaktoren) und wird deshalb durch eine Systemanalyse auf die wesentlichen Faktoren - Schlüsselfaktoren reduziert.

Die Systemanalyse erfolgt durch die Vernetzung und Gewichtung. Bild 1-3 zeigt den Ausschnitt einer Einflussmatrix, wodurch jeder Einflussfaktor gegen jeden bewertet wird.

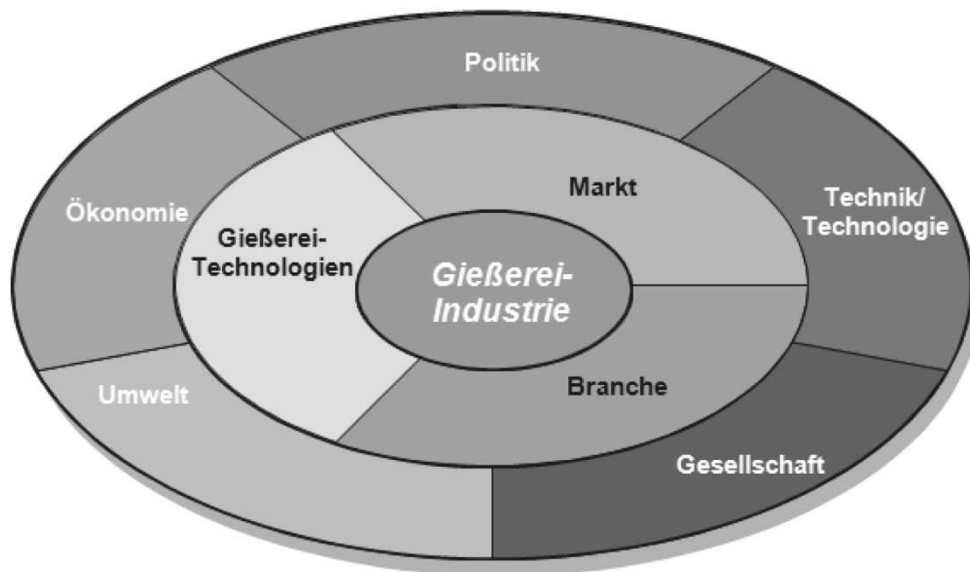


Bild 1-2: Aufgliederung des Szenariofeldes in Einflussbereiche [Gie01]

Wie beeinflusst die Zeile die Spalte?	Standort Deutschland	Wirtschaftsentwicklung	Entwicklung der EU	Image d. Gießereiindustrie	Rohstoffversorgung	Marktentwicklung	...	Eintrittsbarrieren
3 unmittelbarer, starker Einfluss								
2 mittlerer Einfluss								
1 schwacher, verzögerter Einfluss								
0 kein Einfluss								
Standort Deutschland								1
Wirtschaftsentwicklung								1
Entwicklung der EU								2
Image d. Gießereiindustrie								2
Rohstoffversorgung	3	3	2	0	3			0
Marktentwicklung	1	2	1	1	0			1
⋮								
Eintrittsbarrieren	0	1	0	1	0	2		

Bild 1-3: Einflussmatrix zur Bewertung der gegenseitigen Abhängigkeiten [Gie01], [GEK01, S. 89]

Die Systemanalyse beantwortet die Frage: Welche Faktoren sind Hebel und welche sind eher indikative Faktoren. Die Aktivität wird bestimmt über die Zeilensumme der Einflussmatrix. Die Passivität entsprechend der Spaltensumme. Beide Kenngrößen reichen aus, um das System hinreichend zu beschreiben.

Darüber hinaus erfolgt eine Gewichtung entsprechend der Bedeutung für die Beantwortung der Fragestellung [Grie04, S. 100]. Die Ergebnisse werden in Systemportfolios durch Aktiv- und Passivsummen und Gewichtungsränge dargestellt. Die Szenario-Software [GBG02] hilft an dieser Stelle, dass sich die Bearbeiter trotz umfangreicher Berechnungen auf die Auswertung konzentrieren können (Bild 1-4). Ergebnis der Auswertungen sind die signifikanten Faktoren des Systems – die Schlüsselfaktoren. Der Umfang der zu betrachtenden Schlüsselfaktoren sollte von der Fragestellung und der gewünschten Komplexität der Szenarien abhängig sein.

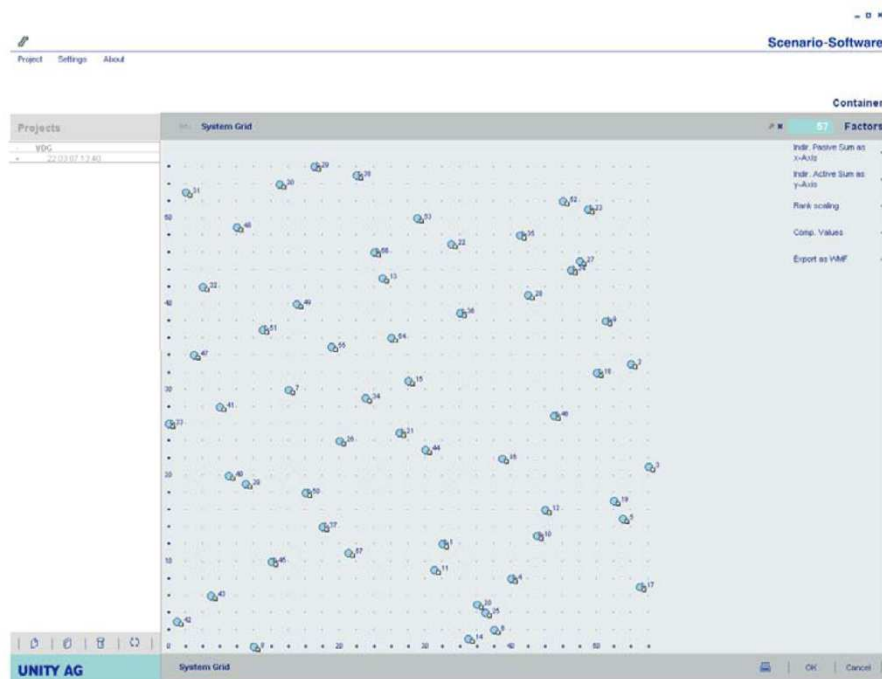


Bild 1-4: Systemportfolio in der Scenario-Software [UNI08]

1.2.3 Szenarioprognostik

Der folgende Schritt ist die *Szenarioprognostik*, bei dem der Blick in die Zukunft gerichtet wird, d.h. Zukunftsprojektionen ermittelt werden. Die Identifikation bzw. Bestimmung von zukünftigen Entwicklungen sollte auf bereits heute wahrnehmbaren Trends basieren. Schwache Signale weisen auf mögliche Entwicklungsrichtungen hin. Darüber hinaus sollen die Projektionen um denkbare ergänzt werden. Dabei kommt es weniger auf die Wahrscheinlichkeit an. Grundsätzlich sind bei dieser Szenarioerstellung alle Projektionen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit behaftet.

Bei der Wahl der Projektionen ist die traditionelle Dreiteilung, mit guter, schlechter und mittlerer Entwicklung zu vermeiden.

Bei der Suche nach zukünftigen Entwicklungen ist eines sehr wichtig: *Jeder Trend wird von einem Gegentrend begleitet*, so dass zumindest zwei Projektionen immer gefunden werden. Zwei Projektionen sind darüber hinaus die Mindestanzahl, da dieser Schlüsselfaktor sonst in allen Szenarien mit dieser Projektion vertreten ist und seinen Beitrag zum Szenariogehalt ad absurdum treibt.

Die maximale Anzahl der Projektionen ist nicht exakt definierbar. Erfahrungen haben ergeben, dass *vier bis fünf* Zukunftsprojektionen sehr gute Entwicklungsspannbreite repräsentieren.

Für die Szenarien ist es wichtig, dass im Folgenden jede Projektion durch eine Beschreibung (wenige Sätze) plausibel erläutert wird. Diese dürfen keine Bezüge zu anderen Projektionen enthalten, da jede Kombination der Textblöcke untereinander zunächst möglich sein muss.

1.2.4 Szenariobildung

Der sehr kreative Schritt ist somit beendet und es schließt sich die *Szenariobildung* an. An dieser Stelle wird das gemeinsame Auftreten von Zukunftsprojektionen in einer Konsistenzmatrix bewertet (Bild 1-5). Dabei spielen, wie oben erwähnt Wahrscheinlichkeiten keine Rolle, vielmehr sollen denkbare Kombinationen ermittelt und widersprüchliche herausgefiltert werden.

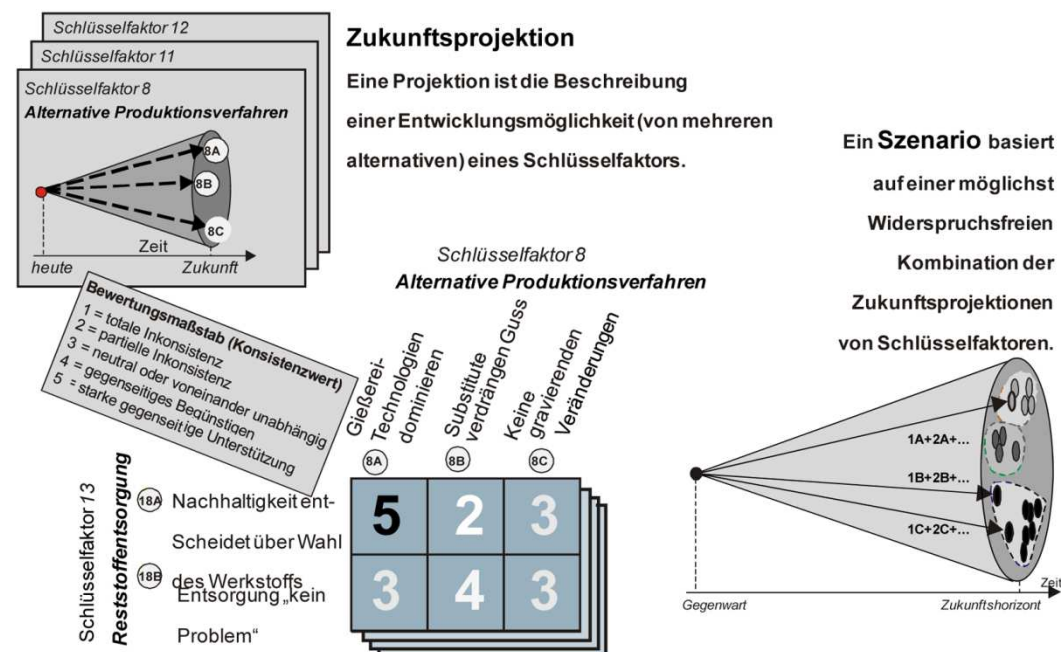


Bild 1-5: Konsistenzbewertung – Ausschnitt einer Konsistenzmatrix [Gie01, S. 43]

Diese Matrix ist Grundlage für die Berechnung der Szenarien. Dabei handelt es sich im Detail um die komplexe Bildung von widerspruchsfreien Kombinationen der Zukunftsprojektionen. Anschließend erfolgt die Zusammenfassung (Clustern) von ähnlichen Lösungen, so dass eine handhabbare Menge von Szenarien (zwei bis sieben) als Tabellen vorliegt (Bild 1-5).

An dieser Stelle können geübte Szenarioersteller bereits die Szenarien lesen. Es kommt aber darauf an, sie für alle, auch nicht am Entwicklungsprozess beteiligte Personen, kommunizierbar zu machen. Der erste Schritt dazu ist die Visualisierung der Szenarien in Landkarten der Zukunft (Bild 1-7), die durch die multidimensionale Skalierung (MDS) der Ergebniskombinationen entstehen.

Die Tabelle entsprechend Bild 1-6 bildet die Bauanleitung der Szenarien. Wie in einer DNA sind die Projektionen gekennzeichnet, die für das jeweilige Szenario bedeutend sind. Die Geschichten der Zukunft ergeben sich nun durch einfache Kombinationen der Projektionstexte entsprechend dieser Bauanleitung. Dabei dürfen keine zusätzlichen Kommentare eingefügt werden, da sonst die vorhandene Widerspruchsfreiheit ggf. wieder verletzt wird.

Schlüsselfaktor		Projektion	Sz1	Sz2	Sz3	Sz4
SF 9 Umweltpolitische Reglementierung	9A	Hohe Reglungsdichte	0	0	0	100
	9B	Niedrige Reglungsdichte	100	100	79	0
	9C	Konstante Reglungsdichte	0	0	21	0
SF 10 Arbeitskräftepotenzial (Humankapital)	10A	Nachfrage deckt sich mit dem Angebot	100	88	100	0
	10B	Nachfrage kann nicht gedeckt werden	0	12	0	100
SF 11 Standort Deutschland	11A	Stark steigende Standortkosten	0	0	0	100
	11B	Leichte Verbesserung der Standortkosten	85	94	63	0
	11C	Attraktive Standortkosten trotz höherer Lohnkosten	15	6	37	0
SF 12 Wirtschaftsentwicklung	12A	D als erfolgreicher Mitläufer im globalen Wettbewerb	5	6	0	0
	12B	D als key player im globalen Wettbewerb	95	94	100	0
	12C	D als Verlierer im globalen Wettbewerb	0	0	0	100
SF 13 Entwicklung des EURO-Landes	13A	Fortschreitende Homogenisierung	92	94	100	0
	13B	Starke Expansion in den Osten	8	6	0	0
	13C	Europäische Union steckt in der Krise	0	0	0	100
SF 14 Globalisierung	14A	Handel ohne Grenzen	100	100	100	0
	14B	Entstehung neuer Handelsblöcke	0	0	0	100
SF 15 Allgemeine Technologiebeurteilung	15A	Technologieskeptiker	0	0	21	100
	15B	Umfangreiche Nutzung	100	100	79	0
SF 16 Image der Gießerei-Industrie	16A	Ablehnung der Gießerei-Industrie	0	26	0	100
	16B	Gießereien als Teil der modernen High-Tech-Industrie	95	68	100	0
	16C	Gießereien bei Kunden beliebt, Bevölkerung unbeliebt	5	6	0	0
SF 17 Energiekosten	17A	Stark steigende Energiekosten	5	6	0	100
	17B	Sinkende Energiekosten	59	79	63	0
	17C	Moderate Entwicklung der Energiekosten	36	15	37	0
SF 18 Reststoffentsorgung	18A	Nachhaltigkeit entscheidet über Werkstoffauswahl	95	97	100	0
	18B	Entsorgung ist „kein Problem“	5	3	0	100
SF 19 Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnik (I&K)	19A	Großer Verbreitungsgrad	90	97	75	50
	19B	I & K nur in Teilbereichen (IK nur für wenige)	10	3	25	50

Bild1-6: Ausschnitt der Ausprägungsliste am Beispiel von vier Zukunftsszenarien für die deutsche Gießereiindustrie [Gie01]

1.2.5 Szenario-Transfer

Der Prozess der Erstellung der Szenarien ist damit abgeschlossen. Im Folgenden kommt es darauf an, die Szenarien in den strategischen Planungsprozess zu integrieren. Das bedeutet, dass Szenario- und Gestaltungsfeld verknüpft werden. Je Szenario werden für jedes Gestaltungselement (Produktion, Mitarbeiterentwicklung, Produkt- und Dienstleistungsangebot etc.) die Konsequenzen identifiziert, wenn dieses Szenario auftreten würde (Bewertung im Lichte des Szenarios). Parallel lassen sich auch Chancen und Gefahren ableiten. Aus diesen „Denken aus Vorrat“ lassen sich Handlungsoptionen bzw. Alternativstrategien für die Zukunft ableiten.

Aufgrund begrenzter Ressourcen (Mitarbeiter, Geld und Zeit) ist die Vorbereitung auf alle Szenarien ineffizient. Aus diesem Grund werden ein oder mehrere Referenzszenarien ermittelt.

1.2.6 Szenario-Controlling

Alle Projektionen werden darauf hin untersucht, inwieweit bereits heute Entwicklungen erkennbar sind oder ob revolutionäre Veränderungen stattfinden müssen, damit diese Projektion eintreten kann. Ergebnisse der Bewertung werden in die Landkarte der Zukunft als Trend prägnant dargestellt. In diesem Beispiel (Bild 1-7) zeigt sich, dass Szenario 3 jenes Szenario ist, welches den zu erwartenden Entwicklungen entspricht. Da Szenario 1 bei kleineren Trendbrüchen auch ein relevantes werden kann, gilt es, sich auch darauf vorzubereiten. Szenario 2 kann als Extremszenario betrachtet werden, so dass sich gravierende Veränderungen ergeben müssen, bis dieses eintreten kann.

Die Schlüsselfaktoren, die Projektionen und andere Indikatoren sind somit als Zukunftsradar auszurichten, so dass jederzeit die Relevanz der Szenarien überprüft werden kann und muss.

Die regelmäßige Überwachung der Szenarien erfolgt durch ein Frühaufklärungssystem. Aus diesem *Szenario-Controlling* lässt sich jederzeit schließen, ob die getroffenen Annahmen (Wahl der Einflussfaktoren, Auswahl der Schlüsselfaktoren, Wahl der Projektionen und Bewertung der Konsistenz sowie die aktuelle Trendbeschreibung) noch gültig sind.

Abschließend ist eine Anmerkung von hoher Bedeutung: Die oben aufgeführte Darstellung gilt für Zukunftsszenarien. Die wesentlichen Elemente Vernetzung und Konsistenz mit den Visualisierungen lassen sich auf zahlreiche zukunftsferne Anwendungen (Strategie-, Produkt-, Fabrikplanungs-, oder Risikoszenarien) adaptieren.

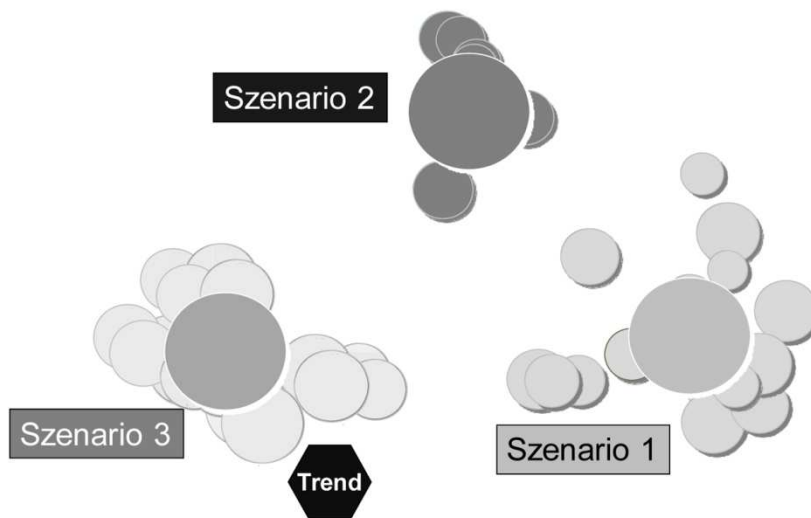


Bild 1-7: Bestimmung des Referenzszenarios am Beispiel von drei Zukunftsszenarien in einer Landkarte der Zukunft (Grienitz)

2 Soziale Netzwerkanalysen – SNA

Gegenstand der sozialen Netzwerkanalyse ist die Aufklärung der sozialen Ordnung von persönlichen Netzwerken. Im Wesentlichen werden zwei Bestandteile beschrieben. Zum einen sind es die Akteure im Netzwerk. *Akteure* können Einzelpersonen oder Gruppierungen von Einzelpersonen sein, wie Haushalte oder ethnische Gruppen. Zum anderen sind es die (*sozialen*) *Beziehungen* dieser untereinander. Als Beispiele solcher Beziehungen lassen sich Freundschaftsbeziehungen oder Kapitalabhängigkeiten nennen [LS02, S.7].

Die SNA bieten mit einem umfangreichen Repertoire an statistischen Kennzahlen und Visualisierungen der Netzwerke bzw. der sozialen Ordnung. Somit stellen die SNA einen statistischen Werkzeugkasten dar, aber auch eine Basis zur tiefergehenden theoretischen Durchdringung der Beziehungen [Jan03, S.11].

In diesem Beitrag werden Ansätze der graphischen und statistischen Analyse sowie erste Transformationserläuterungen für die Szenariotechnik vorgestellt. Als Beispiel dient eine Einflussmatrix, welche Faktoren aus einer Branchenumfeld sowie globalen Umfeld enthält.

2.1 Netzwerkdarstellungen

Die soziale Ordnung eines Netzwerkes lässt sich grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten darstellen: als Matrix und als Graph.

2.1.1 Soziomatrix

Für die Abbildung der Beziehungen eines Sets von Akteuren werden Matrizendarstellungen verwendet. Die Soziomatrix ist so aufgebaut, dass die Zeilen und Spalten die Akteure repräsentieren. Folglich handelt es sich um eine quadratische $N*N$ -Matrix gegeben (siehe Bild 2-1). Werden die Beziehungen der Soziomatrix mit unterschiedlichen Gewichten versehen, entsteht eine *gewichtete Matrix*. In den Feldern einer gewichteten Matrix wird die Häufigkeit oder die Intensität der Beziehung x_{ij} des Akteurs in der jeweiligen Zeile i zu einem Akteur in der Spalte j definiert.

Da jeder Akteur als Sender und als Empfänger von Beziehungen in der Matrix vorkommt gilt bei gerichteten Beziehungen, dass die Akteure in der Zeile die Sender sind und in der Spalte die Empfänger der jeweiligen Beziehung sind. Bei *gerichteten Beziehungen* entstehen außerdem *asymmetrische Matrizen*, wohingegen aus *ungerichteten Beziehungen* immer *symmetrische Matrizen* resultieren [Jan03, S.100].

In der Szenariotechnik werden in den Zeilen wie Spalten der Einflussmatrix die Einflussfaktoren eingetragen. Da es sich bei der Fragestellung: „Wie beeinflusst Faktor A Faktor B?“ um eine andere Fragestellung handelt, als bei „Wie beeinflusst Faktor B Faktor A?“ entsteht eine asymmetrische Matrix. Diese kann mit der Soziomatrix verglichen werden.

Wie beeinflusst die Zeile die Spalte? 3 unmittelbarer, starker Einfluss 2 mittlerer Einfluss 1 schwacher, verzögerter Einfluss 0 kein Einfluss	Branchenstruktur	Investitionsverh. / -bereitsch.	Global Sourcing	Logistik	Regelungsdichte	Intern.. Waren- u. Dienstfl.	Standort Deutschland	Wirtschaftsentwicklung	Globalisierung	Ressourcenverbrauch	Innovationspfades
	Branchenstruktur	2	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Investitionsverhalten / -bereitschaft	0	1	0	0	0	2	2	1	1	1	
Global Sourcing	1	1	3	0	2	1	1	3	0	0	
Logistik	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	
Regelungsdichte	2	1	1	1	2	3	3	3	2	3	
Internat. Waren- und Dienstflüsse	1	1	2	3	1	1	2	2	1	0	
Standort Deutschland	2	3	1	2	1	1	3	1	1	2	
Wirtschaftsentwicklung	3	1	1	1	1	2	3	2	1	0	
Globalisierung	2	1	3	3	3	3	3	1	1	1	
Ressourcenverbrauch	1	2	0	2	2	1	1	2	1	1	
Effizienz des Innovationspfades	1	2	0	0	1	0	2	2	0	1	

Bild 2-1: Beispiel einer gewichteten Einflussmatrix

2.1.2 Berührungsmatrix / Adjazenzmatrix

Bei der Adjazenzmatrix handelt es sich um eine Matrix, die die Existenz von Beziehungen abbildet. Diese wird durch eine „0“ bzw. „1“ symbolisiert. Es entsteht eine *binäre, ungewichtete Matrix*, die auch Adjazenzmatrix oder Berührungsmatrix genannt wird (siehe Bild 2-2) [Jan03, S.100].

2.1.1 Graphen

Die Informationen aus der Adjazenzmatrix in Bild 2-2 lassen sich ohne Datenverlust auch als Graph, bzw. Soziogramm genannt, darstellen (siehe Bild 2-3).

Gibt es eine Beziehung zwischen Zeile und Spalte? 1 Einfluss / Beziehung vorhanden 0 keine Beziehung/ kein Einfluss	Branchenstruktur	Investitionsverh. / -bereitsch.	Global Sourcing	Logistik	Regelungsdichte	Intern.. Waren- u. Dienstfl.	Standort Deutschland	Wirtschaftsentwicklung	Globalisierung	Ressourcenverbrauch	Innovationspfades
	Branchenstruktur	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Investitionsverhalten / -bereitschaft	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
Global Sourcing	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	
Logistik	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	
Regelungsdichte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Internat. Waren- und Dienstflüsse	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Standort Deutschland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Wirtschaftsentwicklung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Globalisierung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ressourcenverbrauch	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Effizienz des Innovationspfades	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	

Bild 2-2: Beispiel einer Adjazenzmatrix

Die Akteure des Netzwerkes werden als Knoten dargestellt und deren Beziehungen untereinander werden als Linien eingezeichnet. Liegen zwischen den Akteuren *gerichtete Beziehungen* vor, werden auch die Linien gerichtet und man spricht von *Pfeilen*. Liegen dagegen *ungerichtete Beziehungen* vor, so spricht man von *Kanten* [LS02, S.10].

Die Anordnung der Akteure unterliegt keinen Regeln. Die Position und ihre Distanzen zueinander sowie die Länge der Linien haben keine netzwerkanalytische Bedeutung [Jan03, S.92].

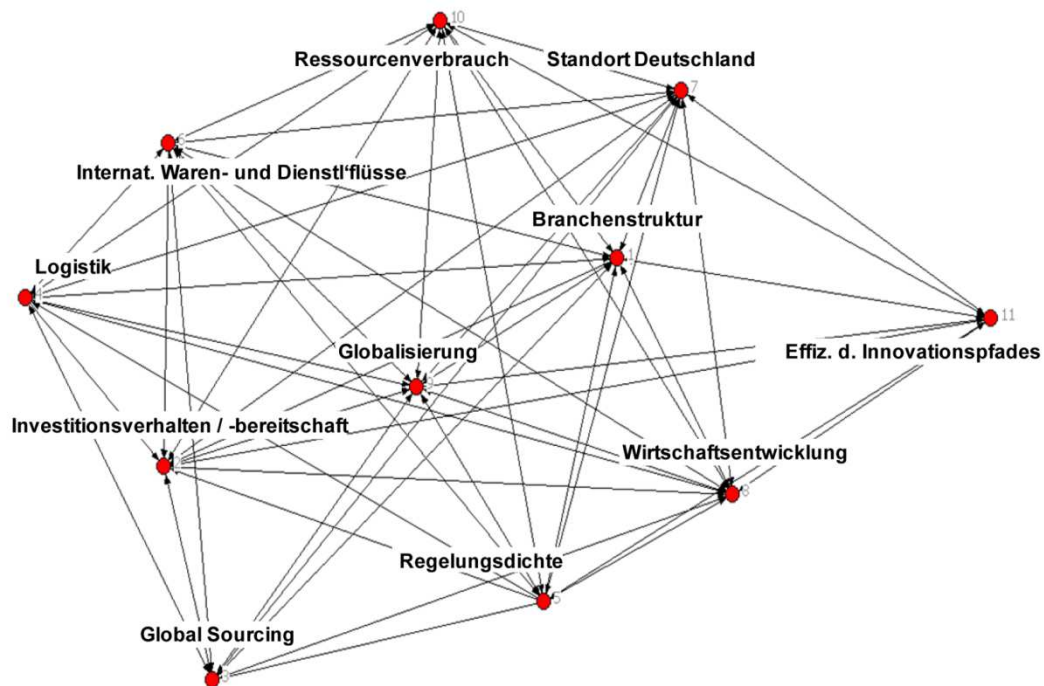


Bild 2-3: Beispiel eines gerichteten Graphen [BEF99]

Liegen zwischen den Akteuren Beziehungen unterschiedlicher Intensität vor (z.B. Häufigkeit der Kontakte oder Ausmaß des Einflusses), können die Verbindungslinien mit unterschiedlicher Linienstärke dargestellt werden. Der Graph ist dann ein *bewerteter Graph* [LS02, S.10].

2.1.2 Distanzmatrix

Die mathematische Graphentheorie ermöglicht die Ableitung von Nähe und Distanzen aus den Netzwerkdarstellungen. Bei diesen Konzepten wird nicht die physikalische Weglänge aus den Soziogrammen berücksichtigt. Es werden die *Wege (Pfade)* berücksichtigt, auf denen ein Akteur zum anderen gelangen kann. Die Länge der Pfade zwischen zwei Akteuren bezeichnet man als *Distanz*, wobei die Distanz zwischen zwei direkt verbundenen Akteuren auf 1 normiert wird. Zwei Akteure lassen sich in Netzwerken oft auf unterschiedlichen Pfaden erreichen. Aus diesem Grund entspricht die Länge des *kürzesten Pfades* zwischen zwei Akteuren der *geodätischen Distanz* [Jan03, S.97]. Die geodätischen Distanzen lassen sich in ebenfalls in Matrixform übersichtlich abbilden (Bild 2-4).

2.1 Merkmale von Netzwerken

Die Soziale Netzwerkanalyse liefert umfangreiche Maßzahlen zur Beschreibung von spezifischen Netzwerkmerkmalen, wobei die meisten Kennzahlen graphentheoretisch entwickelt werden.

So hängt zum Beispiel die Geschwindigkeit mit der sich eine Innovation in einem Netzwerk ausbreitet von der Verbundenheit des Netzwerkes ab. Akteure in einer zentralen Position im Netzwerk werden dabei schneller von der Innovation erfahren als Akteure in Randlagen [Jan03, S.94]. Die Bestimmung der Verbundenheit eines Netzwerkes und Zentralitätsmaße von Akteuren sind nur zwei Merkmale, die im Folgenden betrachtet werden.

Wie lang ist der kürzeste Pfad zwischen Zeile und Spalte (geodätische Distanz)?	Branchenstruktur	Investitionsverh. / -bereitsch.	Global Sourcing	Logistik	Regelungsdichte	Intern.. Waren- u. Dienstfl.	Standort Deutschland	Wirtschaftsentwicklung	Globalisierung	Ressourcenverbrauch	Innovationspfades
Branchenstruktur	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	
Investitionsverhalten / -bereitschaft	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	
Global Sourcing	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	
Logistik	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	
Regelungsdichte	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	
Internat. Waren- und Dienstflüsse	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	
Standort Deutschland	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
Wirtschaftsentwicklung	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	
Globalisierung	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	
Ressourcenverbrauch	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	
Effizienz des Innovationspfades	1	1	2	2	1	2	1	1	2	1	

Bild 2-4: Distanzmatrix mit den geodätischen Distanzen des Netzwerkes

2.1.1 Dichte

Die *Dichte* Δ eines Netzwerkes k gibt an, wie stark die untersuchte Gruppe verwoben ist. Sie ist definiert als das Verhältnis der Anzahl von realisierten zu der Anzahl von grundsätzlich möglichen Beziehungen.

$$\Delta_k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ijk}}{N(N-1)}$$

Wobei x_{ijk} das Element der Adjazenzmatrix k in der Zeile i und der Spalte j ist.

Für das gewählte Beispielnetzwerk mit $N=11$ Akteuren ergeben sich $N*(N-1)=11*10=110$ mögliche Beziehungen, wobei die Beziehung zu sich selbst jeweils unberücksichtigt bleibt.

Die Anzahl der realisierten Beziehungen entspricht der Anzahl der Einsen in der Adjazenzmatrix oder der Anzahl der Zahlen, die größer als Null sind, in der Einflussmatrix. In unserem Beispiel sind es 92 realisierte Beziehungen und somit ergibt sich für die Netzwerkdichte ein Wert von 0,84.

In einem Netzwerk, in dem jeder Akteur direkt mit jedem anderen Akteur verbunden ist, wird das theoretische Maximum der Dichte von 1 erreicht. Während sich die Dichte relativ einfach bestimmen lässt, ist ihre Interpretation weitaus komplizierter. Die Dichte ist abhängig von der Größe des Netzwerkes und von der Art der Beziehungen zwischen den Akteuren, falls Beziehungen unterschiedlicher Intensität berücksichtigt werden. So können unterschiedlich große Netzwerke die gleiche Dichte haben, obwohl sich die Anzahl der Beziehungen der Akteure stark von einander unterscheidet [LS02, S.36].

Mit der Dichte eines Netzwerkes lassen sich in der Szenariotechnik Einflussfaktorensets überprüfen, inwieweit sie sich überhaupt für die Erstellung von Szenarien eignen. Ist die Dichte eines bestimmten Netzwerkes zu gering, sind die Einflüsse der einzelnen Faktoren untereinander sporadisch und ein mit solchen Faktoren erstelltes Szenario könnte sehr oberflächlich und somit nur wenig Aufschluss über den untersuchten Sachverhalt geben.

2.1.2 Kohäsion

Die *Kohäsion* G ist eine weitere Maßzahl, die die Verbundenheit eines Netzwerkes beschreibt und wird definiert als das Verhältnis der Anzahl der gegenseitig realisierten Beziehungen (reziproke Beziehungen) zu der Anzahl der Dyaden (=Zweierpaarungen). Die Anzahl der Dyaden berechnet sich durch $(N*[N-1]/2)$.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_{ij} * x_{ji})}{[N(N-1)/2]}, \text{ für } i < j$$

Die Anzahl der gegenseitig realisierten Beziehungen kann durch eine Umformung der Adjazenzmatrix bestimmt werden, indem nur reziproke Beziehungen den Wert 1 erhalten und einseitigen Beziehungen der Wert 0 zugewiesen wird (exklusiv symmetrische Umformung) [Jan03, S.112]. Für die gewählte Einflussmatrix (Beispielnetzwerk) ist die Matrix der reziproken Beziehungen in Bild 2-5 dargestellt und es ergeben sich 41 reziproke Beziehungen.

Die Anzahl der Dyaden bei N=11 Akteuren ist 55 ($N \cdot [N-1] / 2 = 11 \cdot 10 / 2 = 55$) und daraus ergibt sich für unser Beispielnetzwerk ein Kohäsionswert von 0,75.

Netzwerke mit hohen Dichte- und Kohäsionswerten werden auch *strong-tie-Netzwerke* genannt, während Netzwerke mit niedrigen Dichte- und Kohäsionswerten als *weak-tie-Netzwerke* bezeichnet werden.

- *Strong-tie-Netzwerke* sind intensive, enge Beziehungen, die viele Ressourcen beanspruchen. Sie können nicht beliebig wachsen, weil die Beziehungskapazitäten der Akteure begrenzt sind. Dadurch tendieren Strong-tie-Netzwerke zu sozialer Schließung.
- *Weak-tie-Netzwerke* dagegen sind nur schwache Beziehungen bzw. über relativ hohe Distanzen. Somit sind Weak-tie-Netzwerke weniger redundant und überbrücken strukturelle Lücken. Akteure können dadurch leichter neue Informationen austauschen oder zusätzliche Ressourcen erschließen und sind daher sehr wichtig für Innovationsprozesse oder in Tauschnetzwerken [Jan03, S.106-107].
- Die Kohäsion ergänzt die Dichte als Maßzahl für die *Verwobenheit eines Netzwerkes*. Ein Netzwerk mit der maximalen Kohäsion hat gleichzeitig auch den maximalen Dichtewert von 1, jedoch sind die Dichte und die Kohäsion eines Netzwerkes nicht direkt proportional zueinander.

Reziproke Beziehungen	Branchenstruktur	Investitionsverh. / -bereitsch.	Global Sourcing	Logistik	Regelungsdichte	Intern.. Waren- u. Dienstfl.	Standort Deutschland	Wirtschaftsentwicklung	Globalisierung	Ressourcenverbrauch	Innovationspfades
Branchenstruktur	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	
Investitionsverhalten / -bereitschaft	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	
Global Sourcing	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	
Logistik	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	
Regelungsdichte	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	
Internat. Waren- und Dienstflüsse	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
Standort Deutschland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Wirtschaftsentwicklung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Globalisierung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
Ressourcenverbrauch	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Effizienz des Innovationspfades	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	

Bild 2-5: Matrix der reziproken Beziehungen

In Bild 2-6 sind zwei Beispielgraphen dargestellt, die beide eine Dichte von 0,3 ($10/[6*5]=10/30$) haben. Der wesentliche Unterschied ist, dass das Netzwerk 1 eine Kohäsion von 0,3 ($5/[6*5/2]=5/15$) und das Netzwerk 2 eine Kohäsion von 0 hat.

In der Szenariotechnik kann die Kohäsion als Kennzahl für die Vernetzung eines Sachverhalts dienen. Je höher die Kohäsion eines Netzwerkes desto stärker sind die Wechselwirkungen zwischen Faktoren und die Rückkopplungen von Änderungen oder Beeinflussungen dieser Faktoren.

2.1.1 Zentralitätsmaße

Neben der Dichte und der Kohäsion gibt es weitere Maßzahlen für die Beschreibung sozialer Netzwerke: Die Grad-Zentralität (mit Indegree und Outdegree), die Closeness-Zentralität und die Betweenness-Zentralität.

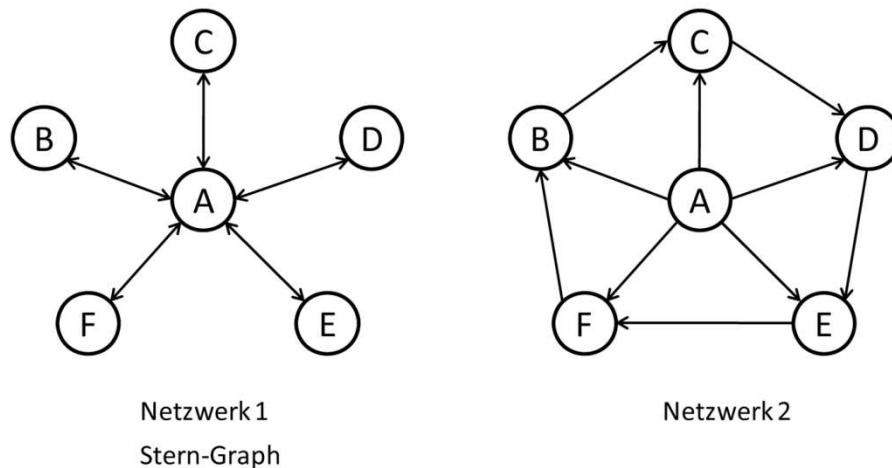


Bild 2-6: Zwei Beispielgraphen mit gleicher Dichte aber unterschiedlicher Kohäsion

Bild 2-7 zeigt die Übersicht der Zentralitätsmaße für das Beispielnetzwerk.

2.1.1.1 Grad-Zentralität

Die Grad-Zentralität beschreibt die Eigenschaften einzelner Akteure und nicht die des gesamten Netzwerks. Sie gibt Auskunft über die Anzahl der Beziehungen, die ein Akteur unterhält.

In symmetrischen Netzwerken ist die Anzahl der eingehenden Beziehungen identisch mit der Anzahl der ausgehenden Beziehungen. Bei asymmetrischen Netzwerken mit gerichteten Beziehungen unterscheidet man zwischen dem Indegree und dem Outdegree:

Zentralitätsmaße									
Faktoren	Nr	In-degree	Out-degree	Norm. Indegree	Norm. Outdegree	In-Closeness	Out-Closeness	Betweenness	norm. Betw'ness
Branchenstruktur	1	9,00	8,00	0,90	0,80	0,91	0,83	1,68	0,04
Investitionsverh. / -bereitschaft	2	10,00	6,00	1,00	0,60	1,00	0,71	1,59	0,04
Global Sourcing	3	8,00	7,00	0,80	0,70	0,83	0,77	0,57	0,01
Logistik	4	8,00	8,00	0,80	0,80	0,83	0,83	0,44	0,01
Regelungsdichte	5	6,00	10,00	0,60	1,00	0,71	1,00	1,23	0,03
Int. Waren- und Dienstl.'flüsse	6	8,00	9,00	0,80	0,90	0,83	0,91	1,09	0,02
Standort Deutschland	7	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,40	0,08
Wirtschaftsentwicklung	8	10,00	9,00	1,00	0,90	1,00	0,91	2,62	0,06
Globalisierung	9	9,00	10,00	0,90	1,00	0,91	1,00	2,64	0,06
Ressourcenverbrauch	10	8,00	9,00	0,80	0,90	0,83	0,91	2,07	0,05
Effizienz des Innovationspfades	11	6,00	6,00	0,60	0,60	0,71	0,71	0,71	0,02

Bild 2-7: Zusammenstellung der Zentralitätsmaße für die Beispielmatrix in Bild 2-1

- Der Indegree ist die Summe der von einem Akteur empfangenen Beziehungen und spiegelt das Prestige eines Akteurs wider.
- Der Outdegree hingegen ist die Anzahl der von dem Akteur ausgehenden Beziehungen und lässt sich als die Expansivität eines Akteurs interpretieren [LS02, S.36-37].

Es können große Unterschiede zwischen der Zentralität und dem Prestige von Akteuren bestehen. Zum Beispiel kann ein wissenschaftlicher Autor viele andere angesehene Autoren zitieren, seine Arbeiten werden dagegen aber von keinem dieser anderen Autoren zitiert. Er hat dadurch eine hohe Zentralität, da er Zugang zu den wissenschaftlichen Arbeiten der anderen Autoren hat, sein Prestige ist aber gering, weil keiner der anderen Autoren seine Werke zitiert [Jan03, S.127].

Der Indegree und der Outdegree für die elf Akteure des Beispielnetzwerkes sind in Bild 2-7 dargestellt.

Wie auch die Dichte sind In- und Outdegree abhängig von der Netzwerkgröße. Für den Vergleich unterschiedlich großer Netzwerke werden durchschnittliche Grad-Zentralität oder normierte In- und Outdegrees herangezogen. Die durchschnittliche Grad-Zentralität beschreibt wie viele Beziehungen ein Akteur des betrachteten Netzwerkes im Durchschnitt unterhält. Die durchschnittliche Grad-Zentralität für das Beispielnetzwerk beträgt 8,36 und jeder Akteur unterhält damit durchschnittlich acht Beziehungen. Für eine eindeutige Betrachtung des Prestiges und der Expansivität von Akteuren in unterschiedlich großen Netzwerken werden die Werte für In- und Outdegree eines jeden Akteurs durch die Anzahl der maximal möglichen Beziehungen (N-1) normiert.

Dadurch sind auch die Werte für das Prestige und die Expansivität unabhängig von der Größe des Netzwerks und lassen Vergleiche zu [Jan03, S.143].

In dem gewählten Beispiel hat der Faktor „Globalisierung“ den Maximalwert 1 der Expansivität – er beeinflusst alle übrigen Faktoren (vgl. Akteur A im Stern-Graph, Bild 2-6 – Netzwerk 1). Der Minimalwert des normierten Outdegrees wird erreicht, wenn ein Akteur keinen anderen der übrigen Akteure in seinem Netzwerk beeinflusst. Der normierte Indegree verhält sich analog.

Das Prinzip der Degree-Zentralität wird in der Szenariotechnik bereits angewendet. Lediglich die Bezeichnungen variieren. In der Szenariotechnik entspricht dem Outdegree die Aktivsumme und der Indegree der Passivsumme (vgl. Kapitel 1.2.2).

2.1.1.2 Closeness-Zentralität

Die Dichte und die Grad-Zentralität können einen ersten Eindruck von der Verflechtung eines Netzwerkes und der Anzahl der Beziehungen der beteiligten Akteure, nicht aber von der Struktur eines Netzwerkes geben. Auf Grund dieses Defizites betrachten wir die Closeness-Zentralität, um die Eingebundenheit der Akteure in einem Netzwerk bestimmen zu können [Hol06, S.42].

Die Grundüberlegung des Konzepts der Eingebundenheit ist einfach: Ein Akteur, der alle anderen Akteure über kurze Distanzen erreichen kann, ist relativ autonom. Besitzt er eine Closeness-Zentralität von 1, ist er vollständig autonom und erreicht jeden anderen Akteur des Netzwerkes über eine direkte Beziehung (Akteur A im Stern-Graph, Bild 2-6 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Im Gegensatz dazu ist ein Akteur, der lange Wege zu den anderen Akteuren zurücklegen muss, abhängig von der Bereitschaft der anderen Akteure, ihm ihre Ressourcen zur Verfügung zu stellen [LS02, S.38].

Die Closeness-Zentralität eines Akteurs n_i [$C_c(n_i)$] ist das Verhältnis der Anzahl der erreichbaren Knoten zu der Summe der geodätischen Distanzen d_i eines Akteurs n_i zu allen anderen Akteuren n_j des Netzwerkes [Jan03, S.133-134].

$$C_c(n_i) = \frac{n-1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)}, \text{ für } i \neq j$$

Für gerichtete Netzwerke ergeben sich Closeness-Zentralitäten für empfangene und für ausgehende Beziehungen die so genannte InCloseness und die OutCloseness.

Die Closeness-Zentralitäten der Beispielmatrix sind in Bild 2-7 aufgelistet.

Beispielhaft ist in Bild 2-8 ein Liniengraph dargestellt. Der Akteur C besitzt die höchste Closeness-Zentralität ($4/6 = 0,67$), gefolgt von den Akteuren B und D ($4/7 = 0,57$). Die

Randpositionen A und E erreichen Werte von 0,4 (4/10). In dem Kreis-Graph (Bild 2-8) haben alle Akteure die gleiche Closeness-Zentralität von 0,67 (4/6).

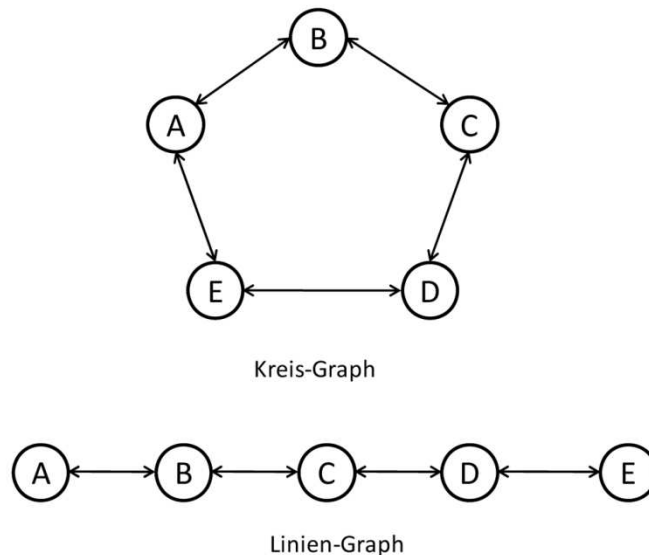


Bild 2-8: Liniengraph für die Erläuterung der Closeness-Zentralität

Die Closeness-Zentralität und die Degree-Zentralität eines Faktors stehen in einem direkten logischen Zusammenhang. Je mehr andere Faktoren ein beliebiger Faktor direkt beeinflussen kann, desto höher ist sein Outdegree oder seine Aktivsumme. Tendenziell bedeutet eine höhere Aktivsumme auch eine größere Autonomie, sprich eine höhere Closeness-Zentralität, durch die hohe Anzahl direkter Verbindungen. Dieser Zusammenhang wird durch die Ergebnisse in Bild 2-7 belegt. Alle Faktoren mit einem hohen Outdegree (Aktivsumme) haben gleichzeitig eine hohe Autonomie (Out-Closeness). Das Prinzip der Closeness-Zentralität wird zwar nicht explizit in der Szenariotechnik berücksichtigt, findet aber indirekt durch Betrachtung der Aktivsummen von Faktoren Beachtung.

2.1.1.3 Betweenness-Zentralität

Die bisher besprochenen Zentralitätsmaße betrachten nur die Anzahl von Beziehungen und die Eingebundenheit der Akteure, wodurch die Gefahr besteht, dass Akteure, die viele, aber redundante Beziehungen haben, zentraler gewertet werden als Akteure, die sich an kritischen Stellen des Informationsflusses befinden [Hol06, S.42]. Daher wird als dritte Interpretation der Zentralität das Maß der *Betweenness-Zentralität* eingeführt. Die Betweenness-Zentralität misst den Grad der Kontrolle, die ein Akteur über andere Akteure eines Netzwerkes ausüben kann. Die Kontrolle eines Akteurs ist umso größer, je mehr andere Akteure auf ihn als ‚Vermittler‘ von Informationen oder Ressourcen angewiesen sind [LS02, S.39].

Um die Betweenness-Zentralität des Akteurs n_i zu bestimmen, wird für jedes Akteurpaar n_j, n_k die Wahrscheinlichkeit $[b_{jk}(n_i)]$ berechnet, dass die Kommunikation zwischen n_j und n_k über n_i laufen wird. Diese Wahrscheinlichkeit entspricht dem Verhältnis der Anzahl von geodätischen Pfaden zwischen n_j und n_k die durch n_i laufen $[g_{jk}(n_i)]$ zu der Gesamtanzahl der geodätischen Pfade zwischen n_j und n_k $[g_{jk}]$. Werden diese Wahrscheinlichkeiten für alle Dyaden summiert, ergibt sich die Betweenness-Zentralität $[C_B(n_i)]$.

$$C_B(n_i) = \sum_{j < k}^n \sum_k^n b_{jk}(n_i), \text{ für } i \neq j \neq k$$

$$\text{mit } b_{jk}(n_i) = \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$$

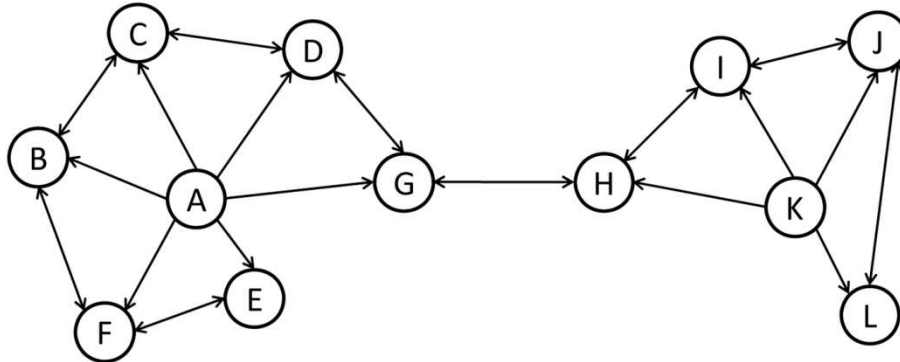
Bild 2-7 zeigt die Betweenness-Zentralitäten der elf Akteure des Beispielnetzwerkes. Um die Werte von Akteuren aus unterschiedlichen großen Netzwerken vergleichbar zu machen, wird die Betweenness-Zentralität an der Anzahl der Dyaden, zu denen n_i nicht gehört $[(N-1)*(N-2)/2=45]$, normiert. Eine normierte Betweenness-Zentralität von $C_B(n_i)=1$ sagt aus, dass der Akteur n_i für jedes Akteurpaar des Netzwerkes als Vermittler von Informationen agiert und maximale Kontrolle über die übrigen Akteure des Netzwerkes hat.

Der Akteur A im Stern-Graph (Bild 2-6 – Netzwerk 1) erreicht für die Betweenness-Zentralität den Maximalwert 1, da alle Paare der übrigen Akteure auf ihn zugreifen müssen. Die Randpositionen des Stern-Graphen und des Linien-Graphen erhalten den Minimalwert 0. Keine Austauschbeziehung eines Paares der übrigen Akteure ist von den Akteuren auf den Randpositionen abhängig.

Die Betweenness-Zentralität misst die Vermittlungstätigkeit und die daraus entstehende Kontrolle von Faktoren in einem Netzwerk und wird als solches in der Szenariotechnik nicht berücksichtigt.

Bild 2-9 zeigt ein Beispielnetzwerk mit 12 Faktoren. Die Faktoren A und K würden in der Szenariotechnik auf Grund ihrer hohen Aktivität (Outdegree des Faktors A=6, Outdegree des Faktors B=4) für die Erstellung von Szenarien bevorzugt werden, während die Faktoren G und H bemessen an ihrer Aktivität unwichtig erscheinen. Die Betweenness-Zentralität zeigt hier, dass die Faktoren G und H von großer Bedeutung für das Netzwerk sind, da sie den Informationsfluss maßgeblich bestimmen und beeinflussen können. Die Faktoren A und B erhalten jeweils eine Betweenness-Zentralität von 0. Dagegen beträgt die normierte Betweenness-Zentralität für den Faktor G 0,89 und für den Faktor H 0,81.

An diesem Beispiel wird schnell deutlich, dass die Aktivsumme zur Filterung der relevanten Faktoren zur Erstellung von Szenarien nicht ausreicht und die Betweenness-Zentralität in diesen Prozess mit einbezogen werden sollte.



Netzwerk 3

Bild 2-9: Netzwerk 3 zur beispielhaften Darstellung der Betweenness-Zentralität

2.2 Schlüsselfaktorenauswahl

Bild 2-10 zeigt die derzeit gewählte Vorgehensweise bei der Auswahl von Schlüsselfaktoren. Aus dem Systemportfolio werden oberhalb einer, auf Erfahrungswerten beruhend gezogenen, Auswahlgrenze die Einflussfaktoren zu Schlüsselfaktoren ausgewählt. Parallel dazu zeigt die Darstellung deutlich, dass anhand der Betweenness-Zentralität andere Schlüsselfaktoren ausgewählt werden würden. Insbesondere Faktor 10 „Ressourcenverbrauch“ ist vor dem aktuellen Hintergrund der enorm volatilen Rohstoffpreise ein notwendiger Faktor für die Beschreibung von sinnvollen Zukunftsszenarien. Da die Szenarioentwicklung auf die Beschreibung eines Branchenumfeldes abzielt, ist die Auswahl des Faktors „Branchenstruktur“ ebenso sinnvoll.

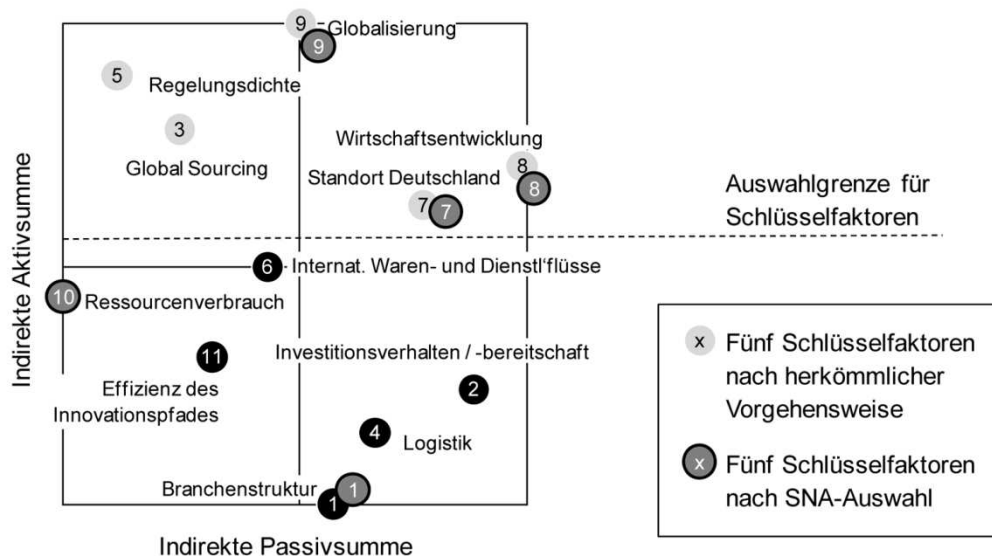


Bild 2-10: Beispiel-Schlüsselfaktorenauswahl anhand der Szenariotechnik und SNA

Durch Anwendung des markantesten Merkmals der Sozialen Netzwerkanalyse – der Betweenness-Zentralität, zeigt sich die Notwendigkeit der Berücksichtigung von weiteren Kennzahlen zur Schlüsselfaktorenbestimmung. Vermeintlich wichtige Faktoren erhalten Vorrang vor anderen systembedeutenden Faktoren.

3 Fazit und Ausblick

Die Szenariotechnik ist bereits seit den 60-er Jahren des letzten Jahrhunderts bekannt. Zahlreiche Veröffentlichungen haben die induktive Vorgehensweise, welche sehr mathematisch strukturiert verläuft, erweitert. Die Veränderungs- bzw. Erweiterungsgeschwindigkeit der Methodik Szenariotechnik hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen.

Mit dem vorliegenden Beitrag wurde die Basis für umfangreiche Neuerungen in der Vernetzungsanalyse gelegt. Die Bedeutung der Szenariofeldanalyse kann durch die Berücksichtigung weiterer Kenngrößen wesentlich intelligenter und sinnvoller gestaltet werden, so dass bereits in den frühen Phasen der Szenariotechnik die aufwändigen Matrizenbewertungen ihre Berechtigungen erhalten.

Notwendigerweise müssen die Kennzahlen der SNA anhand unterschiedlicher aber auch spezieller Einflussfaktorenkombinationen überprüft werden. Anschließend sollte Aufwand gegen Nutzen abgewogen werden, ob die Erweiterung den zu erwartenden Mehrwert tatsächlich liefert.

Literatur

- [BEF99] Borgatti, S.P.; Everett, M.G.; Freeman, L.C.: *UCINET 5.0 Version 1.00*. Natick: Analytic Technologies, 1999.
- [Ehr95] Ehrlenspiel, K.: *Integrierte Produktentwicklung – Methoden für Prozeßorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. Hanser Verlag, 1995.
- [Fin99] FINK, A.: *Szenariogestützte Führung industrieller Produktionsunternehmen*. Paderborn, Universität, Fachbereich Maschinentechnik (in der Fakultät Maschinenbau – ab 1. Okt. 2002), Dissertation, 1999, In: Gausemeier, J. (Hrsg.): HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 50.
- [GBG02] Gausemeier, J.; Binger, V.; Grienitz, V.: *Managementberatung, neue Medien und Informationssysteme – Frühzeitiges und rechtzeitiges Erschließen der Erfolgspotenziale von morgen*. In: *ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (2002), Nr. 10.
- [GF99] Gausemeier, J.; Fink, A.: *Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Modell zur zukunfts-orientierten Unternehmensgestaltung*. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1999.
- [GFS96] Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: *Szenario Management. Planen und Führen mit Szenarien*, 2., bearbeitete Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1996.
- [GEK01] Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.; Kallmeyer, F.: *Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. Carl Hanser, München 2001.
- [Gie01] *Abschlussbericht: Gießerei 2010 – Strategien für die deutsche Gießereiindustrie*, VDG – Verein deutscher Gießereifachleute, Düsseldorf, 2001.
- [Grie04] *Technologieszenarien – Eine Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung*. HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 151. (Paderborn, 2004).
- [Hol06] Holzer, B.: *Netzwerke*, transcript Verlag, Bielefeld, 2006.
- [Jan03] Jansen, D.: *Einführung in die Netzwerkanalyse*, 2. Auflage, Leske und Buderich, Opladen, 2003.
- [LS02] Lang, H.; Schnegg, M.: *Netzwerkanalyse, Methoden der Ethnographie*, Heft 1, 2002.
- [UNI08] *Zugang zur Scenario-Software über die UNITY AG; www.scenario-software.com*
- [WHG02] Wiendahl, H.-P.; Hernández, R.; Grienitz, V.: *Planung wandlungsfähiger Fabriken - Erschließung von Potenzialen mit Hilfe des Szenario-Managements*. In: *ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* (2002), Nr. 1-2, S. 12-17.
- [WFKG02] Wiendahl, H.-P.; Fiebig, C.; Köhrmann, C.; Grienitz, V.: *Die Zukunft prognostizieren mit Szenarien - Methodik und Anwendung am Beispiel der Feinblechverarbeitung*. In: *New Management – Zeitschrift für Unternehmenswissenschaften und Führungspraxis*, 71. Jahrgang, Nr. 5, Zürich 2002, S. 42-48.

A 3 [GB08c]

Business Engineering with Scenario Technique

V. Grienitz¹, V. Blume²¹Department of Production Engineering, Junior Professorship of Industrial Engineering, University of Siegen, Siegen, Germany, volker.grienitz@uni-siegen.de²Department of Production Engineering, Junior Professorship of Industrial Engineering, University of Siegen, Siegen, Germany, volker.blume@student.uni-siegen.de

Abstract - Companies often find themselves confronted with complexity of increased pressure to ensure their competitive market position. Business engineering should base on the anticipation of weak future signals. The paper describes one approach to this issue – Scenario Technique.

Scenario Technique is a special method to catch future business opportunities and risks and allows to involve workshop members, experts and in particular customers.

This paper explains two approaches – Scenario Workshops and Scenario Projects - as ways of applying Scenario Technique. The differentiation ensures that the right effort is done to answer the right questions. Both processes Scenario Workshop and Scenario Project are illustrated by an example.

Keywords - Scenario technique, business innovation, business engineering, scenario workshop, scenario project

INTRODUCTION

We have been experiencing the changeover from the national industrial society to the global information society for some years now. Information and communication technology is effecting all areas of our life; the boundaries of former times are losing their significance.

We can already see for ourselves within our closer circle of acquaintances that more and more jobs are being lost in classical industrial areas even though production volumes are increasing in many places.

Shaping the future therefore also means developing and producing innovative business models. The path to the products and markets of tomorrow is determined by the following realisations. Business Engineering should be a systematic discussion about the future. This paper will give some reasons [1]:

- The continuation of the successful development of the past will not suffice to secure the future.
- Future developments give notice by weak signals. Often they are ignored but it is vital that those signals are noticed not only at an early stage but also and more importantly early enough.
- Future developments are not the extrapolation of the past. We can find significant discontinuities.
- The forecast of future events is comprehensible mental work. That is why future foresight is methodical, transparent and comprehensible.

Today, in global competition, which in its nature is highly dynamic and complex, new products and processes are the framework requirement for companies. Future success based on the balanced respect of market and technologies to reach a sustainable competitive edge.

Market Pull describes ecological and social dynamics with a focus on influencing and shaping markets and business sectors. The market pull reflects the demands of special customer groups (Fig. 1).

Technology Push focuses on technological developments, for example new substitute manufacturing technologies or improvements and new materials which allow the use of new technologies. New technologies permit new possibilities of meeting more and higher customer requirements. That is why technologies are often seen as enabler (Fig. 1).

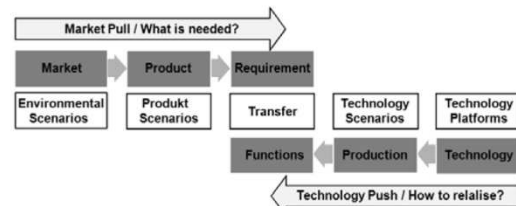


Fig. 1: Business engineering by interaction between Technology Push and Market Pull [3]

SCENARIO TECHNIQUE

With Scenario Technique the complexity of future foresight can be reduced by various questions. The intensive investigation of potential future events and the search for prospective business opportunities and threats differs from well known strategic planning methods using linear trend forecasts.

»It's not about the prediction of the future – then think ahead of future« [2].

By definition a scenario is a generally intelligible description of a possible situation in the future, based on a complex network of influence factors [1].

Applying Scenario Technique the future foresight will generate multiple scenarios. That means several development options can be taken into consideration for each factor. Scenarios are the foundation of future business options and help to get a better understanding of what could happen in the future. They show not only the future potentials and opportunities, but also the possible

risks and threats and prepare a business for an uncertain future.

Each scenario project proceeds according to six phases (shown in Fig. 2): Field of Action Analysis, Scenario Field Analysis, Scenario Prognosis, Scenario Creation, Scenario Transfer and Scenario Monitoring.

FIELD OF ACTION ANALYSIS

First, it is necessary to define the main question for the project to concentrate on. This clear definition helps to describe what should be the answer of our work and if it is formulated imprecisely, the scenarios will be fuzzy, unclear and not robust.

The core question to a scenario should be outlined by geographical, technical, industrial or other system limitations. An example of questions is: "What will the sector of foundry industry in the BRIC states be in 2010?"

We see a clear partition between the scenario field and the field of action:

- The **scenario field** describes future developments around the field of action.
- The **field of action** is supposed to be improved by scenarios and it can be a company, an industry sector or a single product.

For the sake of completeness it should be remarked, that it is possible to design scenarios for field of actions. For example strategy scenarios with a bundle of consistent business options, plant design, product development, risk management – even if the complexity of the business is too high.

Basically the field of action analysis describes the current situation and gives transparency about present knowledge, core competences, strengths, weaknesses, chances and risks.

SCENARIO FIELD ANALYSIS

The clear defined scenario field is divided into influence fields. Each influence field is described by different influence factors which are listed in a catalogue. The influence factors cover the entire problem. Such a collection of influence factors easily include 40 to 80 factors.

These factors have different impact on the main questions and in order to concentrate on the most important factors all influence factors are ranked by their behaviour (system determinant – driver or driven). That will be done with the influence matrix, which evaluates the factors against each other. The software 'Scenario-Software' does all the calculations and reduces the complexity of this phase.

The results of the impact analysis – system analysis are the key factors, which are the significant system factors and are shown in system portfolios, which are generated on the basis of the results for the 'activity' and the 'passivity' of the influence factors. Scenario-Software

helps to understand the system very quickly and enables users to focus on results and on their analysis when only little time is required to calculate and format them (fig. 3).

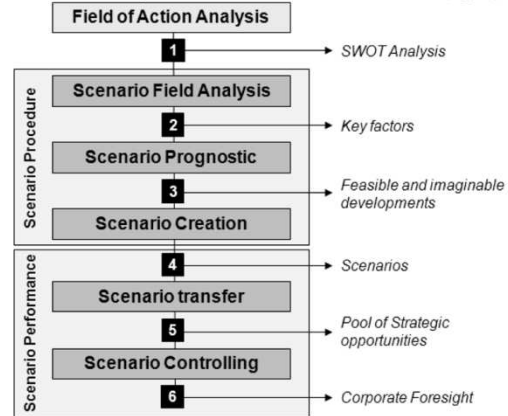


Fig. 2: Six steps to create Future Scenarios

Normally 12-20 key factors are sufficient depending on the degree of precision and accuracy and the significance of the resulting scenarios.

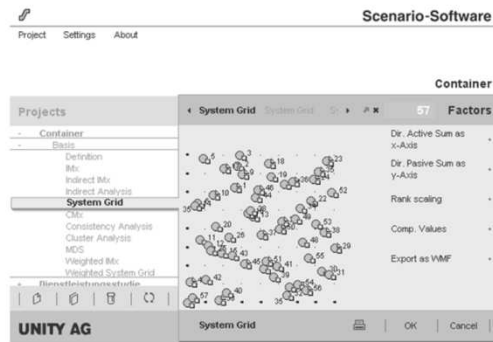


Fig. 3: Visualisation of System portfolio with Scenario-Software via Internet

SCENARIO PROGNOSIS - ANTICIPATION OF THE FUTURE

This is the most creative phase of scenario technique. Possible future developments have to be found for every key factor. Depending on the time horizon two to six future developments, so called future projections, should be found. Future projections are not only feasible but also imaginable developments – for the creation of scenarios every future projection has got the same occurrence probability. For example projections can be extrapolated

trends. More qualitative projections are those, which contain more than one dimension. The merit of the projections will define the quality of the scenarios.

A good example is population development as one key factor. At first there could be: Growth, decreasing and smooth decreasing. If those projections would be combined with other comparable – the scenarios would be called: *Growth, Decreasing* and *As is today*.

A better projection would also account for the available potential of specialists. That means the focus includes the migration. Automatically this would add up to three or four projections:

- Growth of domestic population & growth of migration – USA
- Growth of domestic population & shrinkage of migration – Africa
- Shrinkage of domestic population & growth of migration – Germany
- Shrinkage of domestic population & shrinkage of migration – “?”

It is advisable to use two dimensions or less as the complexity of further evaluations increases exponentially with every additional dimension.

For the later on scenario description every projection should be described by a few sentences. These descriptions should not show any interconnections to other projections, because they must be combinable to everyone. The scenarios consist of this text blocks.

SCENARIO CREATION – CONSISTENT FUTURE STORIES

After the look into the future, the projections will be evaluated against each other. The question is: Does this future development match the other projections or not? This is done in the consistency matrix.

Combinations containing such inconsistencies must be extracted. The result is a huge number of consistent combinations – also called rough scenarios.

Also on this stage Scenario-Software helps with cluster analysis to get the results. The results of these calculations are tables, which show the framework of scenarios like a DNA (Fig. 4). The required projections are marked and the scenarios are generated by the projection text – scenario in prose.

Keyfactor	Projection	Sc1	Sc2	Sc3	Sc4
KF 9 Environmental regulation	9A High number of regulations	0	0	0	100
	9B Low number of regulations	100	100	79	0
	9C Average number of regulations	0	0	21	0
KF 10 Human capital	10A Demand meets Supply	100	88	100	0
	10B Demand is not satisfied	0	12	0	100
KF 11 Location Germany	11A High and rising location costs	0	0	0	100
	11B Average location costs	86	94	63	0
	11C Attr. location costs despite high cost o. labour	15	6	37	0
KF 12 Development of economy	12A D as a successful part in global competition	5	6	0	0
	12B D as a key player in global competition	95	94	100	0
	12C D as looser in global competition	0	0	0	100

Fig. 4: Table of content of scenarios like DNA

Another way to present the scenario is ‘The Landscape of the Future’ (Fig. 5). This diagram shows scenarios grouped by similarity. The closer the scenarios

are the more similar they are. This diagram is generated with the method Multi Dimensional Scaling – MDS.

The last step is the naming of the scenarios. Every scenario gets a unique name. This step could be supported by the content of the scenarios. Another way is to look for interesting names, like cinema films or book title, which everyone knows.

SCENARIO TRANSFER – FROM SCENARIOS TO BUSINESS INNOVATION / ENGINEERING

The next step is the transformation of the environmental considerations into the company’s internal processes. The creation of the scenarios is finished. For their interpretation it is necessary to combine the Scenario Field and the Field of Action – the process of business engineering starts.

Every business option is reviewed and interpreted regarding the possible consequences caused by the scenario if it became reality. The Field of Action is then divided into fields of production, market development, products, services etc. This step can be called: “Pool Thinking of business options”.

Due to limited resources it is impossible to be prepared for all future events (scenarios) and hence, reference scenarios should be identified. All future projections are evaluated by how likely they are expected to happen. This can show the position of today in the diagram ‘Landscape of the Future’ (Fig. 5). The business should then be prepared for all scenarios closest to present trends and the scenarios most unlikely to occur can be neglected.

SCENARIO MONITORING - OBSERVATION OF WEAK SIGNAL

All key factors and their projections are indicators for the observation which should periodically question and reassess the choice of scenarios to be prepared for.

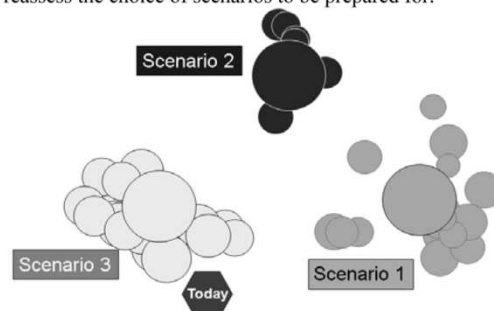


Fig. 5: Landscape of the Future with the position of perceived trends today

The process of scenario and strategy development is not a one-time process. The framework, the scenarios, the

key factors, the projections, the influence factors and all evaluations should be observed continuously as a so called corporate foresight.

Closing a remark is very important. The process of scenario generation was explained by future scenarios. The essential algorithms – interconnection and consistency with all visualizations are the basis to create a huge range of scenarios: Strategy, product, plant design, risk management and personal planning scenarios.

‘SCENARIO-SOFTWARE’

The Software for the strategic management process supports different planning horizons and different tasks [5]. The complexity of tasks could be structured, semi structured and unstructured [4].

The decisions for the company are separated into operational control, tactic and strategic decisions:

- The operational control layer manages the daily business
- The executive board or management layer controls the midterm tasks
- The strategic layer focuses on long-term goals

Scenario-Software covers a gap between all management support systems and expert systems.

The market of scenario software is very small and only a small number of suppliers are supporting this method. The following software supports Scenario Technique as best. Every user can access the application over the internet or set up a dongle for single desktop usage. The internet accommodates a very good framework for the scenario creation in teams. From every point of the world at any time the Software is accessible and single projects are available.

HOW TO ORGANIZE BUSINESS ENGINEERING

The utilisation of Scenario Technique is very manifold. In detail this paper will describe two main approaches. On the one hand a small group thinks about future business opportunities and threats over two or three days - **Scenario Workshop**. On the other hand there is a time frame from two up to six months for the **Scenario Project**.

SCENARIO WORKSHOP

Scenario workshops are a very good event to show customers what a company has planned for the future. In only a few days a common sense and understanding of future developments will emerge. The general conditions should be planned carefully and in great detail.

The location should be inspiring e.g. an old castle, a convent or a modern conference hotel. The most important thing is to minimise the disturbing influence of the daily business routine on the project for the duration of the workshop.

Participants: The number of participants should not exceed 15 as a heterogeneous team. The team should include persons, who have the authority to implement the results of the workshop and furthermore a participation of customers is desirable.

Preparation: A two day lasting workshop needs to be prepared. That means the participants should have enough time to think about the future without wasting time on research. Consequently a small team (e.g. two or three persons) prepares the workshop.

In the run-up to the workshop the main question should be clarified. The preparation team can pre-select factors and future developments. All research results will be subsequently collected in a structured workshop ring binder. All participants have to be equipped with the factor catalogue for their own preparation.

Agenda – Day 1 – Scenario Preparation: First step is the collection and discussion of all influence factors resulting in the catalogue of the 15 key factors. The reduction of all influence factors can be accomplished by an open vote or by utilising coloured glue dots.

In several small groups the participants think about probable future developments (projections). They record the results and present them to all participants. At last, the first day ends with the evaluation of the projections using the consistency matrix.

Agenda Day 2 – Business Innovation Development: The second day is needed for the interpretation of the future scenarios and the deduction of business engineering options. All scenarios should get a nick name, so that small groups are able to analyse the scenarios. The team members are to list all possibilities, chances and risks that could occur if the scenario became reality.

For each plenum all opportunities will be presented. Opportunities, chances and risks, which are presented repeatedly, are called ‘future robust’.

The result is an action plan with a clear time scale that contains a responsibility assignment for all tasks to be carried out in order to seize the business opportunities and to prevent the risks.

Post processing: Upon collecting all information of the groups the core workshop team edits the most important facts to a self-contained presentation, which will be distributed to all participants. Furthermore a summary for the management is necessary to give a short overview of the whole event.

Assets and Drawbacks:

- + Generation of future scenarios in a very short time frame.
- + Easy to involve heterogeneous groups into the process.
- No chance to interact with other persons out of the workshop team.
- Only a few iterations to identify the key factors and the future projections are doable due to time constraints.

Example: The University of Hannover – Institute of factory planning - invited to a three day lasting workshop “The future of thin sheet – changing of factory plants”. Academics, experts in the field of automotive industry and its component suppliers, as well as in the field of machine and plant manufacturing and scientists attended this workshop.

The main questions were:

- What are the future technologies / trends in logistics?
- What will happen in case of decentralisation of intelligence to the logistic systems?
- What kind of influence on the future do we have within the next 15 years?
- Deduction of consequences and opportunities with the help of future scenarios.

The impact analysis of all influence factors generated system levers like: product life cycles, system indicators, like: supplier settings and interconnected factors like: production technology. After that the workshop identified future projections.

The scenario calculations show five future scenarios (e.g. “Boom for thin sheets” or “Hard time for the thin sheet industry”) and generated opportunities to react to these scenarios. The workshop was a part of a “Sonderforschungsbereich” collaborative research centre

SCENARIO PROJECT

A scenario project passes all phases, of Scenario Technique. The necessary effort to create scenarios depends on the desired results and their quality. For example if radical changes of the business are demanded, the scenarios need to be highly specified and detailed. Moreover it is advisable to create a multidisciplinary team and to consult selected experts.

The phase of looking for influence factors can be supported by an expert survey. Furthermore the identification of the future trends (projections) can be circumstantiated by a Delphi-Survey. This way every single step can be supported by research results.

The Scenario Project in comparison to the Scenario Workshop offers much more time to present the scenarios. The scenarios can be shown as stories, pictures (Fig. 6) or landscape of the future, comics or a newspaper of tomorrow. There are no boundaries of creativity in terms of the visualization of the scenarios.

The Business engineering should be supported by mock ups of new products or new ideas. That would help to create new business models or to identify future opportunities and threats.

Participants: The number of participants is not limited. The team composition in the different workshops in different scenario phases depends on the guiding question. But it is also wise to choose a heterogeneous team as earlier explained.

Customers: With this proceeding it is possible to involve customers at different stages. The most interesting stage is the Scenario Transfer. These projects should be visually driven. That means the rooms should have pictures of the special scenarios to create a beneficial environment for the familiarization with the scenarios (as only one example).

Organisation a project: The scenario process should have an own organisational structure. It is recommended to have a *core team*, a *steering committee* and a *workshop team*. The core team and the steering committee have special tasks. The core team should prepare all workshops (e.g. presentations, personal ring binders for all participants, preparation of all catalogues – influence and projection catalogue etc.). The documents must enable all workshop participants to speak about the results, without a long lasting research.



Fig. 6: Picture of the future – Example of emerging economy with social responsibility

The workshop team should consist of customers, management or persons who do not have much time to contribute to the scenario process. The steering committee should include team members from upper management who can decide, if the process is on track or not.

Example: The casting industry association (VDG) wanted to know, what the future options for member companies are – “Casting industry in Germany in 2010”. The project was founded by the ministry of work, qualification and social activities of North Rhine-Westphalia [4].

The project core team and also the workshop team were composed by an assistant lecturer of the University of Paderborn, one consultant in strategy and technology consulting (UNITY AG, Germany) and one member of the VDG. The steering committee consisted of more than 15 chief executive officers.

The main questions were:

- Analysis of the current situation by business-management methods
- Company cluster for different recommendations
- Future market scenarios

- Deduction of future business options in case of this scenarios
- Strategy to exploit the future chances

CONCLUSION AND OUTLOOK

Scenario Technique is a toolbox to look into the future. Moreover it is also a creativity technique and a method to create and communicate business opportunities. The structured and transparent way of scenario creation is very helpful to control the running strategy processes.

Within the fuzzy frontend scenario technique helps to structure, form and amplify the weak signals into communicable pictures and allows the involvement of customers and experts with the same importance.

Future research should focus on new methods of analysis of the complexity within the influence factor network. Furthermore the development of those scenarios should be created with the consideration of constrains, for example that a scenario should hold special future developments. And it would be interesting to see the consistent combinations to that.

REFERENCES

- [1] J. Gausemeier, A. Fink, "Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Model zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung", *Carl Hanser Verlag*, Munich, 1999.
- [2] K. Sontheimer, „Voraussage als Ziel und Problem moderner Sozialwissenschaft. in: Klages, H.: *Möglichkeiten und Grenzen der Zukunftsforschung*. Herder, Wien, Freiburg, 1970.
- [3] V. Grienitz, "Development of mechatronics a/c cabin systems", *1st international Workshop on Aircraft system technologies*, conference proceedings Hamburg, pp. 179-187, 2007.
- [4] J. Gausemeier, D. Bätzel, V. Grienitz, Die Zukunft der deutschen Gießereiindustrie – Szenariobasierte Entwicklung einer Branchenstrategie, *ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, vol. 6, pp. 336-342, 2002.
- [5] E. Turban, "Decision Support and Expert Systems, Management Support Systems", Prentice Hall, New Jersey, 1995.

A 4 [GBS10]

ZWF | SIMULATION UND MODELLIERUNG

Funktionale Modellierung für Produktionssysteme

Optimierung von Produktionssystemen mit Hilfe der Methode *GraFem*

Volker Grientz,
Sandra Baldus und
André-Marcel Schmidt, Siegen

Unternehmen stehen im Wettbewerb stets vor der Herausforderung, ihre bestehenden Produktionsprozesse optimieren zu müssen. Hierbei fällt das Augenmerk zumeist nur auf das gesamte Produktionssystem. Oft werden dabei allerdings die Subsysteme und deren Detailinformationen übersehen. Aus systemtheoretischer Sicht sind es aber gerade die Details, die Hinweise für eine nachhaltige Optimierung der bestehenden Prozesse geben, da ein Gesamtsystem durch wesentlich mehr Faktoren definiert wird, als die Summe seiner Einzelteile. Die funktional orientierte Modellierungsmethode *GraFem* beschreibt in diesem Hinblick die Produktionsprozesse auf grober, aber auch auf - und das ist der große Mehrwert - beliebig detaillierter Struktur mit Hilfe so genannter Elementarfunktionen. Jeder Produktionsschritt wird entsprechend seiner Funktion anhand von definierten Blockschaltbildern visualisiert. Die dabei möglichen Darstellungen decken Schwachstellen in den Wertschöpfungsketten auf und geben Hinweise für wirksame Optimierungsmaßnahmen. Darüber hinaus können verschiedene Fertigungskonzepte, beispielsweise mit differenzierten Automatisierungsgraden, modelliert werden.

Einleitung

Um im Wettbewerb erfolgreich bestehen zu können, müssen sich Industrieunternehmen heutzutage schneller denn je den sich stetig ändernden Marktbedingungen und Umgebungseinflüssen anpassen. Dies geschieht unter anderem durch die kontinuierliche Optimierung der Produktionsprozesse (Fertigung und Montage). Allerdings verleitet die tägliche Routine Unternehmen häufig dazu, ihre Prozesse weder wertschöpfend auszurichten, noch ergonomisch zu gestalten. Dies ist oft darauf zurückzuführen, dass Unternehmen ihre Prozesse nur im Ganzen und somit zumeist oberflächlich betrachten. Eine Untersuchung der kleinsten Prozessschritte auf funktionaler Ebene kann dieser Problematik entgegenwirken, da die Behebung kleinerer Schwachstellen im Prozess in Summe eine erhebliche Verbesserung herbeiführen kann.

Die Modellierung bestehender Prozesse bietet insgesamt eine etablierte und

erfolgsversprechende Möglichkeit zur Aufdeckung, Analyse und Beseitigung von Schwachstellen. In der Literatur existieren hierzu bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Modellierungssprachen, allerdings zumeist nur für die Abbildung und Optimierung von Geschäftsprozessen. Diese lassen aber in der Regel keine Modellierung des funktionalen Materialflusses in Kombination mit einer Darstellung des Informations- und Energieflusses zu. Auch mögliche Wertschöpfungsverluste bleiben unberücksichtigt. Insbesondere im Lichte des Lean-Management-Gedankens sollte die Vermeidung jedweder Verschwendungen, so genannte „Muda“, für jedes Unternehmen ein wesentliches Ziel hin zu einer effizienten Produktion darstellen.

Es wurden bereits erste Ansätze einer funktionalen Modellierungssprache in Verbindung mit der Modellierung von Material-, Energie- und Informationsfluss erarbeitet, allerdings fehlt diesen eine gezielte und systematische Betrachtung aller Flüsse in Kombination mit einer Dar-

stellung der Wertschöpfungsverluste sowie der Untersuchung ergonomischer Fragestellungen. Die grafische und funktional orientierte Modellierungsmethode *GraFem* stellt alle für eine Optimierungsanalyse wichtigen Inhalte in einer einzelnen Grafik dar. Hierzu zählen beispielsweise der Material-, Informations- und Energiefluss, die Wertschöpfungsverluste sowie die Potenziale und Schwachstellen innerhalb eines Prozesses. Das Aufsplitten von vollständigen Fertigungsprozessen in Sub-Prozesse und deren Visualisierung durch *GraFem* kann Unternehmen dabei unterstützen, ihre Prozesse besser zu verstehen, um diese in einem weiteren Schritt zu optimieren.

Überblick über die Modellierungssprachen in der Produktion

Prozessorientierte Managementansätze, wie z.B. das in den späten 1990er Jahren etablierte Business Process Reengineering sowie die Normenreihe

EN ISO 9000 ff., ließen den Bedarf an Prozessdokumentation steigen. Parallel dazu entstand eine Vielzahl von Prozessmodellierungssprachen, wobei grundsätzlich zwischen Geschäftsprozessmodellierung und Produktionsprozessmodellierung unterschieden wird.

Die meisten Geschäftsprozessmodellierungssprachen haben ihren Ursprung in der Informatik und wurden für spezielle Anwendungsfälle entwickelt. Daher sind sie zumeist ungeeignet, um Produktionsprozesse zu optimieren, da wichtige Informationen, wie z. B. Wertschöpfungsverluste, bei der Visualisierung nicht berücksichtigt werden können.

Die Fertigungsprozessmodellierung ist für die Optimierung bestehender Fertigungsprozesse wesentlich besser geeignet. Im Folgenden werden drei in der Literatur etablierte Ansätze kurz dargestellt.

Erster Ansatz

Einen ersten Ansatz liefern Kosturiak und Gregor, die ein Produktionssystem in ein Modell mit drei Teilsystemen (Bearbeitungs- bzw. Montagesystem, Materialflusssystem und Informationssystem) zerlegen [1].

Zu einem Bearbeitungs- bzw. Montagesystem werden nach Kosturiak und Gregor alle Einrichtungen gezählt, die eine Operation am Produkt durchführen. Dies können beispielsweise Maschinen, Werkzeuge und Vorrichtungen sein. Alle Förder- oder Förderhilfsmittel, die dem Lagern, Speichern, Transportieren, Bereitstellen oder Handhaben von Werkstücken, Werkzeugen, Spannzeugen, Messzeugen, Spänen und Hilfsstoffen dienen, werden dem Materialflusssystem zugeordnet. Hierzu gehören unter anderem Fahrzeuge, Verkettungseinrichtungen und Aufnahmeelemente. Alle notwendigen Einrichtungen zum Speichern, Verwalten, Bearbeiten, Versenden und Empfangen von Daten bzw. Informationen, welche zur Abwicklung des Fertigungsablaufs benötigt werden, können dem Informationssystem zugeordnet werden. Zu diesen Einrichtungen zählen neben anderen Rechner, Datenträger sowie Datenübertragungseinrichtungen [1].

Die Elemente dieser drei Teilsysteme werden in einem nächsten Schritt, wie in Bild 1 dargestellt, weiter in die drei Kategorien dynamische, stationäre und schnittstellenbildende Elemente untergliedert. Während sich dynamische Ele-

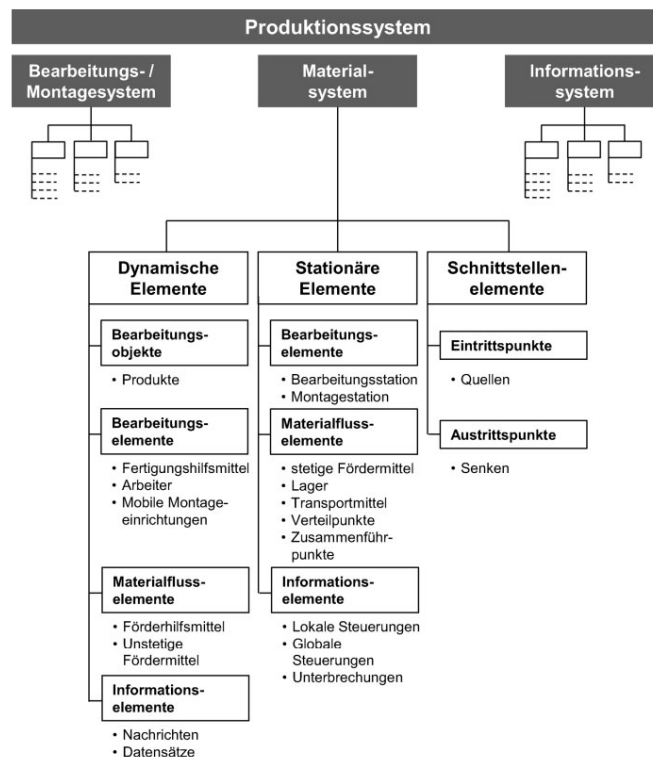


Bild 1. Die Teilsysteme eines Produktionssystem (nach [1])

mente im Zeitablauf durch das Modell bewegen und dadurch Zustandsänderungen des Systems auslösen, führen stationäre Elemente im Zeitverlauf Aktivitäten aus, wenn sie mit dynamischen Elementen in Kontakt kommen. Die dynamischen Elemente erhalten durch die Schnittstellenelemente die Möglichkeit, sich mit der Umwelt zu verbinden [1].

Der Ansatz von Kosturiak und Gregor eignet sich besonders gut, um die grundlegende Struktur eines Produktionssystems abzubilden. Allerdings fehlen diesem wichtige Elemente, die für eine detailliertere und somit exaktere Beschreibung eines zu betrachtenden Produktionssystems notwendig sind. Insbesondere findet der Faktor Mensch keine Berücksichtigung.

Zweiter Ansatz

Einen zweiten Ansatz zur Fertigungsprozessmodellierung liefert die von Wirth

aufgestellte Flusssystemtheorie. Diese geht davon aus, dass sich alle in einem Produktionssystem und einer Fabrik ablaufenden Prozesse als Flüsse und Flusssysteme projektieren und gestalten lassen [2]. Dabei werden insbesondere die materiell-technischen Beziehungen betrachtet, da diese zur Darstellung eines Produktionssystems von hoher Relevanz sind. Nach Wirth hat in diesem Zusammenhang ein Produktionssystem eine Grundfunktion (Produktionsaufgabe) zu erfüllen, welche sich aus unterschiedlichen Einzelfunktionen zusammensetzt. Für die Realisierung sind Prozessfolgen und ganze Produktionsprozesse als Funktionsketten zu entwerfen. Diese Funktionsketten können als Flüsse von Gegenständen - bestehend aus Material (Stofffluss), Informationen (Informationsfluss) und Energie (Energiefluss) - aufgefasst werden. Die Flussgegenstände können weiterhin nach ih-

ZWF | SIMULATION UND MODELLIERUNG

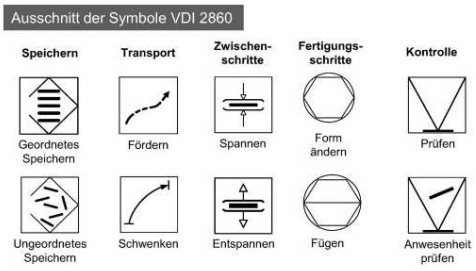


Bild 2. Ausgewählte GraFem-Symbole



rer funktionalen Ordnung gegliedert werden. Zur Realisierung einer Prozessaufgabe sind nach Wirth die drei Grundfunktionen *Transformieren*, *Speichern* und *Transportieren* nötig, welche durch eine entsprechende Symbolik und eine dazugehörige Definition beschrieben werden. Mit Hilfe dieser Grundfunktionen lässt sich ein Fertigungsplatz beschreiben, der sich durch Eingangs- bzw. Ausgangsspeicher vom nächsten Fertigungsplatz abgrenzt. Dabei besitzt jeder Fertigungsplatz zumindest einen eigenen Werkstückfluss sowie die dazugehörige Steuerung [2].

Der Vorteil dieses Ansatzes zur Fertigungsprozessmodellierung liegt in der Breite der Anwendungsmöglichkeiten, da er sowohl für die Analyse als auch für das Planen und Steuern eines Fertigungsplatzes geeignet ist. Des Weiteren lässt der Ansatz die Verknüpfung von mehreren Fertigungsplätzen zu [2]. Auch wenn der Ansatz nach Wirth eine gute Basis zur funktionalen Fertigungsmodellierung darstellt, liegt dennoch eine statische Sichtweise auf dynamische Prozesse vor. Jede Veränderung der Position eines Werkstücks nimmt Zeit in Anspruch und ist oftmals nicht effizient. Daher ist es problematisch, dass dieser Faktor in der Prozessdarstellung nach Wirth nicht berücksichtigt wird. Desweiteren gibt es keine Verbindung zwischen dem funktionalen Modell und der Prozesszeit, und es wird keine Übersicht gegeben, wie viele Werkstücke sich gleichzeitig im Prozess befinden. Auch Wertschöpfungsverluste, die im Prozess auftreten, finden in die-

sem Ansatz keine Berücksichtigung. Zudem lässt die statische Darstellung keine Analyse von Potenzialen und Schwachstellen zu, und Qualitätsaspekte werden nicht berücksichtigt. So ist beispielsweise nicht festgelegt, welchen Weg ein Werkstück nimmt, wenn es nicht die festgelegten Qualitätsanforderungen erfüllt.

Dritter Ansatz

Neben den beiden zuvor angeführten Ansätzen zur Fertigungsprozessmodellierung bildet die VDI-Richtlinie 2860 als dritter Ansatz eine wesentliche Basis der neuen Methode *GraFem*. Diese Richtlinie liefert zunächst eine eindeutige Einordnung, Abgrenzung und Definition des Handhabens und seiner Teilfunktionen

[3]. Die Teilfunktionen des Handhabens bestehen aus Speichern, Mengen verändern, Bewegen, Sichern und Kontrollieren. Diese Teilfunktionen werden wiederum in Elementarfunktionen und zusammengesetzte Funktionen untergliedert. Jeder Funktion werden ein Symbol sowie eine Definition zugeordnet, sodass aus der Vielzahl der Symbole eine überschaubare Darstellung einer Aufgabenstellung erfolgen kann. Hierbei besteht die Möglichkeit, den Detaillierungsgrad der Darstellung zu variieren und die Symbole durch Kenngrößen sowie quantitative Angaben zu ergänzen [3].

Auch wenn die VDI-Richtlinie 2860 die Basis für die neue Methode *GraFem* bildet, so ist sie in ihrer praktischen Anwendung sehr begrenzt. Zum einen werden weder Energie- und Informationsflüsse, noch Wertschöpfungsverluste in der Darstellung berücksichtigt. Desweiteren gibt es keine logischen Operationen, wodurch beispielsweise Qualitätsentscheidungen (Werkstück in Ordnung, Werkstück nacharbeiten, Werkstück in den Ausschuss) bewertet werden können.

Modellierung mit GraFem

GraFem ist eine grafisch orientierte und funktionale Modellierungsmethode für Produktionssysteme. Sie wurde entwickelt, um einen neuen Ansatz zu liefern, der sowohl Energie-, Informations- und Materialflüsse als auch Wertschöpfungsverluste in einer Grafik abbilden kann. *GraFem* verwendet hierzu die Symbole der VDI-Richtlinie 2860 kombiniert mit neuen Symbolen, wie sie ausschnittsweise in Bild 2 mit ihrer dazugehörigen Semantik



Bild 3. Grundlagen zur Wandelbarkeit von Fabriken [5]

dargestellt sind. Die Symbole werden in folgende fünf Gruppen eingeteilt:

- Speichern,
- Transport,
- Zwischenschritte,
- Fertigungsschritte und
- Kontrolle.

GraFem erweitert die Symbole der VDI-Richtlinie 2860 durch zusätzliche Informationen. Beispielsweise muss angegeben werden, ob es sich um Hand- oder Maschinenarbeit handelt. Aber auch der Ordnungszustand des betrachteten Werkstücks kann bei Interesse jedem Symbol zugeordnet werden. Desweiteren enthält die Methode logische Operationen, die es ermöglichen, Werkstücke in Abhängigkeit einer Entscheidung unterschiedlichen Prozesszweigen zuzuführen. Dies kann beispielsweise nach einer Qualitätsprüfung der Fall sein, bei der es die Möglichkeiten *Werkstück in Ordnung, Werkstück nacharbeiten oder Werkstück in den Ausschuss* gibt.

Jeder einzelne Produktionsschritt, welcher durch ein GraFem-Symbol dargestellt wird, kann zu einer Reihe von Produktionsschritten zusammengefasst werden, welche aneinandergereiht einen vollständigen Prozess abbilden. Weiterhin unterstützen Fotos des ausgewählten Prozessbereichs, die unter den GraFem-Symbolen angeordnet werden, die Übersichtlichkeit und das Prozessverständnis.

Ziele der Methode

GraFem ist eine Visualisierungsmethode, die Prozesse in einer für die Zielgruppen verständlichen und nachvollziehbaren Art und Weise darstellt. Hierdurch wird ein ganzheitliches Verständnis für das Produktionssystem sowie für die mit den Prozessen in Verbindung stehenden Potenziale und Schwachstellen gewährleistet. GraFem ist dabei an keine Fertigungsart (Groß- oder Kleinserie) gebunden. Es können alle Fertigungsprozesse nachhaltig optimiert werden. Zielunterstützend ist hierbei weiterhin die Aufdeckung von Wertschöpfungsverlusten sowie von Schwachstellen im Material-, Informations- und Energiefluss.

Die Anwendungsszenarien der Methode GraFem sind vielfältig. Das Umfeld, für das sich die Methode im Besonderen eignet, wird im Abschnitt *Grenzen der Methode* erläutert. Desweiteren unterstützt sie die Wandlungsfähigkeit von Fabriken hinsichtlich diverser Arten der Wandlungsfähigkeit und zeitlicher Dimensionen (Bild 3).

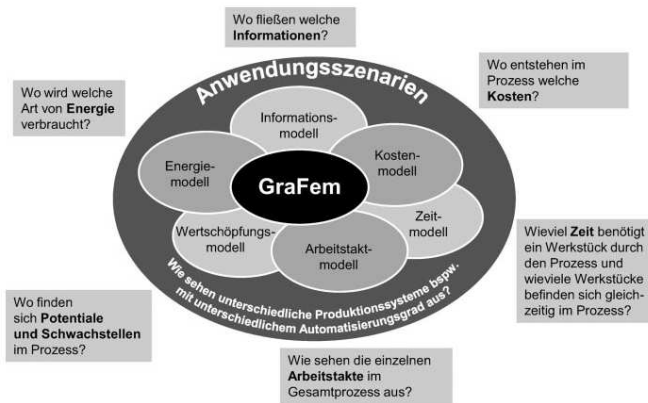


Bild 4. Perspektiven der „GraFem“ Modellierung mit beispielhaften Fragestellungen

In jedem Anwendungsszenario werden dabei verschiedene Modelle mit ihren typischen Fragestellungen betrachtet. Diese Perspektiven sind in Bild 4 zusammenfassend dargestellt.

Das Arbeitstakt- und Zeitmodell betrachtet die Zeit, die ein Werkstück benötigt, um den gesamten Prozess zu durchlaufen. Hierdurch lässt sich visualisieren, wie viele Werkstücke sich zu einem bestimmten Zeitpunkt im Prozessablauf befinden. Dies ist ebenso die Basis für weitere MTM-Studien (Methods Time

Measurement), da viele Produktionssysteme häufig mithilfe des MTM-Systems geplant werden [4].

Dem Energiemodell werden folgende Verbräuche zugeordnet:

- elektrische Energie,
- Pressluft,
- industrielle Gase,
- Licht und
- sonstige Energien.

Das Informationsmodell beinhaltet die Erfassung des Informationsflusses beispielsweise hinsichtlich PPS (Produkt-

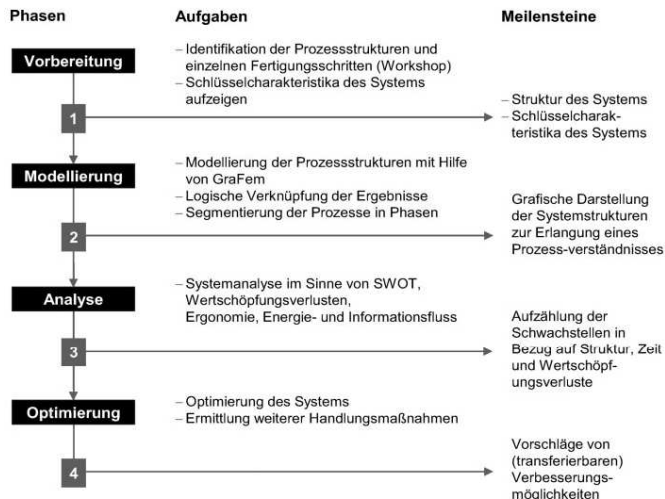


Bild 5. Die vier GraFem-Stufen

ZWF | SIMULATION UND MODELLIERUNG

tionsplanung- und Steuerung) Maschinensteuerung und BDE (Betriebsdatenerfassung).

Das Wertschöpfungsmodell geht beispielsweise auf die Entstehung von Abgasen und dem damit verbundenen Aufwand der Absaugung, den Einsatz von Zusatzwerkstoffen, wie z.B. Schweißzusatzwerkstoffen, sowie auf die im Prozess auftretenden Schwachstellen und Potenziale ein.

GraFem dient allerdings nicht nur der Planung und Optimierung von Produktionsprozessen, sondern kann ebenso die Grundlage für die Anwendung in weiteren unternehmerischen Disziplinen darstellen. Hierzu gehört das Kostenmodell, welches es ermöglicht eine Prozesskostenrechnung auf Basis der modellierten Einzelprozesse durchzuführen.

Grenzen der Methode

Die Methode *GraFem* ist auf Grund der dargelegten Eigenschaften weniger für die Planung von neuen Fertigungsprozessen geeignet, als für die Modellierung und Analyse bestehender Fertigungsprozesse. Zwar ist eine Anwendbarkeit auf neue Fertigungsprozesse nicht generell ausgeschlossen, allerdings hat sich gezeigt, dass *GraFem* zum grundsätzlichen Verständnis beiträgt. Weitere Erfahrungen zeigen, dass *GraFem* einen wertvollen Beitrag für die Erstellung des Lastenhefts beitragen kann und dabei hilft, ein gemeinsames Verständnis des zukünftigen Produktionssystems zu erarbeiten.

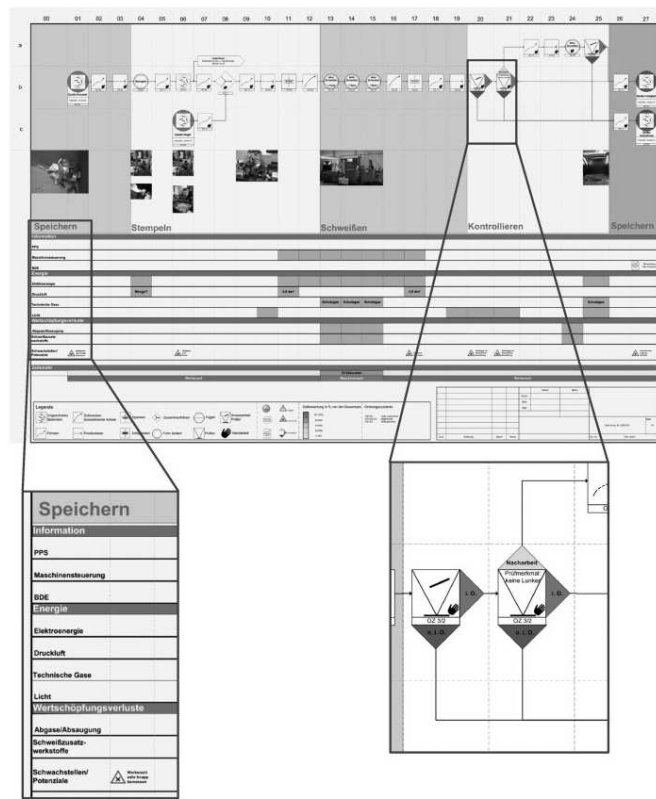


Bild 7. Beispiel einer vollständigen GraFem-Tapete

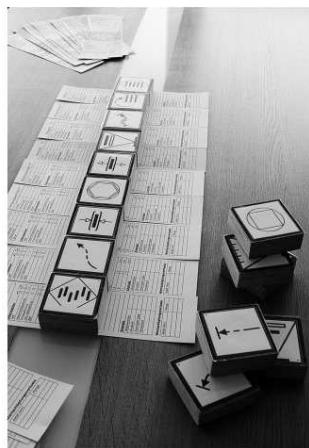


Bild 6. GraFem-Workshop-Set

Des Weiteren ist *GraFem* sowohl für die Modellierung sowohl einer Klein- als auch Großserienfertigung geeignet.

Die vier *GraFem*-Stufen

In der Durchführung ist die Methode *GraFem* durch Workshops geprägt und teilt sich in vier Phasen auf (Bild 5). Der Hauptworkshop in der ersten Phase sollte dabei im Sinne von "Go-to-Gemba" am Ort des Geschehens bzw. des zu optimierenden Produktionssystems stattfinden, also unmittelbar in der Fertigung. Auf diese Weise entstehen keine Verluste durch unnötige Laufwege, und alle benötigten Informationen können zeitnah in die Prozessaufnahme eingehen. Der *GraFem*-Prozess sollte zudem durch die Aufnahme von Fotos bzw. Videos begleitet werden. Hierdurch können insbesondere Schwachstellen bzw. wesentliche Prozes-

selemente identifiziert werden. In der ersten Phase werden die Schlüsselcharakteristika eines Prozesses mit Hilfe eines Workshop-Sets (Bild 6) aufgenommen.

Die Bestimmung der Elementarfunktionen erfolgt durch das Ausfüllen vorgedruckter Workshop-Karten (vgl. Bild 6). Darauf werden neben allgemeinen Informationen über das Werkstück, wie z.B. die äußeren Abmessungen, alle Flüsse aus dem Energie-, Informations- und Wertschöpfungsmodell festgehalten. Zudem erfassen die Karten den Ordnungszustand des Werkstücks sowie das *GraFem*-Symbol, welches in der anschließenden Modellierung dargestellt wird.

Phase 2 beinhaltet die grafische Darstellung durch die *GraFem*-Symbole inkl. der Material-, Informations- und Energieflüsse. Die Aussagekraft dieser Darstellung wird durch die Erweiterung um

Wertschöpfungsverluste, Potenziale, Schwachstellen sowie ergonomische Gegebenheiten unterstützt. Ebenso wird aus der Darstellung die zeitliche Inanspruchnahme einzelner Fertigungsschritte ersichtlich. In der dritten Phase wird das Gesamtmodell/-system analysiert, um in der vierten Phase eine Optimierung vornehmen zu können.

GraFem in der Praxis

Basierend auf dem Ablauf der vier Stufen wurde die Methode *GraFem* u. a. bei einem 2nd-Tier Automobilzulieferer validiert. Der betrachtete Fertigungsprozess lief unter Beteiligung einer hoch automatisierten Fertigungszelle ab – wobei der gesamte Fertigungsprozess einen Automatisierungsgrad von 0,38 aufwies. Dieser Wert gibt den durchschnittlichen Automatisierungsgrad aus der gewichteten Summe der Automatisierungsgrade aller möglichen Prozesszweige wieder. Dieser ergibt sich aus der Division der automatisierten Prozessschritte durch die Gesamtanzahl aller Prozessschritte.

In der ersten Phase wurden die Prozessstrukturen und Fertigungsschritte identifiziert. Die Erfassung der Prozesse wurde dabei durch die Aufnahme von Fotos und Videos unterstützt. Die zweite Phase, die Modellierung, hatte die Erstellung einer *GraFem*-Tapete als Ziel (Bild 7).

Als dritte Phase zeigte die Analysephase die Wertschöpfungsverluste und die Schwachstellen auf, aus denen Optimierungsempfehlungen für den Automobilzulieferer abgeleitet werden konnten. Identifizierte Schwachstellen waren beispielsweise die zu knapp bemessene Werkerzeit im Vergleich zur Maschinenzeit, der (ungeeignete) Lagerort und die zu lange Lagerdauer eines Werkstücks zwischen zwei Bearbeitungsschritten sowie die subjektive Beurteilung während der Qualitätskontrolle. Auf Grund der bereits sehr guten Prozessstrukturen konnten nur wenige Optimierungsempfehlungen für diesen Prozess gegeben werden. Dennoch konnte anhand dieses Beispiels die Anwendbarkeit von *GraFem* zur Prozessoptimierung aufgezeigt werden. Durch den Wechsel der Sichtweise auf ein einzelnes Werkstück hin zur Betrachtung von Maschinenzyklen konnten zudem die gleichzeitig im Prozess befindlichen Werkstücke identifiziert werden. Bild 8 stellt die im Sinne des „Arbeits-taktmodells“ vorliegende Sichtweise auf

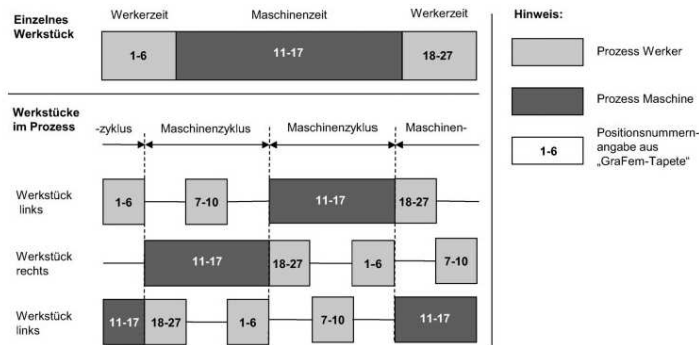


Bild 8. Vom einzelnen Werkstück zu Werkstücken im Prozess

ein einzelnes Werkstück sowie auf die Werkstücke im Prozess (Parts-in-Process) dar und verdeutlicht beispielsweise, dass die Handhabungszeiten des Werkers im Vergleich zur Maschinenzeit sehr knapp bemessen ist. Die Nummern in Bild 8 entsprechen den Positionennummern in der *GraFem*-Tapete. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass sich gleichzeitig drei Werkstücke im Prozess befinden. Es handelt sich hierbei um ein Produkt in zwei unterschiedlichen Ausführungen (linke und rechte Seite im Automobil). Im Detail bedeutet dies, dass ein linkes Werkstück vom drehbaren Werkzeugwechseltisch genommen wird, während das rechte Werkstück sich in der Bearbeitung befindet. Nach der Entnahme des ersten linken Werkstücks wird die Fertigungszelle sofort mit einem zweiten linken Werkstück beschickt. Ist der Bearbeitungsvorgang am rechten Werkstück beendet, dreht sich der Werkzeugwechseltisch um 180° und die Bearbeitung des linken Werkstücks beginnt.

Zusammenfassung

Die funktionale Modellierung von Produktionssystemen mit Fertigungs- und Montageprozessen erlaubt eine beliebig detaillierte Analyse von Produktionssystemen aus verschiedenen Blickwinkeln. Die Methode *GraFem* liefert somit einen wesentlichen Beitrag für die Planung, Analyse und Optimierung von komplexen Produktionssystemen.

Literatur

- 1 Kosturiak, J.; Gregor, M.: Simulation von Produktionssystemen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Wien 1995

- 2 Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb – Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2004
- 3 Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI-Richtlinie 2860 Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole. VDI-Verlag, Düsseldorf 1990
- 4 Christmansson, M.; Falck, A.-C.; Amprazis, J.; Forsman, M.; Rasmussen, L.; Kadefors, R.: Modified Method Time Measurements for Ergonomic Planning of Production Systems in the Manufacturing Industry. International Journal of Production Research 38 (2000) 17, S. 4051–0459

Die Autoren dieses Beitrags

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, geb. 1971, ist seit 2007 Inhaber der Juniorprofessur Industrial Engineering im Fachbereich Maschinenbau (Institut für Fertigungstechnik) an der Universität Siegen. Herr Grienitz studierte Wirtschaftsingenieurwesen Fachrichtung Automatisierungstechnik und promovierte zu dem Thema Technologieszenarien. Er verfügt über langjährige Führungs- und Praxiserfahrung und leitete mehrere Jahre den Competence Center Strategische Planung in der technologieorientierten Unternehmensberatung Unity AG. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Szenariotechnik, der Produktionssystemtechnik und dem Technologie- bzw. Innovationsmanagement.

Dipl. Wirt.-Ing. Sandra Baldus, geb. 1984, studierte nach der Ausbildung zur Industriekauf-frau Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Siegen und an der Växjö Universität, Schweden. Frau Baldus war von 2008 bis 2010 Mitarbeiterin der Juniorprofessur Industrial Engineering an der Universität Siegen. Seit Abschluss ihres Studiums ist sie Mitarbeiterin am Lehrstuhl Arbeitswissenschaft/Ergonomie an der Universität Siegen.

Dipl. Wirt.-Ing. André-Marcel Schmidt, geb. 1978, ist Mitarbeiter der Juniorprofessur Industrial Engineering an der Universität Siegen.

ZWF | SIMULATION UND MODELLIERUNG

Seine Schwerpunkte während des Studiums lagen in den Gebieten der Fertigungsplanung, -steuerung und -automatisierung, des Operations Research sowie des Controllings.

■ Summary

In competition with others, companies are continually faced with the challenge of optimizing their existing manufacturing processes. Unfortunately, the focus is typically drawn on the entire production system with other areas, especially the detailed system, overlooked. When

optimizing manufacturing processes, the systemic concept applies, as the overall system is much more than the sum of the parts. This means that the details, in particular, give an important indication for a sustainable optimization of existing processes. The function-oriented modeling method GraFem describes manufacturing processes not only on a coarse structure, but also in any detailed structure with help of so-called elementary functions. Each manufacturing step is visualized with help of block diagrams describing its function. In this context, different possible perspectives unco-

ver areas of weakness in the value chain and give recommendations for effective optimization measures. Based on these perspectives it is furthermore possible to model different manufacturing concepts such as with differentiated degrees of automation.

Den Beitrag als PDF finden Sie unter:
www.zwf-online.de
Dokumentnummer: ZW110430

A 5 [GB10]

International Journal of Innovation and Technology Management
©World Scientific Publishing Company

STRATEGIC PLANNING OF FUTURE PRODUCTS WITH PRODUCT SCENARIOS

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz

*Industrial Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11,
Siegen, 57068, Germany
volker.grienitz@uni-siegen.de*

Volker Blume

*Industrial Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11,
Siegen, 57068, Germany
Volker.grienitz@uni-siegen.de*

Manufacturing based corporations often find themselves confronted with complexities of increased pressures to innovate in order to ensure their comparative market positions. In order to react to various exogenous changes corporations need to develop strategies that match their manufacturing resources as well as products with the markets requirements. Product scenarios represent a holistic approach for managing innovation processes and technologies efficiently. The analysis through evolutionary algorithms for compatibility between and amongst the product structure segments provides the necessary information about their suitability. The resulting scenarios, roadmaps and regular monitoring processes are prerequisite for the managerial decision making process and the implementation of product and technology strategies.

Keywords: Product Scenarios, Scenarios, Evolutionary Algorithms, Monitoring, Scenario Planning

1. Introduction

The early recognition and visionary anticipation of technological potentials as well as the combination of technologies plays a vital role in a globalizing world that is characterized by the dynamics of increasing competitive pressure.

Various empirical studies have shown a correlation between the success of corporations and their efforts to enhance innovation [Berth (2003)]; [Harhoff *et al.* (2001)]. It has further been recognized that technological advancement significantly influences the innovation of processes and products. However, these opportunities also bear risks that decisively impact the subsistence of corporations. In order to strengthen and augment profitability and competitiveness of corporations it is important to creatively coordinate the dynamic interaction of corporate strategy, products and technologies [Itami and Numagami (1992)].

Coping with present and future challenges requires targeted coordination of numerous present technologies as well as the search for new technologies through the process of strategic product management. In this sense product management systematically analyses these potentials. However, in order to determine the success of particular technologies the analysis has to focus upon the interacting forces and effects of the technological and the social environment. Naturally, this enquiry is often based upon contemporary expertise. With the lack of knowledge about developments that lie ahead it should be our primary aim to minimize the factor of uncertainty within the product development process [Zahn

2 V. Grienitz, V. Blume

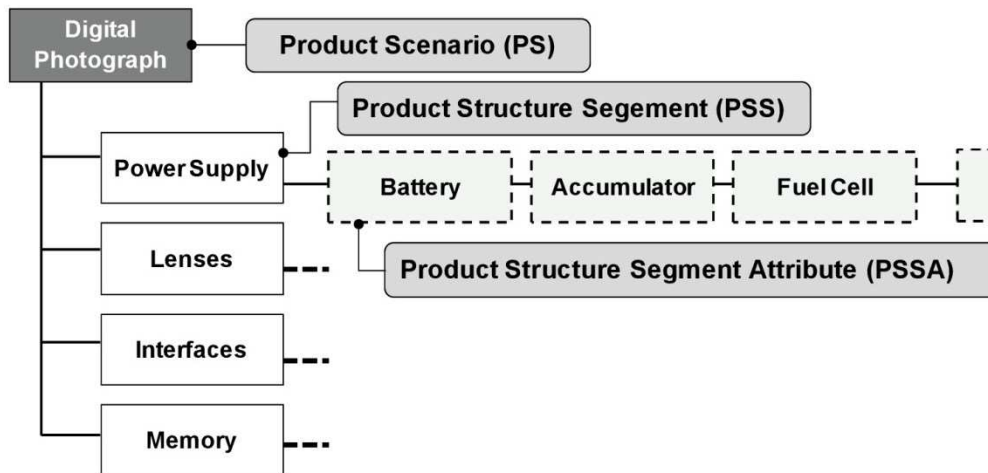


Fig. 1. Structure of Product Scenarios like a morphologic box

and Braun (1992)]. The Scenario-Method can thereby make a valuable contribution to the strategic planning of technologies [Geschka (1994)].

This paper is primarily focusing on products in the manufacturing and assembly industry.

2. Specification and purpose of Product Scenarios

Present literature outlines various definitions for the term Product Scenario [Paul (1996)]. For the remainder of this paper the following definition of the term will be used:

Generated Product Scenarios comprise coherent combinations of technologies, whilst simultaneously satisfying all conditional constraints (requirements and rules).

Product Scenarios thus represent product structures that allow the compliance of specific market demands. Fig. 1 illustrates the structure of a Product Scenario.

The framework of a Product Scenario (for e.g. a camera) incorporates Product Structure Segments (PSS) of technologies that represent the overarching structure of the Product. The specific attributes (e.g.: power supply, interfaces etc.) are referred to as a Product-Structure-Segment-Attribute (PSSA).

Future products in specific market segments (known as Product-Market Combinations) should be implemented via Scenarios. The sophisticated application of Product Scenarios has become increasingly more company specific with regards to the corporation's requirements. On one hand, particular know-how with respect to technologies may be considered, on the other strategic constraints and the ambition of technological market leadership may need to be factored in the Scenario.

Moreover it is to conclude that the fundamental tenor for the development of Scenarios is systems thinking that equally focus on socio-economic and political factors as well as technological components. This holistic interdependence is vital.

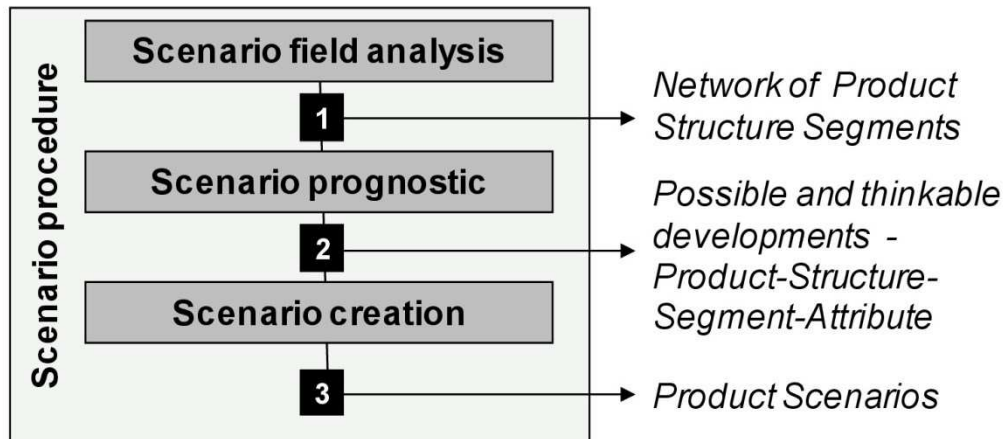


Fig. 2. Process Steps of Product Scenario Creation

3. New methodology for the creation of Product Scenarios

A comparison of current approaches suggests a particular need for a new methodological focus in the strategic planning process of products and scenarios.

The approaches in present literature seem unsatisfactory when they are examined for their adaptability to complex change and dynamics as well as their flexibility to react to the naturally occurring changes of the external environment.

The following section develops the methodology for the strategic planning of products through a structured life cycle approach illustrated by the means of an example from the photography industry. This approach rests upon an integrated and intuitive discourse that is supported through a software based application.

The process of developing Product Scenarios is structured into the following three phases (Fig. 2)

Scenario field analysis: The scenario field represents the product structure mentioned in Fig. 1. All Product Structure Segments (PSS) impact differently on the task at hand and are to be ranked by their behavior. For a reduction of complexity Scenario-Software is used and the evaluation is done by an influence and weight matrix.

The following system analysis gives an overview about which factors are drivers and which factors are indicators (system determinant – driver or driven). Two parameters are enough to describe the entire system - the ‘activity’ and the ‘passivity’ of the factors. The activity is calculated by accumulating the values listed in the lines of the impact matrix and the passivity is given by the sum of the values over the columns.

Scenario prognosis: This is the most creative phase of scenario planning. Possible future attributes have to be found for every Product Structure Segment. Depending on the time horizon two to ten future attributes, so called future projections, should be found. Future projections are not only probable but also thinkable or imaginable ones. For this scenario creation all future projections have got the same probability!

All projections can be listed like a morphologic box. Already at this point future product scenarios could derive. But those solutions would not be consistent ones.

Prod. Str. Segm. (PSS)		PSS Attribute (PSSA)	Sc1	Sc2	Sc3
Lenses	2 A	Single lenses	100	0	0
	2 B	Optical Zoom	0	0	82
	2 C	Digital Zoom	0	100	18
Memory	3A	Hard Disk	63	0	0
	3B	Flash Memory	37	55	100
	3C	USB-Stick	0	45	0
	3D	Floppy Disk	0	0	0
Power Supply	4A	Accumulator	85	0	37
	4 B	Batteries	5	6	0
	4 C	Manual Mode Dynamo	15	94	0
	4 D	Fuel Cell	0	0	100

Fig. 3. Attribute Allocation like DNA of each scenario

Scenario creation: After the look into the future, the projections will be evaluated against each other. The question is: Does a future segment attribute fit together with the other projections or not? This will be done by the consistency matrix. The consistent combinations will be evaluated by evolutionary algorithms explained some chapter later. The result is a huge number of consistent combinations – also called rough scenarios.

Also at this stage Scenario-Software helps to get the results. All combinations will be clustered and the result is a small number of scenarios. The results of these calculations are tables too, which show the framework of scenarios like a DNA (Fig. 3).

Another way to present the scenario is the landscape of the future (Fig. 5). This diagram shows the scenarios grouped by similarity. The closer the scenarios the more similar they are. This diagram is generated by multi dimensional scaling – MDS.

The last step is the naming of the scenarios. Every scenario should get a unique name. This step could be supported by the content of the scenarios. Another way is to look for interesting names, like cinema films or book titles, which everyone knows. The following chapter will describe the detailed development of the scenario.

4. Scenario creation with Evolutionary Strategies

There are several rules within the creation process:

- The product structure represents the construction and sequence of the Product Scenarios.
- The requirement profile (specification catalogue) defines key attributes and specifications that determine the ideal-profile. With this in place, direct comparisons of compatibility can be made between the technologies and the Ideal Profile.
- Further rules emerge from the occurrence of substituting technologies and their consequential requirements and conditions.

It should however be kept in mind that with the exception to the rules that particular cases offer or require the expansion as well as the possibility of not applying or substituting one or more of the remaining rules. Generally speaking, leading on from

Occam's razor, the principle that should apply when determining the rule framework, is to maximize the benefit of the Product Scenarios with a minimum amount of rules in order to allow sufficient and efficient scope for the scale of innovation [Schwefel (1977)].

Product scenarios are created through the combinations of technologies. In this step ancillary conditions laid out in the requirement profile have to be considered. One will soon realize that the divergence of objectives does not always make it easy to directly derive an optimal solution.

This section outlines the process of reasoning for the selection of the optimization process. Since the amount of auxiliary conditions can be numerous and since the optimization of local goals of optimization can not necessarily be accounted for as the total maximum or minimum it proves difficult to define an overall global optima's (solutions that meet all predefined requirements). Thus it is more important to have a solution driven strategy that focuses on the local optima from which specific Product Scenarios can be defined and selected [Rasenack (1998)].

The search for a solution is determined through a complete calculation of all aggregated combinations. This means that only six Product Structure Segments (PSS) with 10 Product Structure Segment Attribute (PSSA) result in 60.466.176 batches that have to be evaluated and audited. The level of complexity and the associated effort for the evaluations does not make this approach very practical.

The commonly applied Consistency- Analysis or Cross Impact Analysis can also not be drawn upon for the creation of Product Scenarios as these methods only consider future projections pair wise [Gausemeier *et al.* (1996)].

Table 1. Terminology of Evolutionary Strategy basic principles

Meaning	Relevance of Evolutionary Strategies	Product Scenarios
Individual	Structure (entails the relevant that constitute the solution)	Combination of Product Structure Segments (PSS)
Population (of Individuals)	Number of Structures (Solution Alternatives)	Number of product scenarios (PS)
Parents (μ)	Selected Individuals for the reproduction	For the selected reproduction PS
Parent	One reproductive individual	One reproduction PS
Fitness	Quality of solutions with regards to the target criteria	Value of the fitness function determined by the set of rules
Offspring, Children (λ)	Individual that stem from parent	PS generated from the parents
Generation		Process iteration
Mutation	Search operator that modifies an individual	Operator, modifying the characteristic of Product Structure Segment Attribute (PSSA)
Recombination / Crossover	Search operator that mixes all elements of the individuals	Operator that mixes several with one another

The paired results are insufficient, since they do not satisfy auxiliary conditions [Schwefel (1977)]; [Nissen (1994)]; [Nissen (1997)]; [Nissen (1998)] who introduce a wide ranging catalogue of solution strategies based on several optimization tasks. Having compared all present strategies with respect to their likelihood of convergence (referring to the local optima) the selection points towards the Evolutionary Strategies (ES). Other

processes of optimization show advantages with respect to the initial research time, however their likelihood of convergence is rather weak [Grienitz (2004a)].

With the application of ES it is possible to overcome numerous auxiliary conditions whilst being able to deliver a product-technology-bundle in the optimization process. These requirements are best met through natural analogical processes.

Evolution has shown that the living species of today, that emerged from a “long term experiment” (3 Billion years) [Rechenberg (1973)] have optimally adapted to the given environmental factors whereby less adaptable ones have been eliminated. Evolutionary theory has shown that the constant struggle and competition of species for resources and space has been the driving force for the changes and improvements of species and the populations. The results and knowledge derived from evolution, is the main focus of Bionics [Rechenberg (1973)].

Alongside the research field of bionics is that of evolutionary techniques or respectively- Evolutionary Algorithms (EA's). EA's are used in particular for the identification and optimization of particular processes [Nissen (1994)]. However both fields of research follow a common goal. They attempt to simulate the principles of evolution and apply its logic in an abstract way to complex problems of optimization.

Evolutionary algorithms imitate the primary principles of evolution: Multiplication (replication), alteration (variation) and choice (selection) on an abstract level [Nissen (1994)]. Evolutionary algorithms (EA's) differentiate themselves from conventional search and optimization methods through their close adaptation of natural terminologies. Thus they focus on the natural evolution process that is particularly advantageous for optimizations. The difference of deterministic and evolutionary algorithms is highlighted by the characteristics that the latter is simply based on chance and can be applied without any kind of constraints. In theory it is possible to use EA's universally [Weicker (2002)].

Rechenberg [Paul (1996)] defines evolutionary strategies as multi-applicable processes of optimization. They simulate strategies on an abstract scale, whereby the level of relative adaptation to the given environment determines their survival. The process and function is illustrated in a rather abstract way in Fig. 4.

Nissen [Nissen (1998)] describes the process as followed:

“One starts off with a frequent stochastically generated initial population of possible alternative solutions that are ranked to their ‘level of fitness’ accordingly. An interactive cycle generates repeatedly modified new suggestions for the old solutions. [...] In the process of creating offspring the information (solutions) from the parent generation is copied (replicated) and applied to several other outcomes such as mutations or crossovers that could determine solutions. The resulting offspring from this process is then given values and selected so that a new population is generated (selection for survival). It is thereby possible, that the parent generation could rival with their progeny for survival.”

Following the Evolutionary Strategy, the creation of product component and technology bundles “select and drop” (whilst considering the sequence) are comparable. According to the evolutionary strategy and the notation from Table 1, parents and children represent the outcome of the optimization cycle (generations). Children and parents represent intermediate solutions - so called product component and technology bundles.

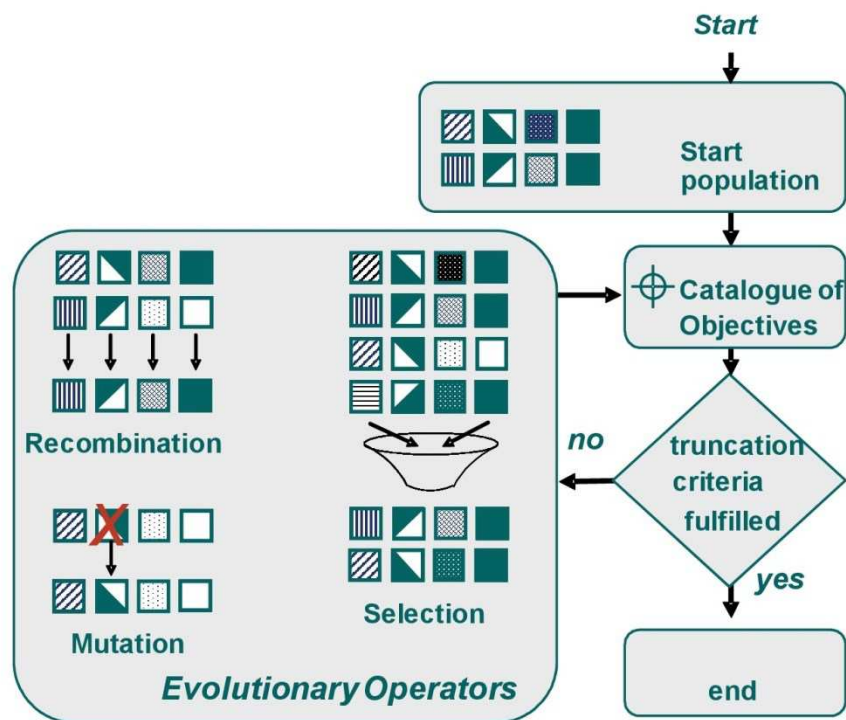


Fig. 4. Exemplary sequence of evolutionary generation of solutions [Grienitz (2004)]

The first step involves the identification of universal populations of technologies whereby first bundles are created following the scenario structure. This process is repeated until at least two technology-combinations (starting population) are generated.

The whole solution space is derived through the potential amount of possible combinations of technologies. It is assumed that all technologies are compatible with one another. The reality however shows that it is difficult to combine fundamental technologies. Additionally it should be kept in mind that previous parents or children narrow the space even though the production of children indirectly contains the universal population of technologies. This means that no child can be identical to one particular parent or other child.

Once the starting population is identified, the repetition of the three fundamental steps is carried out as follows:

- *Replication, Recombination and Mutation:* The parents are copied. Through the process of recombination or mutation new children are created [Nissen (1998)].
- *Ranking of a bundle (offspring):* Parents and children each represent bundles. These are evaluated and ranked according to their level of fitness [Grienitz (2007)].
- *Selection:* The level of fitness is the key indicator for the selection of parents and children. The selection determines which bundles will be kept for the next population (survival of the fittest). Parents and children are equitable (hold the same level of importance) when comes to the selection process. The new population then triggers the next step of iteration [Nissen (1998)].

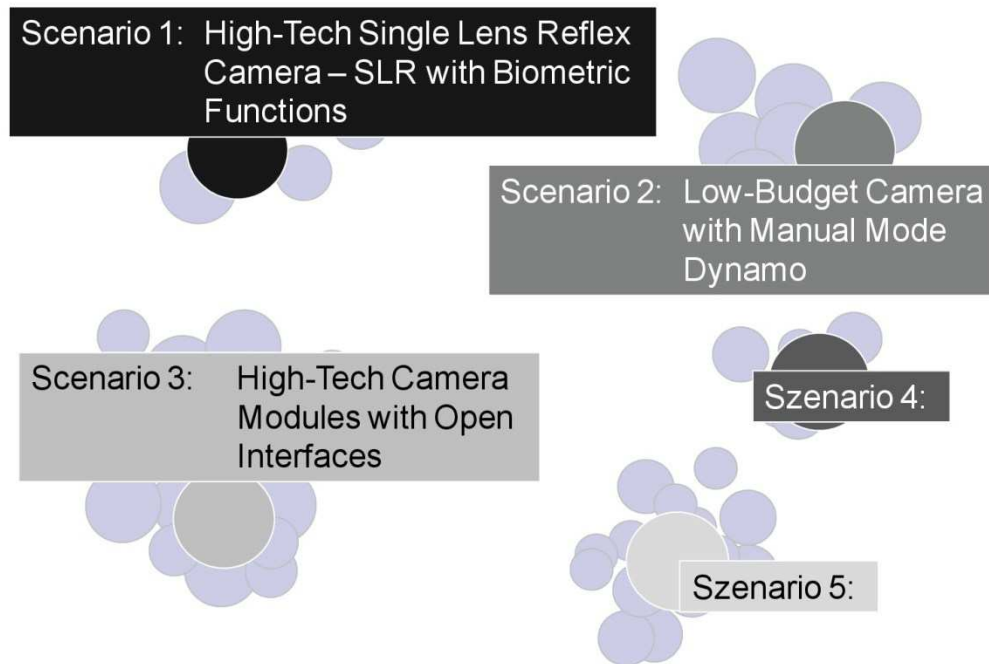


Fig. 5. Multi dimensional scaling – landscape of products

Iterations, the creation of solutions (generations of parents and children) are carried out until the changes in the target function are minimized and the target function itself will be maximized. The target function is measured by the value of fitness which determines how good the derived solutions match the respective requirements. The value of the target function is iterated until the threshold of a particular amount of generations (50 to 200) has been generated.

The adapted variations of the evolutionary operators should indicate whether or not the solution is based on a local maximum. Once the two indicators, one being the value of the target function and the other being a large number of generations, the search for a solution is completed. For the further processing or interpretation the children that were generated in the final round are to be used for visualization and Roadmapping.

The number (100-500) of solutions has to be merged, that there are a useful quantity of scenarios. This will be done by the statistical method - cluster analysis. Along the cluster process the comparable solutions (children of the evaluation process) will be grouped. Every group represents one scenario. At this point every PSSA will be counted, how often it is a part of this evaluate scenario. That calculation generates a table like Fig. 3.

In order to communicate and present the Product Scenarios, especially to people that were not involved at the stage of the development process, a map (visualization) of the future as a result of the Multi-Dimensional Scaling (MDS) illustrates the separation of the scenarios from one another.

Each bubble represents one possible product-structure-attribute-bundle whereby each cluster outlines one product scenario. Through the list of characteristics and attributes additional key aspects can be highlighted and added to the map.

From the overarching road map for all Product Scenarios, generally applicable development paths can be highlighted. Moreover, it is possible to identify stages of development for specific technologies. This means that for example two Product Scenarios use the same technology. Consequentially it is the maturity of the technologies that highlights possibilities for technological advancement.

5. Conclusion

This work defines Product Scenarios as coherent combinations of Product Structure Segment Attributes.

Our initial analysis has shown that there is yet no coherent methodology that allows a complete integration of the cycle of strategic product development nor do any of the existing methods provide a holistic judgment of technologies from a socio-economic, technical and ecological perspective.

The results of the evaluation and identification of constraints are coined in coherent Technology- Combinations (Product Scenarios) that are perfectly suited for the implementation of market requirements.

The process of strategic product planning is not a one-off analysis but should be undertaken regularly. The continuous observation of the environment will significantly support the results derived from the ranking (so called technology characterizations). This characterization represents an important tool for the early 'technological reconnaissance'.

Future research in the field should concentrate on the optimization of the Algorithm that is used for the creation of the product scenarios. Application of self adjusting strategy parameters could hereby accelerate the identification of the solution algorithm.

A process of self optimization could incorporate the changes that have emerged from the operators (recombination and mutation) in the evolution process automatically. The adjustments made for qualitatively high individuals are thereby stored so they can be used for further adaptations. The Strategy-Parameters are hereby subject to changes in the evolutionary operator. Such a procedure would give the opportunity for flexible and direct adjustments; however in certain cases control can be lost due to outside influences. [Weicker (2002)].

Fundamentally it is to say that this approach offers several opportunities for abstraction that can be integrated in existing approaches well beyond the management of products.

References

1. Berth, R. (2003). Auf Nummer sicher. Harvard Business Manager, Vol. 6, pp. 16-19
2. Geschka, H. (1994). Technologieszenarien – ein Analyse- und Planungsinstrument des Technologiemanagements. In: Zahn, E. (Hrsg.): Technologiemanagement und Technologien für das Management. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
3. Grienitz, V. (2004). Erschließen von technologischen Erfolgspotenzialen – Technologieszenarien in der Strategischen Technologieplanung. ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Nr. 9, 421-426.
4. Grienitz, V. (2007). Development of mechatronic a/c cabin systems, 1st international Workshop on Aircraft system technologies, Hamburg, conference proceedings p. 179-187

10 V. Grienitz, V. Blume

5. Grienitz, V. (2004a): Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. Paderborn, Universität, Dissertation, HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 154.
6. Gausemeier, J. *et al.* (1996). Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien. München: Carl Hanser.
7. Harhoff, D. *et al.* (2001). Innovationswege im Maschinenbau – Ergebnisse einer Befragung mittelständischer Unternehmen. Stuttgart: Stiftung Impuls.
8. Itami, H.; Numagami, T. (1992). Dynamic Interaction between Strategy and Technology. *Strategic Management Journal*, Vol. 13, pp. 119-135.
9. Nissen, V. (1994). Evolutionäre Algorithmen – Darstellung, Beispiele, betriebswirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten. Göttingen, Georg-August-Universität, Graduiertenkolleg, Dissertation.
10. Nissen, V. (1997). Einführung in Evolutionäre Algorithmen – Optimierung nach dem Vorbild der Evolution. Braunschweig: Vieweg.
11. Nissen, V. (1998). Einige Grundlagen Evolutionärer Algorithmen. In: Biethahn, J. (Hrsg.); Hönerloh, A.; Kuhl, J.; Leisewitz, M.-C.; Nissen, V.; Tietze, M.: Betriebswirtschaftliche Anwendungen des Soft Computings – Neuronale Netze, Fuzzy Systeme und Evolutionäre Algorithmen. Braunschweig: Vieweg.
12. Paul, M. (1996). Szenariobasiertes Konzipieren neuer Produkte des Maschinenbaus auf Grundlage möglicher zukünftiger Technologieentwicklungen. Paderborn, Universität, Dissertation, 1996, In: Gausemeier, J. (Hrsg.): HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 11.
13. Rasenack, W. (1998). Parametervariation als Hilfsmittel bei der Entwicklung des Fahrzeug-Package. Berlin, Technische Universität, Institut für Straßen und Schienenverkehr – Fahrzeugtechnik, Dissertation.
14. Rechenberg, I. (1973). Evolutionsstrategie. Stuttgart: Friedrich Frommann.
15. Schwefel, H.-P. (1977). Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie. Berlin, Technische Universität, Fachbereich Verfahrenstechnik, Dissertation.
16. Weicker, K. (2002). Evolutionäre Algorithmen. Stuttgart: Teubner.
17. Zahn, E.; Braun, F. (1992). Identifikation und Bewertung zukünftiger Technikrends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung. In: VDI Technologiezentrum (Hrsg.): Technologiefrihaufklärung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

A 6 [GH12a]

VPP2012 – W&P

Modellierung von Produktionssystemen unter Berücksichtigung von Kosten und prozessabhängigen Kennzahlen

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, Michael Hausicke
Universität Siegen – Institut für Produktionstechnik – Industrial Engineering

Abstract

Die grafisch orientierte und funktionale Fertigungsmodellierungsmethode GraFem bietet durch ihre Vielseitigkeit, ein enormes Einsatzpotential zur Optimierung und Modernisierung von Produktions- und Fertigungssystemen. Ausgangsbasis ist dabei die GraFem-Tapete, in der das zu optimierende System durch grafische Symbole auf einem beliebigen Detaillevel beschrieben wird. Darin werden neben dem Materialfluss auch Wertschöpfungsverluste, Energie- und Informationsflüsse kontextbezogen abgebildet.

Eine Erweiterung der Methode ergänzt die einzelnen Flüsse, um den Kapitalfluss und die Abbildung von produktionsprozessspezifischen Kennzahlen. Dadurch wird der Ort der Datenentstehung für die Kennzahlen transparent, so dass die Mitarbeiter ein besseres Verständnis im Umgang mit dem Produktions-Controlling erlangen. Dies führt zu einer zusätzlich betriebswirtschaftliche ausgerichteten Analyse und Optimierung des Produktionssystems. Das bedeutet, dass die Optimierungsmaßnahmen ganzheitlich und somit auch aus strategischer Sicht vorgenommen werden können, um langfristig die Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

1 Einleitung

International ausgerichtete und schnelllebige Märkte sowie kürzere Produktlebenszyklen lassen den Wettbewerbsdruck auf Industrieunternehmen stetig wachsen. Nur wer früher als seine Konkurrenten auf die Veränderungen der Einflussbereiche (Kunden, Märkte und Technologien) reagiert, kann sich Wettbewerbsvorteile langfristig sichern. In der Praxis muss dies unter anderem durch die kontinuierliche Überwachung und Modernisierung der Produktionsprozesse erfolgen. Hierbei muss eine ganzheitliche Betrachtung der Fertigung erfolgen, dies bedeutet auch, dass auch die kleinsten Elemente berücksichtigt werden. Eine detaillierte Analyse auf funktionaler Ebene deckt auch kleinste Schwachstellen auf und trägt so zur maximalen Potentialausschöpfung bei. Die Beseitigung der aufgezeigten Schwachstellen kann mit den Tools des Lean Managements sehr gut erfolgen. Insbesondere die Summe der kleinen Optimierungen führt in laufenden Prozessen zu einer höheren Wertschöpfung und geringeren Verschwendung (kontinuierlicher Verbesserungsprozess - KVP). Dabei muss allerdings darauf geachtet werden, dass ein systematischer Ansatz bei Entwicklung von Handlungsmaßnahmen angewandt wird. Kleine Einzelmaßnahmen steigern zwar die Wertschöpfung, dies allerdings oft nur kurzfristig. Ein systematischer Ansatz stellt sicher, dass die Optimierungsmaßnahmen sich nicht konterkarieren und somit auch langfristig greifen.

Einen elementaren Bestandteil der prozessbetreffenden Informationen stellen die unterschiedlichen Kosten und Informationen dar. Eine verursachungsgerechte Erfassung dieser ist die Voraussetzung für eine transparente und erfolgreiche Unternehmensführung. Um einen kompakten und doch aussagekräftigen Überblick über die im Unternehmen ablaufenden (Produktions-) Prozesse zu ermöglichen, werden Prozessinformationen in Form von

 VPP2012 – W&P

Kennzahlen systematisch abgebildet. Doch um auf Basis dieser Kennzahlen konkrete Möglichkeiten der Effektivitätssteigerung abzuleiten, muss der Ursprung der kennzahlenbildenden Information bekannt sein. Gleiches gilt auch für den Kapitalfluss. Sowohl der Kapitalfluss als auch die Kennzahlen können durch die Modellierungsmethode GraFem visualisiert und mit einzelnen Prozessschritten in Zusammenhang gesetzt werden. Dies ermöglicht es die Prozessstellen zu identifizieren, die u.a. für eine Wertsteigerung bzw. -verlust verantwortlich sind. Ferner können die Modellierung der Kennzahlen die Prozessbereiche identifiziert werden, die bspw. die Prozessperformance maßgeblich beeinflussen.

2 Stand der Technik

In den vergangenen Jahrzehnten sind eine Vielzahl von Modellierungsmethoden für die unterschiedlichsten Bereiche und Anwendungen entwickelt worden. Vor allem die Modellierungsmethoden, die auf Basis von grafischen Elementen Prozesse abbilden finden immer mehr Akzeptanz unter den Anwendern (Rump, 1999). Dies beruht darauf, dass sie übersichtlicher und leichter zu verstehen sind, als die auf Basis von mathematischen Modellen. Der Großteil davon, bezieht sich auf die Modellierung von Geschäftsprozessen und wird oft zur Fertigungsmodellierung zweckentfremdet bzw. projektbezogen angepasst. Dies kann jedoch dazu führen, dass die Modelle soweit abgewandelt werden müssen, dass Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit darunter leidet. Außerdem muss bei jeder Modellierung zunächst die Methode überarbeitet werden. Dies führt zu erheblichen Mehrkosten und einem hohen Zeitaufwand. Eine Übersicht über die Modellierungsmethoden im administrativen und operativen Bereich wird in (Grienitz & Hausicke, 2012) dargestellt.

Dieser Sachverhalt führte zu dem Anspruch, eine neue Methode zu entwickeln, die speziell auf die Anwendung in Produktions- und Fertigungssysteme abgestimmt ist. Als Basis wurde dazu die VDI-Richtlinie 2860, die Flusssystemtheorie von Wirth und der Ansatz von Košturiak und Gregor, die ein Produktionssystem in mehrere Teilsysteme zerlegen herangezogen (vgl. Tabelle 1). Die entwickelte Methode heißt: *GraFem – grafische Fertigungsmodellierung*.

Tabelle 1: Modellierungsmethoden für GraFem

Autor	Zusammenfassung
Košturiak und Gregor (1995)	Beschreibung von Produktionssystemen mit der Hilfe von Teilsystemen und deren dynamischen-, stationären- und Schnittstellenelemente
VDI Richtlinie 2860 (1990)	Funktional-orientierte Modellierung von Produktionssystemen
Wirth (2004)	Interpretation von Produktionssystemen auf Basis der Flusssystemtheorie

Neben der grafischen Darstellung der Prozesse, ist die Darstellung von weiteren Informationen wie bspw. Kosten und Kennzahlen für die Prozessbeschreibung von besonderer Bedeutung. In der Fachliteratur sind unzählige Informationen zur verursachungsgerechten Kostenerfassung beschrieben. Allerdings beschäftigen sich nur wenige Ansätze mit der Darstellung der Kosten im Rahmen von Prozessmodellen. Eine Auswahl der Ansätze, die eine Einbindung von Kosten

VPP2012 – W&P

in den Prozessmodellen ermöglicht, ist mit einer kurzen Zusammenfassung in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Ansätze die eine Einbindung von Kosten ermöglichen

Methode	Zusammenfassung
LogiChain	Visualisierung von Geschäftsprozessen und Durchführung einer ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung. Prozesse und Prozessdaten (Zeiten, Kosten) können in einer integrierten Modellierungsumgebung hinterlegt werden (Hombergs & Riha, 2008)
Prozessmanager	Kostenanalyse und Szenariosimulation mit Benchmarking. Die Zuordnung der Kosten erfolgt von Kostenstellen zu Teil- und Hauptprozessen (Günter, 2003)
Aris Process Performance Manager	Bewertung, Analyse und Monitoring von Unternehmensprozessen. Modularer Aufbau und erweiterbar nach Baukastensystem (Scheer, Jost, Hess & Kronz, 2005)
Sycat	Datenbankbasiertes Tool, ermöglicht die Zuordnung von Arbeitsschritten, Kennzahlen und Verantwortlichkeiten auf mehreren Prozessebenen. Bietet eine Zeit – und Kostenerfassung, sowie die Möglichkeit einer Potenzialanalyse (Binner, 2007)

Für die grafische Darstellung von Kennzahlen in Prozessmodellen gilt das gleiche wie bei den Kosten. In der Fachliteratur werden mehrere Ansätze diskutiert, die eine grafische Darstellung von Kennzahlen und Performance-Werte ermöglichen. Vor allem die Anforderungen an Prozesskennzahlen und deren Herleitungen aus verschiedenen Perspektiven findet dabei Berücksichtigung. Die Implementierung in die Prozessmodelle wird dabei jedoch oft nur angedeutet (Vom Brocke, 2008; Minonne & Turner, 2012). Dies führt auch dazu, dass die Darstellung des Informations- und des Kapitalflusses vernachlässigt wird. Tabelle 3 zeigt eine Auswahl der Methoden, die bereits eine Einbindung bzw. grafische Darstellung der Kennzahlen ermöglichen.

Tabelle 3: Ansätze die eine Darstellung von Kennzahlen berücksichtigen

Methode	Zusammenfassung
Kennzahlensysteme	Herstellung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Kennzahlen durch hierarchische Anordnung (Kennzahlenpyramide) (Horváth, 2009; De Toni & Tonchia, 1996)
Omega	Darstellung von Geschäftsprozessen in Organisationseinheiten. Einbindung von Kennzahlen durch spezielles Symbol (Gausemeier, 2009)
SCOR	Bewertung von Lieferketten anhand definierter KPIs. KPIs werden modellimmanent berechnet (Supply Chain Council, 2008)
Mozart	Computergestützte automatische Berechnung und Modellierung von Kennzahlen auf Basis von Datenbanken (Abe, Jeng & Li, 2007)

 VPP2012 – W&P

User Requirements „Szenariobasierte Leistungs- und Einflussanalyse“ ermöglicht Notation computergestützte Ermittlung von Kennzahlen und deren Verbindung mit Prozessmodellen (Pourshahid, 2008)

3 GraFem

GraFem ist eine grafische und funktional orientierte Modellierungsmethode, mit deren Hilfe Produktions- und Fertigungssysteme beschrieben werden können. Entwickelt wurde diese Methode mit dem Ziel, den Materialfluss in Kombination mit den Energie- und Informationsflüssen sowie den Wertschöpfungsverlusten in einer Grafik abbilden und anschließend umfassend analysieren zu können. Dabei ist diese Methode an kein Fertigungssystem und -art gebunden und kann branchenübergreifend eingesetzt werden. Gleichzeitig ermöglicht sie, Produktionssysteme auf einem beliebig gewählten Detaillevel betrachten zu können (vgl. Abbildung 1).

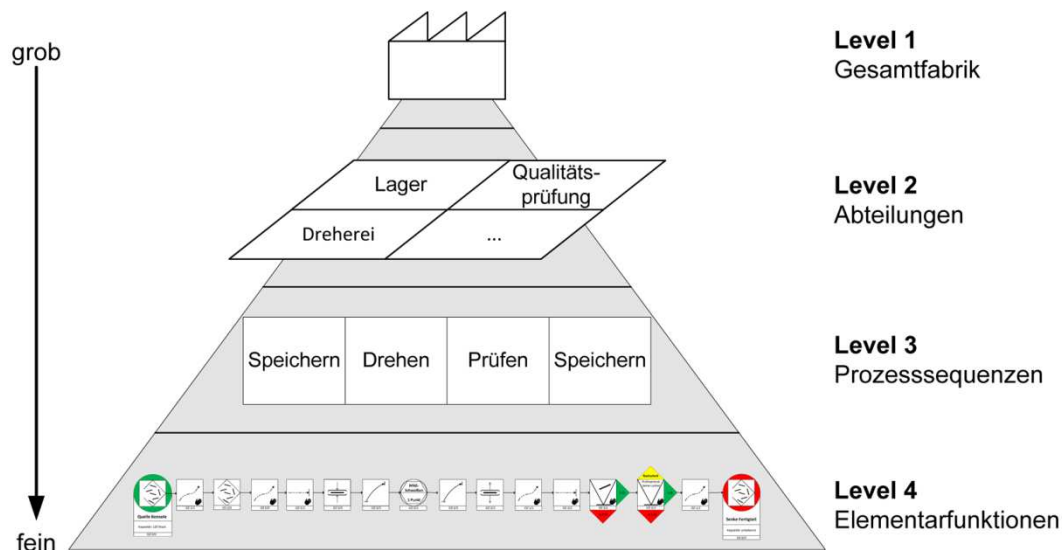


Abbildung 1: Auswahl an Detaillevel

Für die Modellierung des Materialflusses werden bei GraFem die Symbole der deutschen VDI-Richtlinie 2860 aufgegriffen und durch zusätzliche Symbole ergänzt (vgl. Abbildung 2). Dadurch können weitere Informationen dem Materialfluss hinzugefügt werden. Hierzu gehören bspw. Informationen, die manuell ausgeführte Prozessschritte betreffen. Neben diesen Symbolen können auch logische Operationen abgebildet werden. Dies ermöglicht bspw. die unterschiedlichen Prozesszweige nach einer Qualitätskontrolle darstellen zu können. Darüber hinaus kann bei Bedarf jedem Prozessschritt der Ordnungszustand des Werkstücks zugeordnet werden.

Durch die logische Verknüpfung der Symbole kann der gesamte Produktionsprozess grafisch abgebildet werden. Um allerdings ein systematisches Unternehmens- bzw. Prozessverständnis zu erlangen, werden weitere Informationen benötigt. Hierzu zählen unter anderem die Energie-

VPP2012 – W&P

und Informationsflüsse sowie die Wertschöpfungsverluste. Durch die Kombination aus Materials-, Energie- und Informationsfluss sowie den Wertschöpfungsverlusten in einer einzelnen Grafik, der „GraFem-Tapete“, kann ein solches Verständnis erzeugt werden (vgl. Abbildung 5). Jeder der darin abgebildeten Flüsse wird auf einer gesonderten Schwimmbahn dargestellt. In der GraFem-Tapete können zur besseren Übersicht einige Bereiche gruppiert und Fotos integriert werden. Die fertiggestellte GraFem-Tapete beinhaltet anschließend alle wichtigen Informationen und bietet somit eine wertvolle Grundlage für die innovative Optimierung des zugrunde liegenden Prozesses.

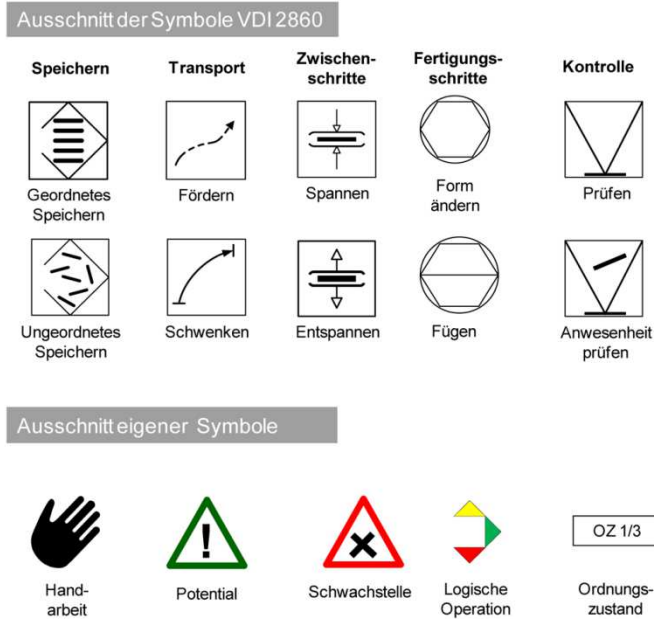


Abbildung 2: Ausgewählte GraFem-Symbole

3.1 Ziele von GraFem

Im Gegensatz zur Geschäftsprozessmodellierung müssen bei der Darstellung von Produktionsprozessen nicht nur die Abläufe logisch verknüpft und visualisiert werden. Vielmehr ist eine umfassende Darstellung von dem Prozess, den einzelnen Aktivitäten und den damit verknüpften Informationen erforderlich. Erst dadurch kann ein umfassendes Prozessverständnis erzeugt werden, um darauf aufbauend die Prozesspotentiale und -schwachstellen zu erkennen. Durch entsprechend hinterlegte Modelle kann ein Produktionssystem aus unterschiedlichen Perspektiven durchleuchtet werden. Darüber hinaus ist GraFem durch diese Modelle universell einsetzbar. Dabei wird darauf geachtet, dass trotz dieser Vielseitigkeit die Modelltiefe und die problemspezifische Aussagekraft nicht verringert werden.

Die in Abbildung 3 dargestellten Partialmodelle (Kosten, Zeit, Szenario etc.), helfen bei der nachhaltigen und erfolgreichen Modellierung der Produktions- bzw. Fertigungssysteme und darüber hinaus auch bei deren Optimierung. Die verschiedenen Modelle können in drei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe ist die „Konsumenten Gruppe“ und umfasst das Informations-, Energie- und Wertschöpfungsmodell. Zu der zweiten Gruppe, der „Zeit Gruppe“,

VPP2012 – W&P

gehört das Zeit- und Arbeitstaktmodell und die dritte Gruppe beinhaltet das gesamte Anwendungsszenario.

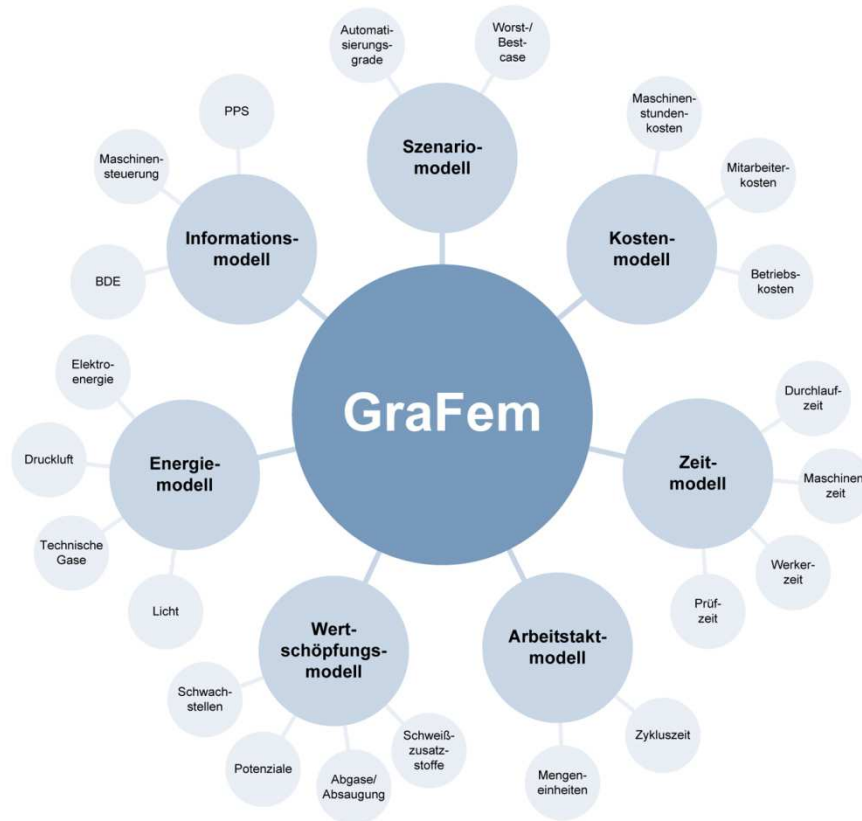


Abbildung 3: Partialmodelle von GraFem

3.2 GraFem-Vorgehensmodell

Die Anwendung von GraFem erfolgt in vier aufeinander aufbauenden Phasen, die überwiegend durch einen Workshop-Charakter geprägt sind (vgl. Abbildung 4). In der ersten Phase findet mit Hilfe des Workshop-Sets eine Identifizierung, der Struktur und der Schlüsselcharakteristika des Systems statt. Dies erfolgt am Ort des Geschehens im Sinne von „Go-to-Gemba“. Dabei wird der Prozessablauf durch den Einsatz unterschiedlichster Medien umfassend dokumentiert. Die dabei entstandene Dokumentation bildet die Grundlage für die zweite Phase. In dieser erfolgt die grafische Aufbereitung bzw. Erstellung des Modells. Als Hilfsmittel dient dabei bspw. das Visualisierungstool Microsoft Visio[®], in dem sämtliche GraFem-Symbole als Shapes hinterlegt sind. In der darauf folgenden Analyse (Phase 3) kann der Prozess sowohl insgesamt, als auch in Teileinheiten bis auf die unterste Ebene analysiert werden. Hierdurch können bspw. durch eine SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats)-Analyse die Stärken und Schwächen ermittelt werden. Mit Hilfe der in Phase drei ermittelten Stärken und Schwächen werden in der abschließenden Phase vier kurz-, mittel- und langfristige Handlungsmaßnahmen zur Optimierung bzw. Modernisierung des zugrundeliegenden Systems abgeleitet. Mit Hilfe der abgeleiteten Handlungsmaßnahmen kann anschließend ein wirtschaftlicher Produktionsprozess

VPP2012 – W&P

realisiert werden, der den aktuellen Marktanforderungen gerecht wird und somit gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens erhöht. Weiterhin kann das Vorgehensmodell von GraFem in einen KVP-Prozess integriert werden. Somit kann sichergestellt werden, dass der jeweilige Produktionsprozess stets auf dem aktuellen Stand der Technik ist und dadurch den Market Pull und dem Technology Push gerecht wird.

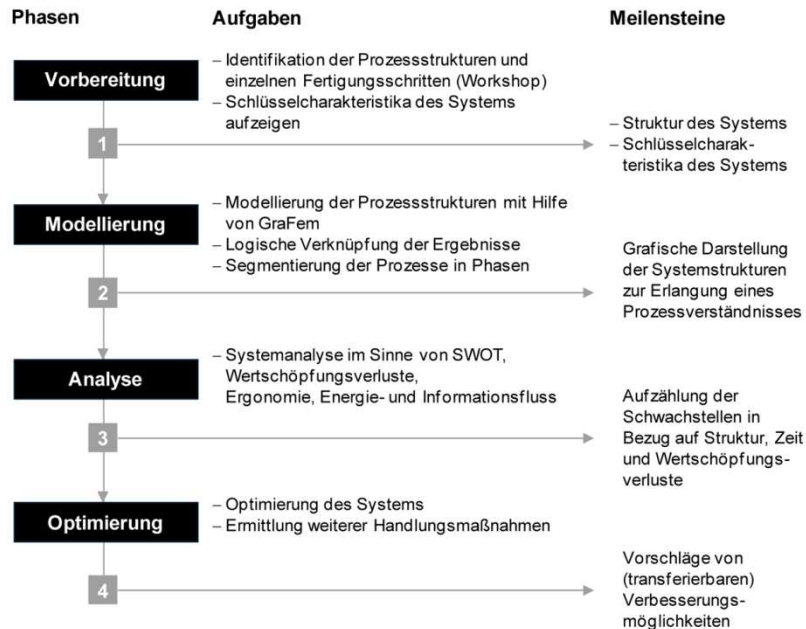


Abbildung 4: GraFem-Vorgehensmodell

3.3 Darstellung der Kennzahlen und Kosten auf der GraFem-Tapete

Die grafische Aufbereitung der Kennzahlen und Kosten erfolgt auf jeweils einer gesonderten Schwimmbahn. In der Kostenschwimmbahn kann die Entstehung und Entwicklung der einzelnen Kostenarten verfolgt werden. Dazu sind die Kostenarten in die vier Oberkategorien Mensch, Technik und Organisation untergliedert. Diese können nach Bedarf auch weiter untergliedert werden. Zu jedem Produktionsschritt werden dann die darin entstehenden Kosten abgetragen. Die Kostenschwimmbahn ist mit einer sogenannten Hitzegrafik hinterlegt. Durch diese werden die Prozessschritte farblich hervorgehoben, die hohe Kosten verursachen. Die Informationen zur Erstellung der Kostenschwimmbahn kommen idealerweise aus der Prozesskostenrechnung.

Durch die Einbindung und grafische Aufbereitung von Kennzahlen wird ersichtlich, in welchen Produktionsschritt Informationen bzw. Daten eingehen, entstehen oder rausgehen. Darüber hinaus kann dadurch der Weg dieser Informationen detailliert verfolgt werden. Das heißt, wo kommen diese Informationen her, in welche Produktionsschritte gehen diese ein, mit welchen Daten werden sie angereichert bzw. aufbereitet und wohin werden sie anschließend wieder übermittelt. Die Einbindung der Kennzahlen hilft vor allem die Prozessschritte zu identifizieren, die einen hohen Kommunikationsbedarf besitzen. Dies ermöglicht nicht nur den zielgerichteten Einsatz von Lean Management Maßnahmen wie bspw. Andon. Es werden gleichzeitig auch die

VPP2012 – W&P

wichtigen betrieblichen Schnittstellen identifiziert, die darüber hinaus ggf. Optimiert werden können.

4 Anwendungsbeispiel

Die Evaluierung über die Einbindung der Kennzahlen und Kosten erfolgte bei einem mittelständischen 2nd-Tier Automobilzulieferer. Im Mittelpunkt der GraFem-Anwendung stand dabei der Produktionsprozess einer Kunststoffspritzguss Blende für den KFZ-Innenraum. Diese Blende besteht aus einer Dekorfolie, welche mit Kunststoff hinterspritzt wird. In einem anschließenden Montageprozess wird die Blende mit zwei weiteren Bauteilen zu einer Baugruppe verschweißt und versandfertig verpackt.

Der Produktionsprozess ist wie folgt aufgebaut. Die Rohmaterialien, Granulat und Folie, werden separat gelagert und automatisch zur Maschine transportiert. Der zweite Subprozess nach der Speicherung ist das Spritzgießen. Dieses beinhaltet den Verarbeitungsvorgang sowie den Transport zum Arbeitsplatz des Werkers. In dem dritten Prozessteil, dem Kontrollieren, prüft der Werker das Werkstück auf Form und Oberflächengüte und entgratet es. Dem Kontrollieren schließt sich das Heißnieten an. Dieses umfasst das Zusammenführen des Dekorteils mit den anderen Bestandteilen der Baugruppe, sowie deren Positionierung im Heißnietautomaten. Nach dem pneumatischen einspannen, verschweißt er die Niete und entspannt die fertige Baugruppe. Im fünften Subprozess, der erneuten Kontrolle, entnimmt der Werker das Teil und prüft, ob alle Schweißpunkte ordnungsgemäß gesetzt wurden, sowie den Gesamtzustand der Baugruppe. Vor dem abschließenden, geordneten Speichern wird ein automatisch gedrucktes Identifikationslabel entnommen und aufgeklebt.

In der ersten Phase des Projekts wurden zunächst alle Schlüsselcharakteristika und die Prozessstrukturen für die Blendenproduktion identifiziert. Ergebnis dieser Phase war, dass in diesem Produktionsprozess 28 einzelne Prozessschritte vorhanden sind, die in sieben Prozesssequenzen eingeteilt werden können. Bis auf vereinzelte Schritte wird dieser Prozess überwiegend durch manuelle Tätigkeiten ausgeführt. Dies spiegelt sich auch in dem geringen Automatisierungsgrad von 40% wieder. Hierbei wurden alle automatisch ausgeführten Produktionsschritte durch die Gesamtanzahl der Prozessschritte dividiert. Darüber hinaus beinhaltet diese Phase die Identifizierung der Prozessabhängigen Kennzahlen und der verschiedenen Kostenarten.

Auf Basis des erweiterten Modells konnten in der Analyse einige Potentiale und Schwachstellen identifiziert werden und Handlungsempfehlungen für den Produktionsprozess und das Unternehmen abgeleitet werden. Auf der Prozessebene war der große Anteil an manuellen Tätigkeiten problematisch. Durch die manuellen Tätigkeiten, wurde oft die nach dem Spritzguss noch sensible Oberfläche des Bauteils beschädigt. Durch die Oberflächenfehler war das Bauteil irreparabel beschädigt und führte somit zwangsläufig zu Ausschuss. Sowohl das Entgraten als auch Teile des Handlings lassen sich mittelfristig gut automatisieren. Weiterhin konnte aufgezeigt werden, dass kennzahlenrelevante Informationen vor allem bei maschinellen und Kontrollschritten relevant sind. Bei den manuell ausgeführten Aktivitäten wurden allerdings nur wenige Informationen bzw. meistens sogar gar keine Informationen erfasst. Dies führte dazu, dass bspw. im Falle von erhöhtem Ausschuss nicht schnell genug reagiert werden konnte.

VPP2012 – W&P

Diese Schwachstelle konnte durch eine elektronische Datenerfassung behoben werden. Durch diese kann kurzfristig auf den erhöhten Ausschuss reagiert und die damit verbundenen Kosten gesenkt werden. Die Kostenbetrachtung zeigte darüber hinaus, dass durch die Nutzung von Einweg-Gefachen mittel- bis langfristigen eine hohe Verschwendung stattfindet. Durch die Nutzung von standardisierten Kleinladungsträgern konnten diese Kosten maßgeblich reduziert werden.

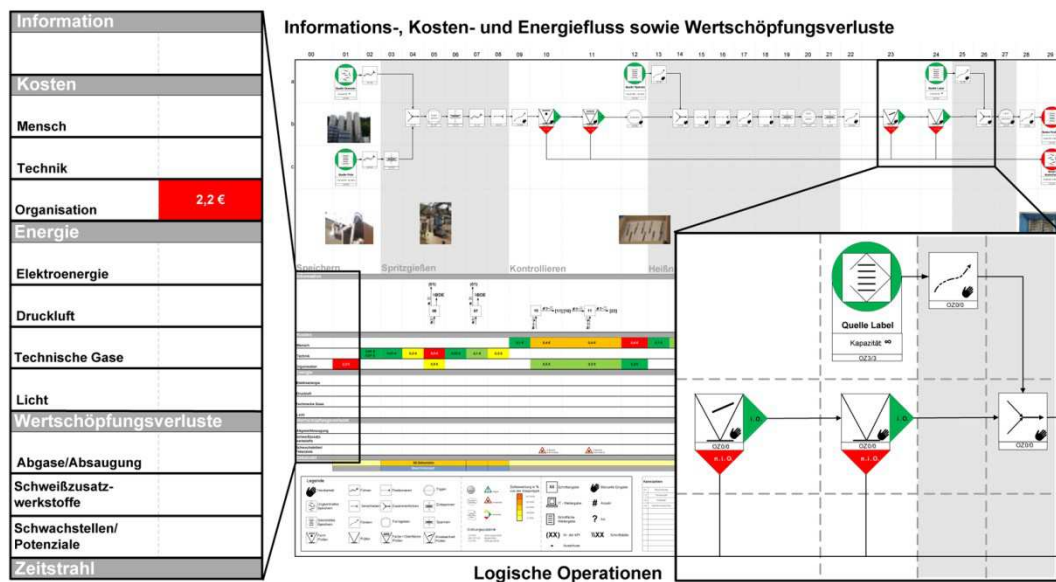


Abbildung 5: GraFem-Tapete

5 Fazit

Die vorgestellte Einbindung von Kennzahlen und Kosten zusammen mit dem Produktionsprozess, trägt zu einem umfassenden und systematischen Prozessverständnis über alle Hierarchieebnen im Unternehmen bei. Gleichzeitig zeigt sich, dass ein Mix aus unterschiedlichen Detaillevels bei der Modellierung des Materialflusses sowie den Kennzahlen und Kosten sinnvoll ist. So können bspw. Kennzahlen auf jeden Prozessschritt bezogen oder aber auch übergeordnet für den Gesamtprozess dargestellt werden.

Ein wesentlicher Vorteil ist die übersichtliche und nachvollziehbare Präsentation. Diese erleichtert die Optimierung eines Produktions- bzw. Fertigungsprozesses im Unternehmenskontext. Im Gegensatz zu einer „klassischen“ Modellierung in einem Flussdiagramm lassen sich aus der GraFem-Abbildung einzelne Punkte isolieren, ohne dass weitere Daten aufbereitet werden müssen. Dies macht den direkten Bezug von Daten auf die Prozessschritte möglich.

 VPP2012 – W&P

6 Literaturverzeichnis

- Abe, M.; Jeng, J.-J.; Li, Y. (2007). A Tool Framework for KPI Application Development. In Cheung, S. C. (Hrsg.), Tagungsband *ICEBE 2007 IEEE International Conference on e-Business Engineering*. Hong Kong, S. 22-29.
- Binner (2007). Sycat – Produktportfolio. Dr. Binner Consulting & Software, Hannover.
- De Toni, A.; Tonchia, S. (1996): Lean organization, management by process and performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 16; S. 221–236.
- Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C. (2009). Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung - Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Hanser, München.
- Grienitz, V.; Baldus, S.; Schmidt, A.-M. (2010). Funktionale Modellierung für Produktionssysteme: Optimierung von Produktionssystemen mit Hilfe der Methode GraFem. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 105 (11), 984–989.
- Grienitz, V.; Hausicke, M. (2012). Development of Process Innovations with "GraFem". Tagungsband: *International Symposium on Methods and Strategic Management*, TU Chemnitz.
- Günter, M. (2003). IT-gestütztes Prozesskostenmanagement als Basis Effizienter Unternehmensanalyse Kostentransparenz durch den PROZESSMANAGER. In *Controlling & Management*. Volume 47, Supplement 2, S. 40-47.
- Scheer, A.-W.; Jost, W.; Hess, H.; Kronz, A. (2005). Corporate Performance Management - ARIS in der Praxis. Springer. Berlin.
- Homberts, J.; Riha, I. (2008). Softwareauswahl für den Einsatz von Cost Benefit Sharing in Logistiknetzwerken. Technical Report 08001. Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik IML, Dortmund.
- Horváth, P (2009). *Controlling* (11., vollst. überarb. Aufl). Vahlen, München.
- IDS Scheer. ARIS Controlling Platform: *ARIS Process Performance Manager 4.0*. IDS Scheer, Saarbruecken, <http://www.ids-scheer.com>, 2005.
- Košturiak, J., Gregor, M. (1995). Simulation von Produktionssystemen. Wien: Springer.
- Minonne, C.; Turner, G. (2012). Business Process Management: Are You Ready for the Future? *Knowledge and Process Management*, 19; 111–120.
- Pourshahid, A. (2008). *A URN-Based Methodology for Business Process Monitoring: Thesis submitted to the Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Electronic Business Technologies*. Ottawa: University of Ottawa.
- Riha, I., Arkenau, M. & Kompalka, K. (2007). *Softwarelösungen zur Prozessplanung und -bewertung in der Logistik – Marktüberblick 2007*. Dortmund: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik.
- Rump, F. J.: Rump, F. J. (1999). Geschäftsprozessmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozessketten: Formalisierung, Analyse und Ausführung von EPKs. Teubner, Stuttgart.
- Schenk, M., S. Wirth (2004). *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*. Berlin, Germany: Springer.
- Supply Chain Council (Hrsg.) (2008). *SCOR Overview: Version 9.0*.
- VDI - The Association of German Engineers, eds. (1990). VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols. Düsseldorf, Germany: VDI - The Association of German Engineers.
- Vom Brocke, J. (2008). Wertorientiertes Prozessmanagement. *WISU - Das Wirtschaftsstudium*, 37 (2), 195–197.

A 7 [GH12b]

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Development of Process Innovations with “GraFem”

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, Michael Hausicke

Department of Industrial Engineering, University of Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen, Germany

Volker.Grienitz@uni-siegen.de

ABSTRACT: The functionally-oriented modeling method “GraFem” was developed at the University of Siegen to analyze production systems at any level of detail. To this end, each manufacturing process step is represented by “GraFem” as a graphical symbol defined according to its function. In addition, “swimming lanes” can be added that contain differentiated information, such as energy and information flows and processing times. Through this, further information can be allocated to each production process step. The modeled production process plus the “swimming-lanes” will be shown in a so-called “GraFem”-Map. This then forms the basis for further analyses and allows a view of the system from multiple angles. In this way, the production process should be analyzed holistically to identify the key characteristics of the process and find out where process innovations should be operated. In the course of this paper, the “GraFem” method is presented and an example is given.

Keywords: *GraFem, Production Systems, Process Innovation, Industrial Engineering, Manufacturing modeling*

1 INTRODUCTION

The networking of the economies and the extension of the European Union have increased in recent years. The demand for greater product variants, shorter delivery times, better quality, and lower prices from consumers, and rising commodities prices and international competition are forcing industrial companies to review their market position and also create competitive advantages through optimizing measures. They must satisfy the consumer's requirements with high quality products in order to still remain competitive in the market. To achieve this end, outstanding and innovative production processes which contain minimal wastage in the value creation process are needed.

A deep technical understanding of the process is important for developing measures that reduce the waste and coordinate this process. However, that can only be realized if the focus lies on both the overall production process and the details. A lot of the sources of waste can usually be identified and corrected by detailed consideration. In sum, this can lead to huge savings and quality improvements throughout the production process.

The modeling of existing processes aims to identify the waste, to reduce it and to coordinate the several process steps. Furthermore, it is a good basis for the planning and implementation of innovative manufacturing technologies in the production process. A variety of modeling methods exist in the literature, but these are usually only for the representation and optimization of business processes. This is because only a specific level of detail can be focused on with these. Production processes often consist of a multiplicity of procedures, parameters and data that can lead to increased complexity and confusion by a detailed analysis.

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

“GraFem,” the functionally-oriented modeling method, covers all the important topics of a production process by combining the material flow and other elementary flows of a production. They are depicted in one graphic, the “GraFem”-Map, to reduce the complexity and confusion. At the same time, it provides further partial models and these can take market scenarios that include surrounding factors which have direct influence on the process into account. This allows one to integrate innovative manufacturing technologies into the production process and to reorganize them as needed thereafter.

2 THEORETICAL FRAMING

Since the early-1990s, a number of process modeling languages have emerged to cope with the complexity of process planning and control in companies. Basically, they can be divided into two different classes. On the one hand, there is business process modeling and, on the other hand, manufacturing process modeling. Initial process modeling languages were used in the field for software engineering. Over time, these concentrated more on the modeling of organizational applications used to support the management process through high-quality business process models (Becker et al., 2000). However, each modeling language cannot be used for each application. Therefore, many business process modeling languages have been developed over time. Table 1 gives a brief overview of the important business process modeling methods.

Language	Characterization
Event-driven process chains	Alternating progression of events and functions in a control flow that are interconnected through a logic operator (Rump et al., 1999).
Structured Analysis (SA) Data flow diagrams	The structured analysis data flow diagrams are used for the structured design of functions (processes) of a system (Wenzel, 2000).
Structured Analysis and Design Technique (SADT)	Logical and static description with a SADT activity model in order to depict business processes with their input and output objects (Fahrwinkel, 1995).
Petri net	Graphically-oriented language for design, specification, simulation, and verification of systems (Aguilar-Savén, 2004).
Unified Modeling Language (UML)	UML is a language for specifying, visualizing, constructing, and documenting the artifacts of software systems, as well as for business modeling and other non-software systems (Aguilar-Savén, 2004).
Program flow chart	Illustration of the chronological order of process units and their possible branching (Fahrwinkel, 1995).
Semantic object model (SOM)	Approach for modeling a company's systems and for the specification of application systems (Rump et al., 1999).
Work flow diagram (PROMET)	Method for the design of processes by means of a work flow diagram, a task list and workplace-related documents (Rump et al., 1999).
Entity-Relationship-Models (ER)	Semantic data model that consists of entities and relationships and allows the illustration of static structures within a company (Wenzel, 2000).
Object Modeling Technique (OMT)	Graphic notation that allows an illustration of object-oriented models. It consists of an object model, a dynamic model and a functional model (Wenzel, 2000).

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Business Process Modeling Notation (BPMN) BPMN is a graphical notation that gives organizations the ability to communicate procedures in a standard manner (Robert et al., 2010).

Table 1. Business process modeling languages and their characterization (Grienitz et al., 2011)

Most business process modeling languages are essentially only developed for the illustration and description of business management issues, and are, therefore, not appropriate for optimized production process modeling. This is due to the fact that in the optimization of manufacturing processes, substantial information, such as loss of value or energy flows, cannot be considered in the modeling. The manufacturing process modeling methods are much better suited for the optimization of production processes. There are several different approaches to this in the literature, which can be classified into two different groups.

Firstly, there are approaches that try to describe manufacturing processes by mathematical models in order to be able to calculate them. Cooke et al. (2004), for example, studied the economic lot scheduling problem and developed mixed integer programming formulations. Tsai et al. (1997) made an approach with fuzzy mixed integer programming in order to model and analyze manufacturing cell formation problems. Ferney (2000) uses bond-graphs and state equations for the modeling and controlling of product manufacturing systems. Oyarbide et al. (2003) propose system dynamics for modeling manufacturing systems. Yun and Gen (2002) use constraint programming for the development and establishment of a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model. Nevertheless, these mathematically-based approaches do not allow for an intuitive understanding of the processes regarded. Hence, they are often used for the solving of production scheduling problems.

Secondly, there are several approaches that are predominantly graphically-orientated by their nature. Park et al. (1997), for example, propose an object-orientated modeling framework that allows for a modeling of automated manufacturing systems. As regards the involved manufacturing resources, Zhang et al. (1999) described an object-orientated modeling method for adaptive process planning. Shih and Sekiguchi (1991) used Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing systems. Similarly, Xiong et al. (1996) and Zhou and Venkatesh (1999) used Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing systems. However, the approaches mentioned (cf. table 2) are mostly constricted to very specific points of view. A holistic approach which allows modeling and optimizing a manufacturing system is still missing.

Author	Short characterization
Cooke et al. (2004)	Mixed integer programming formulations for the lot scheduling problem.
Ferney (2000)	Use of bond-graphs and state equations for modeling and controlling manufacturing systems.
Košturiak and Gregor (1995)	Description of manufacturing systems with the help of sub-systems and their dynamic, stationary and gateway elements.
Oayrbide et al. (2003)	Approach of system dynamics for manufacturing modeling.
Park et al. (1997)	Object-orientated modeling framework for automated manufacturing systems.
Shih and Sekiguchi (1991)	Application of Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing systems..
Tsai et al. (1997)	Fuzzy mixed integer programming for manufacturing cell automation problems.

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

VDI guideline 2860 (1990)	Functionally-orientated modeling of manufacturing systems.
Wirth (2004)	Interpretation of manufacturing systems as flow-systems (flow-system theory).
Xiong et al. (1996)	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.
Yun and Gen (2002)	Constraint programming for a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model.
Zhang et al. (1999)	Object-orientated modeling method for adaptive process planning.
Zhou and Venkatesh (1999)	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.

Table 2. Selected manufacturing process modeling approaches (Grienitz et al., 2011)

The next three paragraphs give a brief overview about three manufacturing process modeling approaches from various authors. This is followed by a brief introduction of the modeling method, GraFem. The first approach of Košturiak and Gregor shows a principal illustration of a manufacturing system. Compared to the approach of Košturiak and Gregor, that of Wirth focuses the flow system theory. The last one is the VDI guideline 2860: This describes functions through a sequence of symbols. A description of these three approaches is relevant as they were investigated further during the development of GraFem.

2.1 KOŠTURIK AND GREGOR

In the mid-1990s, Košturiak and Gregor (1995) interpreted a production system as a specific system with its sub-systems: the machining system (respectively assembly system), the material flow system and the information system. Each sub-system contains dynamic, stationary and gateway elements. Dynamic elements are elements that change their position over time and can trigger actions, which are performed by the static elements. Gateway elements enable the dynamic elements to interact with the selected system's surroundings.

The approach of Košturiak and Gregor is very well suited for a depiction of the production system's basic structure. However, it lacks the crucial elements for a detailed, and thus more accurate, characterization of the production system regarded - the human factor particularly is missing.

2.2 WIRTH

In the late-1980s, Wirth introduced his flow-system theory that assumes the possibility of depicting all processes within a production system as "flows" (material flow, information flow, energy flow) and "flow-systems" (system of multiple "flows"). Those with the underlying function of production consist of several individual functions which can be detailed.

The approach described gives a good overview about the different types of flows within a production system and their connection to the different functions. Admittedly, Wirth's approach is characterized by a static view of the production system - hence, the factor "time" is especially disregarded. Losses in the value creation process are similarly disregarded, analysis as regards potentials and weaknesses is not contemplated, and aspects of quality are not integrated into the approach. Which route a workpiece takes, for example, in case an assessed quality characteristic does not meet the demands cannot be defined.

2.3 VDI 2860

The VDI guideline 2860 gives a clear classification, delimitation and definition of handling with its sub-functions as regards manufacturing (VDI - The Association of German

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Engineers, 1990). These sub-functions are storing, changing quantity, moving, locking, and inspecting, and can further be composed of seven elementary functions (separating, joining, rotating, sliding, clamping, declamping, and checking). The symbolic description of the sub-functions, as well as the elementary functions, provides a manageable task description by means of a symbol chain. Furthermore, it is possible to vary the level of detail and to break down the sub-functions to so-called composed functions, which are comprised, in turn, of the elementary functions. Additionally, the individual symbols can be supplemented through parameters and quantitative data.

The manufacturing process itself can, therefore, be described through chain-linking the symbols of the individual sub-functions with a connection line. Simultaneously, subsiding functions are visualized through symbols that are strung together without a connecting line. Functions related to specific technical equipment can be characterized by a semicolon frame around respective group of symbols.

Despite the fact that the VDI guideline 2860 constitutes the basis for “GraFem,” it has restrictions regarding its practicability: In other words, energy and information flows, as well as losses in the value-creation process, cannot be considered. Furthermore, logic operations are not taken into account. The VDI guideline 2860 provides no opportunity, for example, to consider quality decisions. Another restriction is the absence of detailed semantics.

3 “GRAFEM”

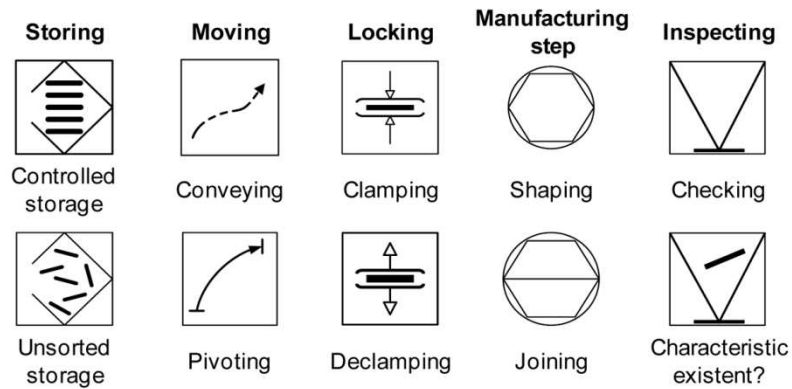
“GraFem” is a functionally-oriented modeling method for describing production and manufacturing systems. This method has been developed in order to represent material flows in combination with energy and information flows and the value loss in one graphic to identify the sources of the waste.

“GraFem” uses the symbols of the German VDI guideline 2860 and extends them to additional new symbols (cf. Figure 1) to model the flow of material. Through this combination, these symbols expand the flow of material to provide additional information, such as when manual labor is required. In addition, these symbols allow “GraFem” logic operations, in order to direct the material flow in response to a decision process in different sectors. Such a decision may exist after a quality check (work piece OK, rework is necessary or waste). Furthermore, the degrees of freedom for each process step can be added.

Each process step in the material flow is modeled by a graphical symbol defined by its function (cf. Figure 1). The entire production process is mapped by the sequencing of these symbols (cf. Figure 4). The combination of the material flow with the energy and the information flow is captured in a single graphic, the “GraFem”-Map (cf. Figure 6). The single process steps can be grouped into production steps that help to give a better overview about the whole process. Similarly, photos of single manufacturing steps can be placed under the functional material flow and can, therefore, also help to support the overview and understanding of the process. The finished “GraFem”-Map contains all the important information and provides a valuable basis for the innovative optimization of the process.

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Detail of symbols from VDI guideline 2860



Detail of additional GraFem-Symbols



Figure 1. Selected "GraFem" symbols

3.1 AIMS OF "GRAFEM"

"GraFem" is a visualization method that represents the entire production system in a comprehensible and understandable way; thereby, a uniform and holistic understanding of each single process and their relationship to each other, and the associated potentials and weaknesses. In this regard, the goal of "GraFem" is to recognize the losses in the value chain, as well as the weaknesses in the material, information and energy flows. Therefore "GraFem" is not committed to any specific production system or production type (small- or large-scale).

Figure 2 shows the different perspectives with a typical question in an application scenario. The models in the Figure assist towards a sustainable and successful modeling of production systems. The various models will be additionally organized into three groups. The first group is the "consuming group," which includes the information, energy and value-added model; the second is the "time group," that includes the time- and work-cycle model; and the third group includes the entire application scenario.

The work-cycle model focuses on the workpiece and the required amount of time it takes to go through the entire process. This group is supported by simulation tools to clearly identify how many pieces are located at any point in the process and what stage of production they have just completed. In addition, this group is the basis for further MTM (Methods Time Measurement) studies, as most production systems are designed by using MTM systems (Christmansson et al., 2000).

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

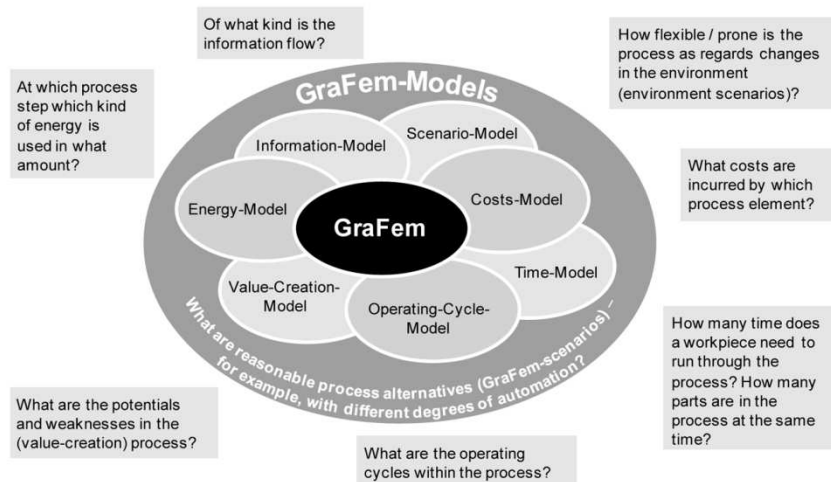


Figure 2. The different “GraFem” perceptions

The value model focuses on the value loss. Here, among other things, the effort of the extraction of fumes from welding or resulting from the use of welding consumables is considered. Furthermore, the potentials and weaknesses in the respective process step are considered here.

The energy model includes the consumption of electric energy, compressed air, industrial gases, light, and other types of energy. In most companies air pressure or electrical energy to operate their machines is increasingly being used and a very high cost is thus associated. Therefore, companies often place a special emphasis on this model, because a small degree of optimization work here may account for an enormous sum in savings.

The information model will be assigned all the essential data containing all the technical orders from processing to shipping. These include, among other things, the PPS (production planning and control), machine control and PDC (Production Data Acquisition). The simplification of procedures and structures, as well as the increased transparency, often offer an enormous potential which can have a positive effect on the processing time and, at the same time, also optimize the workflow of employees (Luczak et al., 1998).

The scenario model is for the inclusion and consideration of surrounding factors. Here, for example, market scenarios are developed that have a direct influence on the present production system. The optimization of the individual production steps through innovative developments, such as new manufacturing technologies or new, high-quality filler materials, can then be derived from these recommendations. In addition, it can also help to develop different manufacturing process variations to transfer the advantages in the current system, for example, with varying degrees of automation.

In addition to the planning and development of production processes, the method is also suitable as a basis for application in other business activities, such as process cost accounting. This can accompany the process carried out by the “GraFem” method in order to show the cost of each single process step. The resulting information will be considered here as part of the cost model and recorded.

3.2 THE FOUR “GRAFEM” STEPS

The “GraFem” method is divided into four different phases which are characterized mainly by a workshop character (cf. Figure 3). The first phase is to define the structure of the process and to identify individual production steps with the help of the workshop sets (cf. Figure 4).

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Key characteristics can be recorded, as needed, onto the workshop card, such as general information (number, size and inspected count of the workpieces) and information of the different flows. The workshop cards are divided into five categories: storage, transport, manufacture, intermediate and control. The completed cards are used as the basis for the second phase of the “GraFem” method. The first phase is going in the meaning of “go-to-Gemba” at the place of supply or in the immediate vicinity of the process that is to optimization. This has the advantage of, on the one hand, eliminating unnecessary running paths and, on the other hand, the fact that all process information can be recorded in real time. In addition, the first phase will be accompanied by videos and photos as a matter of record to reflect weaknesses or significant process elements.

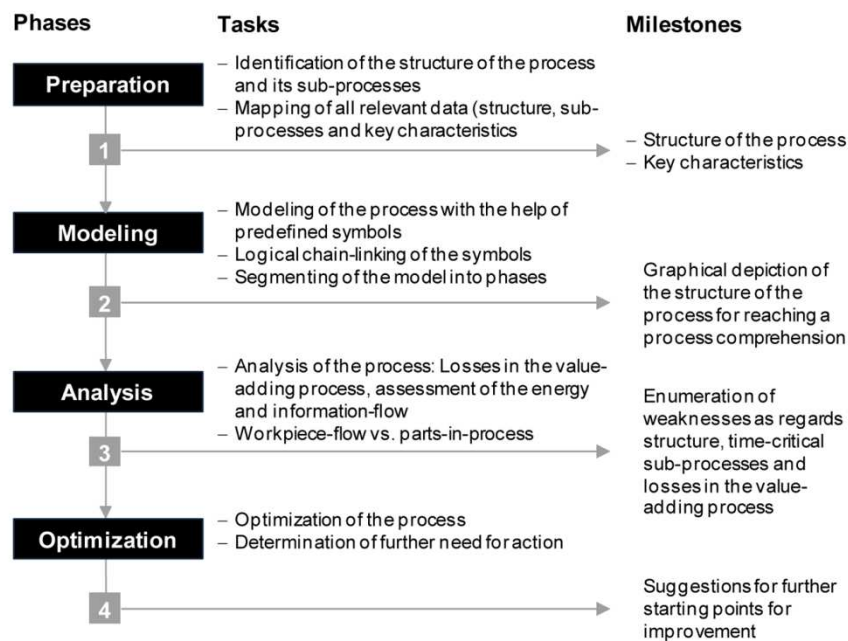


Figure 3. The four steps of “GraFem”

In the second phase of “GraFem,” the data obtained from phase one are visualized. The process structure, with the help of the “GraFem” symbols, is modeled and then logically linked to illustrate this. Moreover, the production process can be grouped into different phases, and the photos from phase one can be placed into the “GraFem”-Map. The arrangement of the data collected about the information and energy flows, and the value losses occurs in the so-called “swimming lanes.” These are located immediately below the flow of materials, allowing them to be assigned to each individual process step in the “GraFem”-Map. There is also the possibility below these “swimming lanes” to map the amount of time in an extra line. The graphical representation is carried out using visualization tools such as Microsoft® Visio®.

In the third phase, the production process is analyzed based on the “GraFem”-Map. This can be performed, for example, in terms of a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis. In addition, the sources of waste can be identified by using a PDCA (Plan, Do, Check, Act) cycle, and be eliminated by the implementation of innovative methods in the essential point of the process. An optimal analysis of the production process can be arrived at by combining “GraFem” with digital simulation tools. In this way, the combination ensures that methods for optimization can be specifically implemented. This will not lead to costs in the real production process because it is evaluated “virtually.” In the last phase, the methods which have already been developed and evaluated are then implemented to create an

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

innovative production process that fulfills all the requirements of the market and to increase the competitiveness of the company.



Figure 4. "GraFem" Workshop Set

4 APPLICATION EXAMPLE

The manufacturing process of a product of a second level automotive supplier was described as an application example. Firstly, the production process was observed and then modeled by using "GraFem". The product was a wheelhouse part in two different versions (left and right side of the car), which was manufactured in a highly automated manufacturing cell. The process steps within the manufacturing cell and the up- and downstream processes by the machine operator were considered. The overall manufacturing process (manufacturing cell including the up- and downstream processes) had a level of automation of 0.38. This value indicates the average level of automation of the weighted sum of the degrees of automation with all possible process branches, and is formed by dividing the number of all the automated process steps by the number of the overall process steps.

In the first phase of the project, the overall process structure was identified with all its production steps. In the present application example, two sheet-metal parts were welded together. In addition, the first part was stamped with a unique identification number. At the beginning of phase one, the sources of the two sheet-metal parts were identified and described. Furthermore, the individual production steps of the main part were determined and also described. This identification process was accompanied by the recording of videos and photos showing the various manufacturing steps for better understanding.

The first part was manually conveyed (i.e. taken out of the respective carrier – unsorted storage), positioned in the stamping-machine by hand, stamped with the current batch number, and then temporarily stored (before it was later joined to the second part). After the worker had taken the second part out of its carrier (similar unsorted storage), the second part was joined manually to the first part and conveyed and positioned manually in the automated welding cell. At first, both parts were clamped (locked) into the automated welding cell, then both pivoted towards the welding robot and welded together (one welding spot, two welding lines). The now welded final part was then pivoted back to the machine operator, declamped and afterwards manually conveyed and positioned before a lamp in order to check the welding. If the welding was good, the final part was manually conveyed to the carrier for the finished parts. If it had to be reworked, the machine operator had the possibility to manually rework the welding (the part was then manually conveyed and positioned in a special

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

clamping fixture, was manually welded, checked again, and conveyed to the carrier for the finished parts). In some cases, the welding and the part could not be reworked and, therefore, the part was manually conveyed to a carrier for degraded material.

In the second phase, the graphical representation of the process was created based on the data collected: the “GraFem”-Map (cf. Figure 5). Firstly, the single process steps that had been identified in phase one were logically sequenced and then linked together. Secondly, all the other information about the individual process steps was associated with each “GraFem” symbol in the “GraFem”-Map. Thirdly, parts of the sequence were grouped together and a selection of photos, also from phase one, was assigned to the elementary process steps. The resulting “GraFem”-Map generated a common understanding in all the participants of the overall manufacturing process observed.

In the third phase, the process structure was analyzed by all the people involved in the “GraFem” project. All the process steps which could not contribute to value creation were identified. Weaknesses that could be identified were, for example, the short manual time compared to the machine time, the storage place and storage duration of the first part (temporary storage due to the conveying of the second part) or the subjective evaluation of the final workpiece’s quality. (The welding quality was assessed with the help of light from within the welding cell that shone through a little window in front of the machine.) An explicit weakness of the process as regards sustainability was the very inefficient use of compressed air. The lengths of the pneumatic tubes from the control box to the pneumatic actuators were especially regarded as very critical. The lengths of the pneumatic tubes could be radically reduced by decentralization (the pneumatic actuators could be, for example, replaced by actuators with integrated pneumatic valves) of the pneumatic elements. The economization expected was calculated and constituted approximately 10-20%. Additionally, reducing the pneumatically moved masses was proposed. At this point, the economization constituted up to 20%. This phase has shown that “GraFem,” and especially the “GraFem”-Map, represents an excellent method to identify the critical process steps and to focus on those that need improvement.

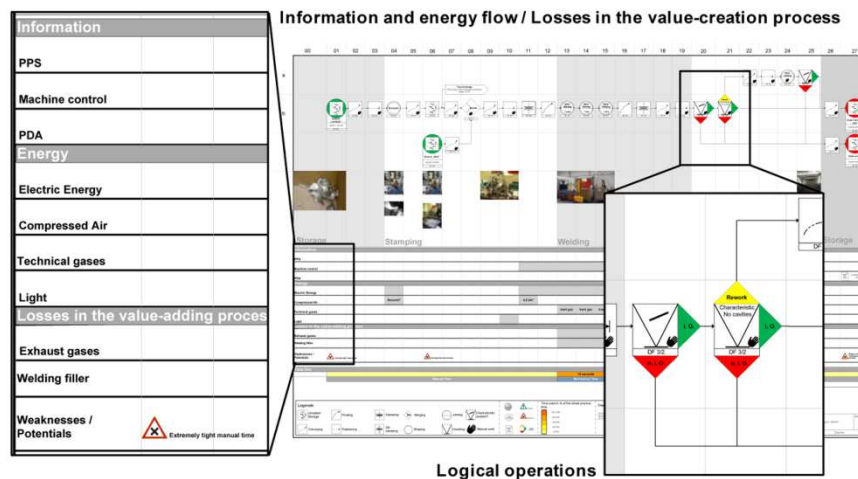


Figure 5. “GraFem”-Map of the application example “Production of an automotive body part (wheelhouse part)”

The optimization measures developed in this project were only of a minor extent, because the process structure of the manufacturer had already been designed on a high level. However, this project showed that further optimization measures can be developed for already high-level manufacturing processes with the help of “GraFem.”

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Switching the focus from a single workpiece to the machine cycle enables the determination of all the workpieces that are simultaneously in progress (parts-in-process). Figure 6 shows a detail of the simulation study with Plant Simulation. It can be seen here that three workpieces are in the process at the same time. Furthermore, it also shows in which process step they are at this time.

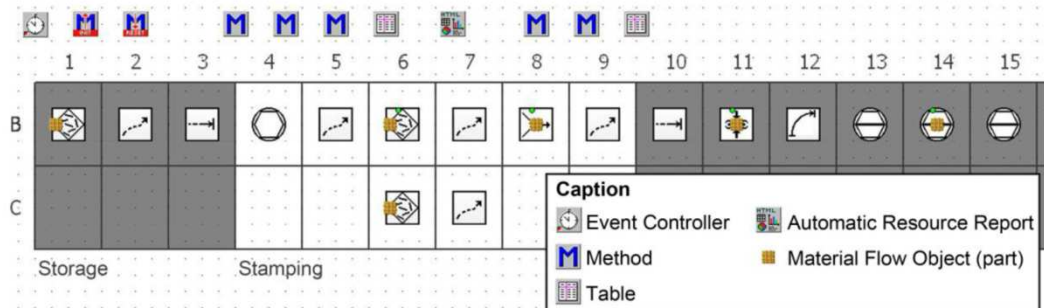


Figure 6. From a single workpiece to parts in process in Plant Simulation

5 SUMMARY

The functionally-oriented “GraFem” modeling method is valuable for viewing and analyzing production and manufacturing systems. It offers the possibility of viewing the processes from different points of view in order to consider how to sustain an optimized production system.

Further application projects have shown that “GraFem” provides a significant contribution to the planning, analysis and optimization of complex and innovative production systems. Additionally, further research has shown that this method can be combined easily with simulation tools. Furthermore, it was found that the applications are not limited to the production and assembly process, and the integrated factory planning, but can also be adapted to many other areas.

6 REFERENCES

- Aguilar-Savén, R.S. (2004). Business process modeling: Review and framework. *International Journal of Production Economics*, 90, pp.129-149.
- Becker, J., Rosemann, M., von Uthmann C. (2000). Guidelines of Business Process Modeling. In: W. van der Aalst et al (Eds.), *Business Process Management*, LNCS 1806, (pp. 30-49). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Christmansson, M., Falck, A.-C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmussin, L., Kadefors, R. (2000). Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 17, pp. 4051-4059.
- Cooke, D., Rohleder, T.R., Silver, E.A. (2004). Finding effective schedules for the economic lot scheduling problem: A simple mixed integer programming approach. *International Journal of Production Research*, Vol. 42, pp. 21-36.
- Fahrwinkel, U. (1995). *Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering*. Heinz-Nixdorf-Institute, Paderborn.
- Ferney, M. (2000). Modeling and controlling product manufacturing systems using bond-graphs and state equations: continuous systems and discrete systems which can be

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

represented by continuous models. *Production Planning and Control*, Vol. 11, No. 1, pp. 7-19.

Grienitz, V., Schmidt, A.-M. (2011). Designed sustainable production systems with "GraFem". In: *International Journal of Manufacturing Research – IJMR, Special Issue on: "Green Manufacturing"*, 2011.

Košturiak, J., Gregor, M. (1995). *Simulation von Produktionssystemen*. Wien: Springer.

Luczak, H., Eversheim, W., Schotten, M. (1998). *Produktionsplanung und -steuerung – Grundlagen, Gestaltung und Konzepte*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Oyarbide, A., Baines, T.S., Kay, J.M., Ladbrook, J. (2003). Manufacturing Systems Modeling Using System Dynamics: Forming a dedicated Modeling Tool. *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 2, No. 1, pp. 71-87.

Park, T.Y., Han, K.H., Choi, B.K. (1997). An object-oriented modeling framework for automated manufacturing system. *International Journal for Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 10, No. 5, pp. 324-334.

Robert S. et al. (2010). *BPMN 2.0 Handbook, Future Strategies Inc.*. Lighthouse Point, Florida.

Rump, F.J. (1999). *Geschäftsprozessmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozessketten*. Teubner, Stuttgart.

Schenk, M., S. Wirth (2004). *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*. Berlin, Germany: Springer.

Shih, H., Sekiguchi, T. (1991). A timed Petri net and beam search based on-line FMS scheduling system with routing flexibility. *Proceedings of 1991 IEEE international conference on robotics and automation*, Sacramento, CA, April, pp. 2548-2553.

Tsai, C.C., Chu, C.H. and Barta, T.A. (1997). Modeling and analysis of a manufacturing cell formation problem with fuzzy mixed-integer programming. *IIE Transactions*, Vol. 29, pp. 533-547.

VDI - The Association of German Engineers, eds. (1990). *VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols*. Düsseldorf, Germany: VDI - The Association of German Engineers.

Wenzel, S. (2000). *Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik*. Gruner Germany: Erlangen.

Xiong, H.H., Zhou, M.C. and Caudill, R.J. (1996). A hybrid heuristic search algorithm for scheduling flexible manufacturing systems. *Proceedings of 1996 IEEE international conference on robotics and automation*, Minneapolis, MN, April, pp. 2793-2797.

Yun, Y.S., Gen, M. (2002) Advanced scheduling problem using constraint programming techniques in SCM environment. *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, pp. 213-229.

Zhang, Y., Feng, S.C., Wang, X., Tian, W., Wu, R. (1999). Object oriented manufacturing resource modeling for adaptive process planning. *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 18, pp. 4179-4195.

Proceedings of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 29-30 March, 2012

Zhou, M.C. and Venkatesh, K. (1999). *Modeling, simulation, and control of flexible manufacturing systems: a petri net approach*. River Edge, NJ: World Scientific Publishing Company.

A 8 [GH12c] (im 2. Review)

Int. J. , Vol. x, No. x, xxxx

1

Optimisation of manufacturing systems with the help of a graphically and functionally oriented modelling method linked by a simulation tool

Abstract: GraFem is a specially developed modelling method to optimise manufacturing systems. The original background to this was that most of the existing modelling methods on the market only focused on a specific level of detail. However, there have to be many different levels of detail for a more refined and effective optimisation of manufacturing systems.

In the context of this work, the GraFem method is linked to a simulation tool. This extends the existing four-step model of GraFem with the simulation phase. In this phase, information which is needed for the development of a GraFem map is taken to create a simulation model. On the one hand, this model can be used for the simulation of material flows and, on the other hand, to generate different scenarios of a manufacturing system.

Keywords: object-orientated modelling, modelling language, production system optimisation

1 Introduction

In the light of new technologies, new competitors, the interconnection of the global economy, and new business fields, the production of companies is subject to a more dynamic change process (Schneider, 2002). The assurance of product quality, reducing resources and improving economic factors are also of existential significance for companies to maintain or expand competitive advantages. Companies have to use targeted measures to optimise their production systems to meet the dynamic process of change and the challenges.

To develop optimal productions systems that are, on the one hand, optimally calibrated and, on the other hand, have low value losses requires a deep understanding of the process. Such an understanding can only be reached if one focuses not only on the overall process, but also on single parts of the process. The modelling of processes within a production system provides a convenient and promising method to produce such an understanding. Weak points can thus be identified and analysed in a far more targeted manner. In general, only a specific level of detail can be focused on with most modelling methods established on the market. However, in order to achieve an in-depth understanding of the process and to optimise production systems as a whole, it is necessary to consider the system from the level of details; in this way, a lot of potential

Title

waste can be identified and corrected. In sum, this can lead to huge savings and quality improvements in the whole production system.

At this point, GraFem, the graphically oriented and functional modelling method can begin. The approach aims to identify the waste, reduce it and, thereby, to match the several process steps. To reach this, GraFem use a well-balanced triad of material-, energy- and information flow. Furthermore, the approach supports the development of several partial models. These can take market scenarios that include surrounding factors into account. In this way, innovative manufacturing technologies can be involved in the analysing of production systems and, subsequently, be used effectively.

Production systems, however, consist of a variety of processes, parameters and information. This can lead to increases in the complexity and confusion of a detailed analysis. The iterative analysis and comparison of different variants of the production process in terms of planning, reorganization and the use of innovative manufacturing technologies increase both the complexity and confusion, and the time required.

An extended concept of GraFem has been developed to counter this threat. GraFem is linked to a simulation tool and, through that, valuable data are generated which describe the process performance. This delivers information about potential optimisation measures and significantly increases the efficiency of the production system. The basic goal is to link GraFem with the simulation tool in such a way that no substantial additional effort is needed for the creation of digital simulation models and simulation studies. Digital simulation models are automatically generated based on Excel sheets in which the data of the process are captured. Furthermore, the digital model of the production system is used to simulate the material flow. During the simulation run, data are recorded to create key performance indicators and charts. At the end of the simulation run, an automatic report is generated which is the basis for a subsequent analysis. Different system load scenarios (e.g. low, medium or high system load) are compared in the simulation study to identify changes in the process performance. This can be used for the simplified identification of potential optimisation measures. The linking of GraFem and the simulation will substantially support the production system optimisation. Moreover, the creation and the comparison especially of several partial models are significantly simplified.

2 Theoretical Framing

Processes, dependencies and objects are clearly and consistently described with the help of the process modelling. In this way, models will be created from the processes which provide the whole structure and organization. At the same time, it reduces the actual existing complexity to an easier degree (Becker, Rosemann and Schütte, 1995; Herrmann, 2010).

Title

A basis is provided by the models created that helps to compare and benchmark several process in an objective way. Furthermore, the targets, responsibilities, resources, and interfaces are identified and clearly mapped, which generates a uniform understanding of the processes and, therefore, makes the communication of each person involved much simpler (Herrmann, 2010).

It should be noted that only a part of the real world is being imaged in the process modelling. This should be simple and universal and, at the same time, show all the relevant relationships in the system. The characteristics of simplicity, comprehensiveness, universality, and validity as basic principles of modelling have been manifest in the scientific literature. In addition, the guidelines for modelling are observed. On the one hand, they reduce the complexity and, on the other hand, make it manageable. By keeping these guidelines, the quality of models is increased and ensured (Becker, 2008), (Herrmann, 2010). These are, for example, the guidelines of (Becker, Rosemann and Schütte, 1995):

- accuracy
- relevance
- economic efficiency
- clarity
- comparability
- systematic design

Based on these principles, different methods for business process reengineering have been developed for modelling over the years (cf. Figure 1), (Becker, Rosemann and von Uthmann, 2000). Basically, they can be divided into two different classes. On the one hand, there is business process modelling and, on the other hand, manufacturing process modelling. Table 1 gives a brief overview of selected manufacturing process modelling approaches.

However, each modelling language cannot be used for every application, and furthermore, they used different typological objects and individual nomenclatures (cf. Figure 2). Therefore, it is necessary to check which modelling method is the best for the present task (Becker, Rosemann and Schütte, 1995). Thereby, it should also be ensured that they follow the guidelines. The different modelling methods can be classified based on their main modelling emphases (Herrmann, 2010).

Most business process modelling languages are essentially only developed for the illustration and description of business management issues. They are, therefore, not appropriate for optimised production process modelling. Substantial information is

Title

needed to optimise production processes, such as loss of value or energy flows. In the business process modelling languages, they cannot be considered in the modelling. The manufacturing process modelling methods are much better suited for the optimisation of production processes. Most of them consider a variety of information about the manufacturing process. Several approaches can be classified based on their topology and they can be divided into two different groups. Firstly, there are approaches that try to describe manufacturing processes by mathematical models in order to be able to calculate them. Secondly, there are several approaches that are predominantly graphically-orientated by their nature.

The development of GraFem was based on three different manufacturing process modelling approaches which contain important elements. The first approach of Košturiak and Gregor shows a principal illustration of a manufacturing system (Košturiak and Gregor, 1995). Compared to the approach of Košturiak and Gregor, that of Wirth focuses on the flow system theory (Schenk and Wirth, 2004). The last one is the VDI guideline 2860: This describes functions through a sequence of symbols (VDI 2860, 1990). The GraFem modelling method contains the important elements of these three approaches and combines with further symbols, flows and elements to describe production systems.

3 GraFem

GraFem is a functionally oriented modelling method which is used to describe production and manufacturing systems. This method was developed in order to map the material flow in combination with the energy and information flow and the losses in value in a single graphic (cf. Figure 7). With the help of this graphic, the place and the sources of waste can be identified.

GraFem use the symbols of the German VDI guideline 2860 and complements them with additional new symbols for the modelling (cf. Figure 3). Through this combination, the material flow expands to encompass additional information, such as when manual labour is required. Furthermore, GraFem allows logical operations in order to direct the material flow in response to a decision in different sections of the process. Such a decision can be placed after a quality check (OK, rework, waste). In addition, each process step can be assigned a degree of freedom.

Each single process step of the material flow is drawn as a symbol which is defined by its specific function (cf. Figure 3). The entire production process can be represented by sequencing these symbols. The single process steps can be grouped together in several production steps to give a better overview of the whole process. Adding photographs of the real production process to the GraFem map also helps to increase the understanding (cg. Figure 7). The finished GraFem map contains all the important information about the

Title

production system and, therefore, it is a valuable basis for the simulation of the modelled material flow.

3.1 Aims of GraFem

GraFem is a modelling method that represents the whole production system in a reasonable and understandable manner. Through that, a unified and holistic understanding of the relationship of the several process steps to each other is generated. In this way, the related potential and weaknesses of these process steps will be revealed. The main aim of GraFem is to identify all the losses in the value chain, as well as weaknesses in the material, information and energy flow.

GraFem covers different types of view for the successful and sustainable modelling of the production process (cf. figure 4). These views can be clustered into three different groups. The first is the “consuming group”, which contains the information, energy and value-added model. The energy model, for example, focuses on the consumption of electricity, compressed air, industrial gas, or other energy sources. Most companies pay particular attention to these energies because they are used to operate their machinery and plant. The second group is called “the time group” and includes the time and work cycle model. This group focuses, for example, on the time cycle of a workpiece through each of several process steps, as well as through the entire production process. This can also be a starting point for further MTM (Methods Time Measurement)-studies, as production systems are often planned by using the MTM-systems (Christmansson et al., 2000). The last group includes the whole application scenario. Influencing factors which have a direct impact on the production system are taken into account in the form of market scenarios in this group. This allows the development of recommendations from the strategic side. Innovative developments, for example, can be implemented specifically in the production system.

3.2 Tool for linking GraFem with the simulation

The link between GraFem and the simulation aims to create opportunities for further analysis; for example, to reach a better match of the single process steps in the production system. In addition, it should enable the modelling and simulation of production systems scenarios. At the same time, the tool must have a specific focus on the reducing of the time for data acquisition and processing, as well as the model generation, because those are the points with the largest proportion of time in simulation studies (cf. Figure 5).

The requirements of the tool are the automatic building and arrangement of the simulation model, the simulation and the evaluation of the GraFem modelled process. Simulation input data are required to automatically build and arrange the simulation model. There is a range of possibilities to provide these data. On the one hand, these data can be recorded directly in the appropriate information objects of the simulation tool.

Title

However, this possibility is very awkward, because each user must have a software license and, at the same time, must know how to work the simulation tool very well. On the other hand, there is a possibility to use an external data source. Plant Simulation, for example, offers a wide range of interfaces that support the communication and integration with other software; examples of these interfaces are: ActiveX, ASCII-Data, C-interface, COM-interface, Dynamic Data Exchange (DDE), Excel, HTML, etc. (Siemens, 2008).

The use of Microsoft Excel as an external data source is the easiest and most convenient possibility because this software tool is generally available in most companies and, therefore, many users are familiar with the functions. Furthermore, it also offers the advantages that no qualified personnel are required and no license of the simulation tool for the input of the data. The requirement of the Excel document is, on the one hand, that it must provide all the necessary data to automatically build and arrange the simulation model and, on the other hand, that the data may be recorded easily and as soon as possible.

To build a simulation model from the data contained in the database, the data must firstly be exported from the database to the information objects of the simulation tool. The data can be accurately exported with the help of the Dynamic Data Exchange (DDE) commands. When the data has been successfully exported, they must be interpreted by the simulation tool and it subsequently builds the simulation model. One requirement of the generated simulation model is that a subsequent manual editing must be allowed. This is to ensure that the simulation model can be later detailed with additional features and settings.

After the simulation model has been created and, if necessary, detailed, the simulation and evaluation must be started. Key performance indicators in the simulation run are calculated and stored in several information objects with the help of deposited algorithms. The key performance indicators are then re-exported to the Excel document by using the DDE commands and a detailed evaluation and analysis is performed on this basis.

3.2.1 Excel file as a database

The Excel file has two basic tasks. The first is that this file provides all the simulation input data. The second is to collect the simulation output data after a simulation run. In addition, these tasks also have some sub-tasks. These include, for example, the calculation of additional data for the simulation model and the evaluation.

The requirements of the simulation software concerning the information objects should be taken into consideration in the database in order to store the data in the information objects of the simulation model. In Plant Simulation, for example, each column should contain only one data type, such as an integer, a string, etc. The database

Title

is divided into seven areas to obtain a better overview and structuring of the data, and as a protection against manipulation. These seven areas are:

- GraFem map (technical and organisational data)
- Parts list (system load data)
- System data 1 (technical data)
- System data 2 (technical data)
- Evaluation (result data)
- Evaluation data (result data)
- ABC analysis (result data)

The database is structured so that the two areas “GraFem map” and “parts list” are filled by the user. “System data 1” and “system data 2” contain important data that are clearly defined, as well as calculated automatically. These two areas are hidden and locked to secure them from undesired changes and to avoid typical mistakes by the user. The areas “evaluation data” and “ABC analysis” are the basis for the evaluation. In both these areas, the simulation output data are exported by the simulation tool and detailed by formulas. The area “evaluation” contains the automatically produced evaluation report. This can be changed by the user afterwards, for example, to better design the charts.

3.2.2 *Simulation reference model*

The reference model has the task of creating a simulation model from the data of the database. This simulation model is then used for the running of the administration, disposition and control processes to build up and rate the logical structure of the real system (cf. Figure 8). To achieve this, the simulation input data must firstly be imported to the reference model. The algorithms from these data that are deposited in the reference model build and arrange the physical structure of the simulation model. Afterwards, the simulation run will be started. During the simulation run, essential key performance indicators are collected, calculated and stored, as well as being exported back to the database at the end of the simulation run to generate the report described already.

To implement the task described above and for a better overview, the reference model is divided into three layers: “Network”, “Controlling” and “Evaluation”. Furthermore, a specific library that includes all the GraFem symbols as simulation objects is created and placed in the reference model. All these simulation objects are created depending on their respective logical function. In addition, each symbol has got the look of the GraFem symbols.

Title

The network layer is the main layer of the reference model. The event manager and the elementary methods are placed in this, as well as a link to the other two layers. The simulation can be controlled by the user or other programs which have access, with the help of the event manager. This allows, for example, the starting, pausing or resetting of the simulation run. In addition, settings, such as the date, the end and the statistics, can be made. The administration, disposition and controlling processes are carried out in the controlling layer. To do this, the interfaces to Microsoft Excel, the information objects for the input data and the algorithm to build up the simulation model and control the material flow are configured in this layer. The evaluation layer contains a large number of algorithms and information objects to collect, calculate and store the key performance indicators. Furthermore, it contains the interface to export the simulation data to Microsoft Excel and a source code to create and store a screenshot of the simulation model. These interfaces are also used to execute some macro commands in the database, for example, to build the charts for the ABC analysis or to place the screenshot of the simulation model in the report. In addition to the key performance indicators, some further parameters are determined, such as the date and the time at the simulation run. This will be used to build a filename to store the actual simulation model and the report in a backup folder.

3.3 The new GraFem steps model

The combination of GraFem and the simulation should help to support the analysis of production systems and the building and analysis of production systems scenarios. Based on these tasks, the simulation step is integrated into the existing four-phase model between the modelling and the analysis phases (cf. Figure 6). This can be justified by the fact that the simulation model will be built based on the data collected in step one and the GraFem map from phase two. The analysis and the optimisation phases are then no longer performed by using the GraFem map due to the information from the simulation phase. This results in a new GraFem process model, which now consists of five phases (cf. Figure 6). These five phases are described below.

The first phase is the “Preparation”. In this, the structure of the production process and the single process steps with their key characteristics are identified. The GraFem workshop set, which contains the GraFem symbols and the workshop cards, can be used for this. At the beginning of this phase, it is necessary to check that the simulation is contributing to solving the problem. If this not the case, the simulation phase can be skipped. Should the simulation phase be used, however, additional information which is necessary to build the simulation model must be collected in the preparation phase. All key characteristics and data for the simulation can be recorded onto the workshop cards, such as general information (number, size and inspected count of the workpieces). At the same time, it must be decided whether only the present situation or other scenarios are simulated too. This decision significantly determines the effort of the data collection,

Title

because data for each scenario that should be simulated must be collected. The target, best and worst scenario are interesting scenarios that should be simulated in addition to the present situation. The data which are necessary to build the simulation model and to simulate the different scenarios are, for example, the capacity processing time, successor, set-up time, etc. The completed workshop cards are used as the basis for the second phase of GraFem.

The first phase is also known as “going to gemba” at the place of supply or in the immediate vicinity of the process that is going to be optimised. On the one hand, this eliminates unnecessary running paths and, on the other hand, all information can be recorded in real time. In addition, photographs and videos can be taken as a matter of record to reflect weaknesses or significant process elements.

In the second phase, the “Modelling”, the data obtained from phase one are visualized in a so-called “GraFem map” with the help of visualization tools such as Microsoft[®] Visio[®]. The different GraFem symbols are deposited in these tools to model the process structure and logically link each single process step to its possible successor. Moreover, a group of process steps can cluster into different production phases. The photographs from step one can be placed into the GraFem map to give a better understanding. The data about the energy, information and value loss flow are arranged in the so-called “swimming lanes”, which are located under the material flow. The information in these lanes can be assigned in this way to each single process step. It is also possible to map further information below these “swimming lanes”, such as the amount of time, key performance indicators or process costs. Therefore environmental attributes are treated as primary objects rather than systemic constraints and should be regarded as opportunities for improvement (Franchetti et al., 2009)

That phase of GraFem is unaffected by the combination with the simulation. However, some of the data from the GraFem map are needed to build up the physical structure of the simulation model, such as the position of the symbol in the GraFem map in the form of the column and row index or the production phases.

The “Simulation” is the third GraFem phase and simulates the process, or rather, the material flow. Firstly, the data collected from phase one and phase two must be prepared. For this reason, this data must be transferred into the database by entering the information into the respective column of the designated worksheet. After this, the reference model has to be opened and activated by the “start button” in the event manager. Before the simulation is started, the user has to decide whether the simulation is going to perform fully automated or partly automated. In the automated simulation, the reference model imports the data, simulates the material flow and sends the data back to the database. In the partly automated simulation, the user has the possibility to intervene after different steps to detail the simulation model. Each decision is accompanied by a dialogue window in the reference model. Only these buttons in the dialogue that can be run at the respective

Title

time are active in order to prevent errors. The other ones are deactivated. The database must be open during the simulation otherwise the reference model cannot get a connection and the input and output data cannot transfer. The exported data are converted into a report, which is, beside the GraFem map, another basis for the further analysis.

In the fourth GraFem phase, the production process is analysed based on the GraFem map and the simulation report. The SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analysis is only one of the possible instruments to support this phase. The combination of GraFem and the simulation ensure that the user gets another look to investigate the production system on another level. The last phase is the “Optimisation”. Here, recommendations for action are being developed on the basis of the analysis. These are implemented to get an innovative production process that fulfils all the requirements of the market and also increases the competitiveness of the company. By using this simulation, the optimisation measures developed can be virtually tested and this will not lead to costs or disruptions for the real system. This is carried out as a PCDA (Plan, Do, Check, Act) cycle. This means that measurements are developed (Plan) based on the analysis optimisation and then, through the simulation (Do), can be analysed (Check). Therefore, these optimisations must be transferred into the simulation model by changing parameters in the database or directly in the reference model. They can be evaluated by simulation (Do) before they are implemented (Act) in the real system in the optimisation phase. If there is no benefit evident during the simulation or analysis of the real system, these are rejected straight away.

4 Application Example

The production process of a product of a second level automotive supplier was the application example used to review the functionality of the linking. The product was a part of the wheelhouse of a car, which was manufactured by a combination of manual work and a highly automated welding cell. At the beginning of the project, how GraFem, including the simulation, could help to optimise this production process was examined. Then the process was observed and further modelled by using the GraFem workshop set. The process steps within the manufacturing cell and the upstream and downstream processes by the machine operator were considered.

In the first phase of the project, the overall process structure was identified with all its production steps and key characteristics. In the present application example, a wire bracket and a sheet-metal part were welded together. In addition, the first part was stamped with a unique identification number. At the beginning of phase one, the sources of the two parts were identified and described. Furthermore, the individual production steps of the main part were determined and also described. This identification process was accompanied by the recording of videos and photographs showing the various manufacturing steps to give a better understanding.

Title

The first part was manually conveyed (i.e. taken out of the respective carrier – unsorted storage), positioned in the stamping-machine by hand and stamped with a current batch number, which is a combination of calendar week and worker identification number. After that, this part was temporarily stored (before it was later joined to the second part) and the worker took the second part out of its carrier (similar unsorted storage). The second part was joined manually to the first part and conveyed and positioned manually into the automated welding cell. At first, both parts were clamped into the automated welding cell and then both pivoted towards the welding robot and welded together. For this, the welding robot set one welding spot to fix both parts and then set two welding lines, one on each wire-bracket side. The final part now welded was then pivoted back to the machine operator, unclamped and afterwards manually conveyed and positioned before a lamp in order to check the welding. If the welding was satisfactory, the final part was manually conveyed to the carrier for the finished parts. If it had to be reworked, the machine operator had the possibility to manually rework the welding. If the latter was the case, the part was then manually conveyed and positioned in a special clamping fixture, manually welded, checked again, and conveyed to the carrier for the finished parts if it was satisfactory. In some cases, the welding and the part could not be reworked and, therefore, the part was manually conveyed to a carrier for degraded material.

In the second phase, the GraFem map of the process was created based on the data collected (cf. Figure 7). For this, each single process step that had been identified in phase one was logically sequenced and linked to the others. When this has been done, all the information from the workshop cards about the individual process steps was associated with each GraFem symbol in the GraFem map. To this end, these data are mapped in the swimming lanes below the GraFem symbol. At the end of this phase, different parts of the sequence were grouped together and important photographs, also from phase one, were assigned to the elementary process steps. The resulting GraFem map generated a common understanding in all the participants of the overall manufacturing process observed.

In the third phase, the process structure was simulated. All the information required from the first phase and the GraFem map were transferred to the database. The simulation was then started. At the beginning, the reference model imported all the data required from the database, built up the simulation model and simulated the material flow (cf. Figure 8). During the simulation, the reference model calculated, with the help of different source codes and algorithm key performance indicators, and exported the results back to the database after the simulation run. These data were analysed there and grouped into a report.

In the fourth phase, the process structure was analysed by all the people involved in the GraFem project. All the process steps which could not contribute to value creation were identified. The simulation shows that the entire production process had a level of

Title

automation of 0.38. This value indicates the average level of automation of the weighted sum of the degrees of automation with all possible process branches, and is formed by dividing the number of all the automated process steps by the number of the overall process steps. Therefore, the simulation checks, with the help of an algorithm, whether the process step is carried out automatically or manually. Furthermore, the algorithm checks how long the time for the automated and the manual processing steps are and compares them. This showed that the handling times of the worker in comparison to the machine time is too short. Further weaknesses that could be identified were, for example, the storage place and storage duration of the first part (temporary storage due to the conveying of the second part) or the subjective evaluation of the final workpiece's quality. This phase has shown that GraFem, and especially the combination of GraFem and the simulation, represents an excellent method to identify the critical process steps and to focus on those that need improvement.

The optimisation measures that are developed in this project were only of a minor extent, because the process structure of the manufacturer had already been designed to a high level. However, this project showed that further optimisation measures can be developed for already high-level manufacturing processes with the help of GraFem.

5 Summary

The aim was to plan and implement a combination of GraFem and the digital factory. For this purpose, a problem analysis was conducted with the focus on the simulation. In this way it was found that the simulation is an established method to optimization and improves production and logistics systems. However, it shows that it takes a considerable amount of time, too. A large part of this is associated with the data collection and the building of the simulation model. Therefore, it was necessary to find instruments that reduce this effort. Firstly, a choice of basic sub-aspects was analysed to find instruments or approaches to reduce these efforts, such as production processes, manufacturing and process modelling, digital factory, and simulation. It shows that the (semi-) automated model generation based on a database is a good approach to reduce the effort of a simulation. The adaption of this approach to GraFem was followed. Therefore, the database and a reference model especially for GraFem were developed to link GraFem efficiently with the simulation. One has to extend the simulation to use the linking target-oriented and, systematically, the existing four-phase model of GraFem. Since the simulation model is based on the GraFem modelling phase and provides important information for the analysis, the simulation was placed between the modelling and the analysis.

The functionality of the linking was evaluated by an application example. It shows that it is possible to generate the simulation model with the parameter of the database and, therefore, it contributes important information about the production system for the

Title

analysis. Furthermore, it also became clear that additional elements can also be converted, such as set-up time, cost models and logical operation, to simulate acceptable and unacceptable parts. In addition, it shows that the lining works on the application example, but it should also be assessed in other practical applications.

References

- Becker, J., Rosemann, M. and Schütte, R. 1995. Grundsätze ordnungsmäßiger modellierung. *Wirtschaftsinformatik*(37), 435–445.
- Becker, Jörg, Rosemann, Michael and Uthmann, Christoph von 2000. Guidelines of Business Process Modeling, in van der Aalst, Wil (Hg.): *Business process management: Models, techniques, and empirical studies*. Berlin: Springer. (Lecture notes in computer science, 1806), 30-49.
- Becker, Torsten 2008. *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. 2. Aufl. Berlin: Springer.
- Christmansson, M., Falck, A.-C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmussin, L., Kadefors, R. (2000) 'Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry', *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 17, pp. 4051-4059.
- Cooke, D., Rohleder, T.R and Silver, E. A. 2004. 'Finding effective schedules for the economic lot scheduling problem: A simple mixed integer programming approach. *International Journal of Production Research* 42, 21–36.
- David, René and Alla, H. 2010. *Discrete, continuous, and hybrid Petri Nets*. 2. Aufl. Berlin: Springer.
- Ferney, M. 2000. Modelling and controlling product manufacturing systems using bond-graphs and state equations: continuous systems and discrete systems which can be represented by continuous models. *Production Planning and Control* 11(1), 7–19.
- Franchetti, M., Bedal, K., Ulloa, J., & Grodek, S. (2009) 'LEAN and GREEN', *Industrial Engineer: IE*, Vol. 41, No. 9, pp. 24-29.
- Herrmann, Christoph 2010. *Ganzheitliches Life Cycle Management: Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen*. Berlin: Springer. (VDI-Buch).
- Kaul, Ralf and Ulbrich, Alexander 2008. 17. Deutscher Materialfluss-Kongress: Workshop Ablaufsimulation - Digitale Systemoptimierung. Garching.
- Košturiak, Ján and Gregor, Milan 1995. *Simulation von Produktionssystemen*. Berlin, Heidelberg, Wien: Springer.
- Oyarbide, A., u.a. 2003. Manufacturing Systems Modelling Using System Dynamics: Forming a dedicated Modelling Tool. *Journal of Advanced Manufacturing Systems* 2(1), 71–87.
- Park, T.Y, Han, K.H and Choi, B.K 1997. An object-oriented modelling framework for automated manufacturing system. *International Journal for Computer Integrated Manufacturing* 10(5), 324–334.

Title

- Schenk, Michael and Wirth, Siegfried 2004. *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schneider, Dieter J. 2002. *Einführung in das Technologie-Marketing*. München: Oldenbourg.
- Shih, H. and Sekiguchi, T. 1991. A timed Petri net and beam search based on-line FMS scheduling system with routing flexibility, in IEEE (Hg.): *Proceedings of 1991 IEEE international conference on robotics and automation*, 2548–2553.
- Siemens 2008. *Plant Simulation: Simulation, Visualisierung, Analyse und Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen*.
- Tsai, C.C, Chu, C.H and Barta, T.A 1997. Modeling and analysis of a manufacturing cell formation problem with fuzzy mixed-integer programming. *IIE Transactions* 29, 533–547.
- VDI - The Association of German Engineers, eds. 1990. *VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols*. Düsseldorf: VDI - The Association of German Engineers.
- Xiong, H.H, Zhou, M.C and Caudill, R.J 1996. A hybrid heuristic search algorithm for scheduling flexible manufacturing systems, in IEEE (Hg.): *Proceedings of 1996 IEEE international conference on robotics and automation*, 2793–2797.
- Yun, Y.S and Gen, M. 2002. Advanced scheduling problem using constraint programming techniques in SCM environment. *Computers and Industrial Engineering* 43, 213–229.
- Zhang, Y., u.a. 1999. Object oriented manufacturing resource modeling for adaptive process planning. *International Journal of Production Research* 37(18), 4179–4195.
- Zhou, MengChu and Venkatesh, Kurapati 1999. *Modeling, simulation and control of flexible manufacturing systems: A petri net approach*. Singapore: World Scientific Publishing Company. (Series in intelligent control and intelligent automation, 6).

Tables and Figures**Table 1** Selected manufacturing process modeling approaches

Author	Short characterization
Cooke et al. (2004)	Mixed integer programming formulations for the lot scheduling problem.
Ferney (2000)	Use of bond-graphs and state equations for modeling and controlling manufacturing systems.
Košturiak and Gregor (1995)	Description of manufacturing systems with the help of sub-systems and their dynamic, stationary and gateway elements.

<i>Title</i>	
Oayrbide et al. (2003)	Approach of system dynamics for manufacturing modeling.
Park et al. (1997)	Object-orientated modeling framework for automated manufacturing systems.
Shih and Sekiguchi (1991)	Application of Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing systems.
Tsai et al. (1997)	Fuzzy mixed integer programming for manufacturing cell automation problems.
VDI guideline 2860 (1990)	Functionally-orientated modeling of manufacturing systems.
Wirth (2004)	Interpretation of manufacturing systems as flow-systems (flow-system theory).
Xiong et al. (1996)	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.
Yun and Gen (2002)	Constraint programming for a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model.
Zhang et al. (1999)	Object-orientated modeling method for adaptive process planning.
Zhou and Venkatesh (1999)	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.

Title

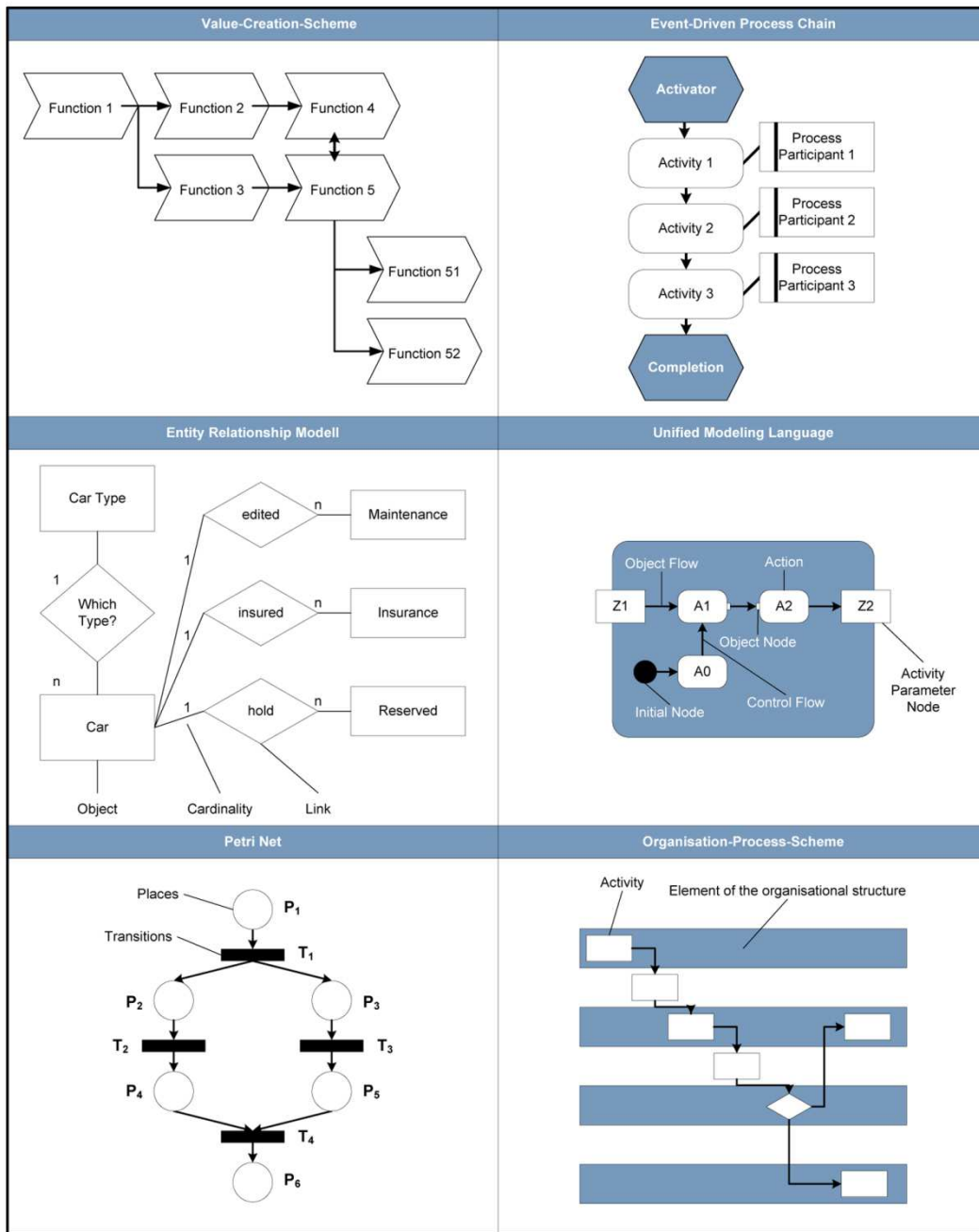


Figure 1 Representations of different modelling methods (Herrmann, 2010), according to (David and Alla, 2010)

Title

	process-oriented	cycle-oriented	sequence-oriented	employee-oriented	data-oriented	information needs-oriented	value-oriented	communication-oriented	object-oriented	task-oriented
EKP		X							X	
SOM			X	X	X					
OPD	X	X	X							X
ER Model					X	X			X	
UML					X	X			X	
Petri net		X							X	
GraFem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figure 2 Classification of different modelling methods, according to (Herrmann, 2010)

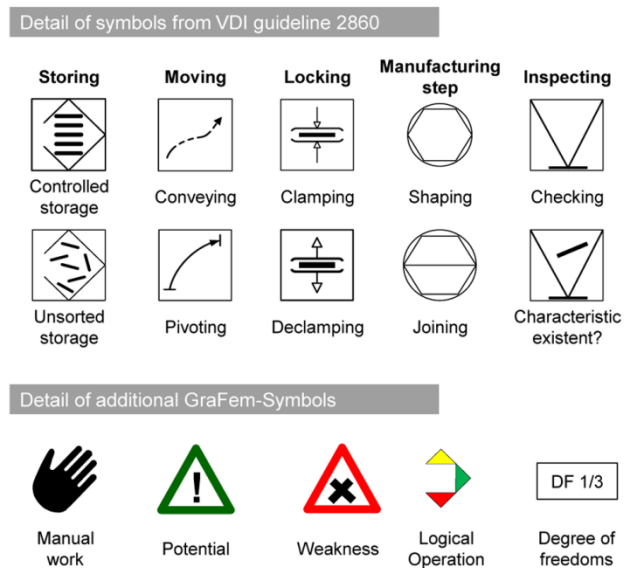


Figure 3 Selected “GraFem” symbols

Title



Figure 4 GraFem models

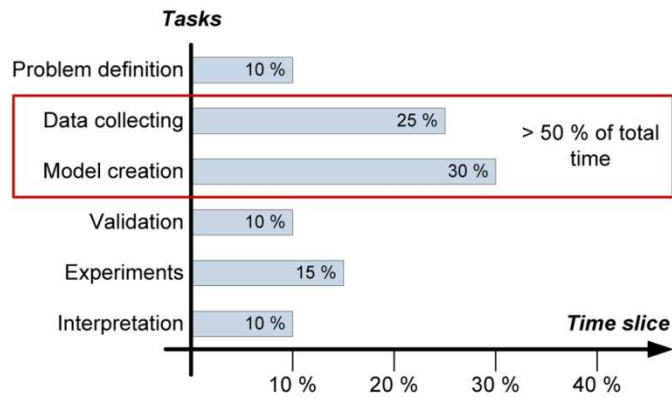


Figure 5 Time slices of the task steps of a simulation study (Kaul and Ulbrich, 2008)

Title

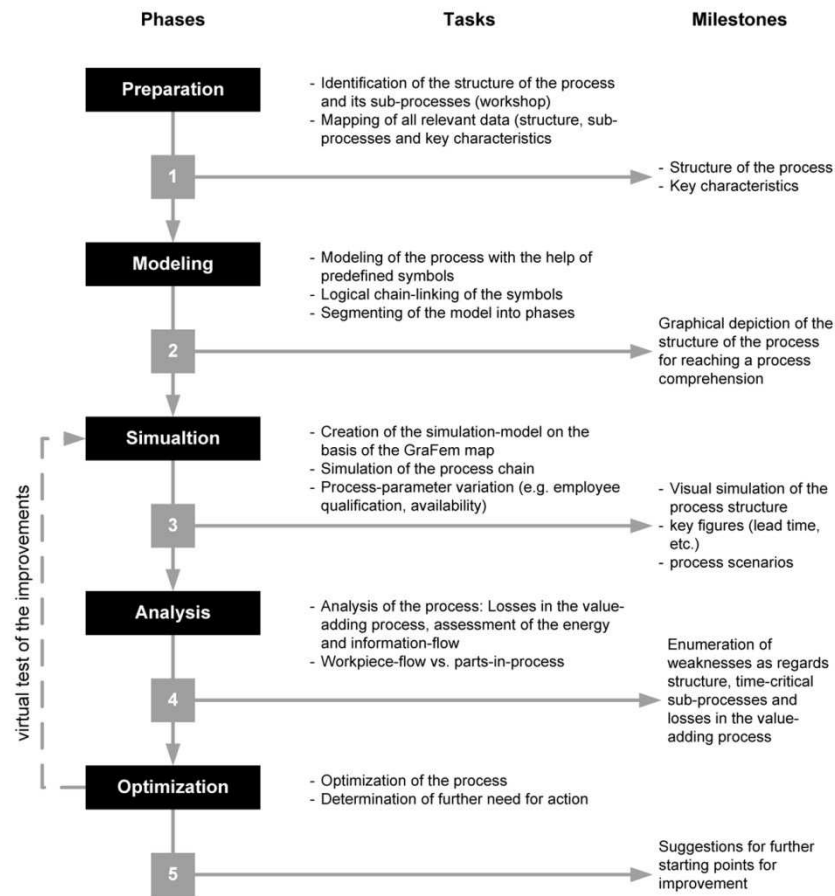


Figure 6 Extended GraFem five-step model

Title

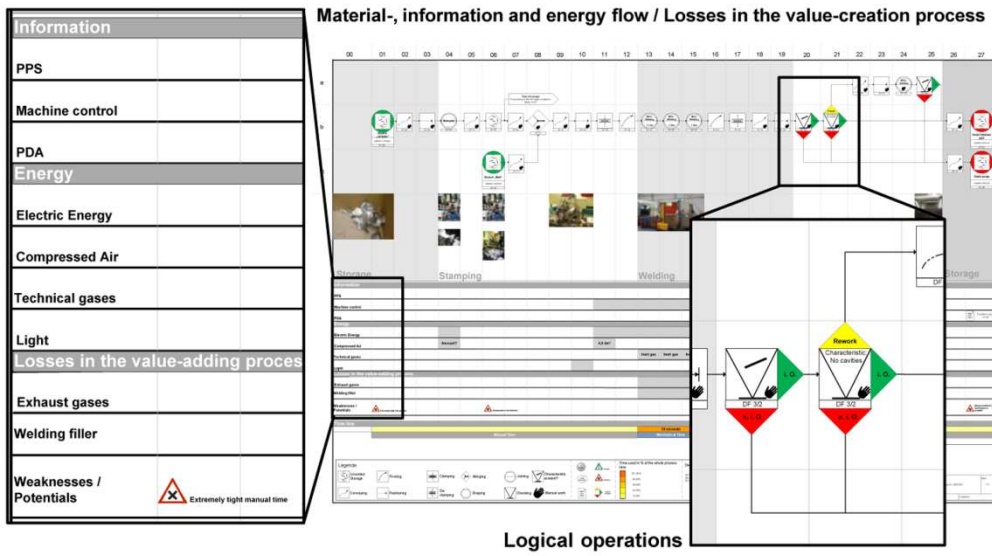


Figure 7 “GraFem”-map of the application example “production of an automotive body part”

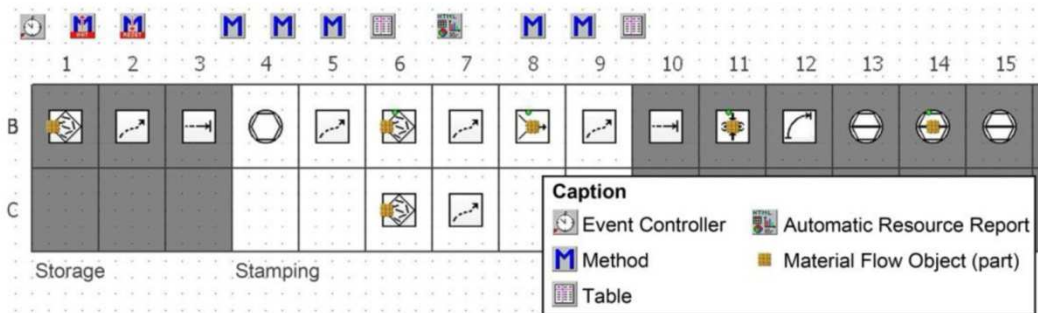


Figure 8 Simulation model of the application example

A 9 [GH13]

22nd International Conference on Production Research

STRATEGIC OPTIMIZATION OF FUTURE MANUFACTURING PROCESS WITH GRAFEM, TECHNOLOGY ROADMAPS AND SCENARIOS TECHNIQUE

V. Grienitz, M. Hausicke

Industrial Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen, Germany

Abstract

It is more important for industrial companies to react flexibly and quickly to the steadily changing market conditions in order to compete effectively with their competitors. The implementation of technological procedures in manufacturing systems that are flexible as regards quantities and variations are of particular interest. These manufacturing systems consist of a number of sequences that are needed for the successful manufacturing of the products. Each sequence is a compatible combination of different manufacturing technologies. In the case of new inventions or new developments, for example, it could be necessary to replace selected technology sequences due to rising cost pressure. This paper provides a systematic approach which allows the development and strategic optimization of manufacturing systems. How sequences can be identified and alternative scenarios can be worked out will be described.

Keywords:

Manufacturing systems scenarios, strategic process optimization, GraFem, scenarios, technology roadmaps

1 INTRODUCTION

Today, manufacturing companies act in a highly dynamic and complex environment where they have to react to various changes nearly every day. Because of a high turbulence, the intensity and forecast of future market trends becomes more and more difficult or is almost impossible [1, 2, 3]. Furthermore, continuously increasing customer needs, the ongoing reduction of trade restrictions, the wish of customer-specific product requirements, and the growth of the international competition impact on companies are influencing factors. Globalization can be considered as one of the most significant drifts for the increasing complexity in the company environment. The customers' demand a large number of different product types while, simultaneously, the product lifecycle becomes shorter and shorter.

The companies have to act in a daily field of controversy between 'Market Pull' and 'Technology Push' (cf. Figure 1). The 'Market Pull' describes, on the one hand, the continuously increasing demands of the customers. That means, the demands of the market are displayed. This also includes differentiating customer needs as well as the demand for new or innovative products. Customers could show latent unsatisfied demands, which can trigger an innovation by identification [4, 5, 7, 6].

The 'Technology Push' describes, on the other hand, the technical possibilities of today. The companies develop, independently from the customer needs identified on the market, new technologies to satisfy the customer needs better than is possible with available technology solutions. As a result, radical innovations with a high innovation level are created whose realization is connected with a high risk and expenditure of time. However, in extreme cases, new markets could be simultaneously created based on these factors [4, 5, 7, 6].

By comparing both driving forces, 'Market Pull' and 'Technology Push', linked types of distinguishing characteristics could be discovered. Technology Push strategies are usually connected with significant investments in R&D. These investments also flow in basic research to realize radical innovations. By contrast, Market Pull innovations are mostly incremental changes, which include a minor research effort [4, 5, 7, 6].

Flexible and versatile production is definitely necessary to connect both driving forces and react swiftly to changes. The ability to change is seen as a success factor for the future viability of a well-positioned company [8, 9]. WIENDAHL characterizes the ability to change as the capability of a company to change the structure of the enterprise above all levels of the company with a small amount of effort [10]. The unit and model flexible production describes the ability to produce a product range at a low cost price with a high variance [11].

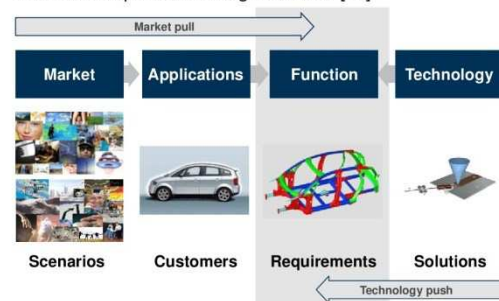


Figure 1: Interaction of Market Pull and Technology Push

Because of these facts, companies should focus on actions by which their future competitiveness can be secured.

When the company wants to produce a new type of product, the existing manufacturing technologies must often be adapted [12]. The changes to the existing manufacturing systems as a reaction to the continuously changing requirements move into the spotlight [13]. The target-oriented optimizing and enhancing of the manufacturing system plays a central role [2, 14, 15, 16]. The effects on the existing manufacturing systems have to be analyzed in order to benchmark the planned changes better.

Innovative tools are needed to control the increasing frequency, flexibility, complexity, and uncertainty of the planning to apply a target-oriented and systematic optimization and enhancement of a manufacturing system.

These tools must be able to identify the actual changing needs of manufacturing systems, to match them with the actual technology range and to develop cost-effective solutions which can be run in a qualified manner.

The adaption to the changing demand is often associated with significant investments, so that many companies, including small and medium-sized enterprises (SMEs), are not able to adapt them from the start. As a consequence, the industry has an increased interest in an ability to change, or rather adapt when a necessary investment is made [2].

2 THEORETICAL FRAMING

Different methods for the optimization of manufacturing processes are discussed in the different scientific fields. The primary goal of these methods is to reduce the complexity of the analysis and the optimization to a manageable level [17, 19, 22]. Furthermore, the approaches should ensure a systematic approach for an efficient analysis [19, 22]. The suitability of each method for the optimization depends on the required time frame and the character (qualitative, quantitative) of the method (cf. Figure 2) [19]. For example, figure 2 shows a selection of different methods, which are analyzed for their suitability of operative and strategic optimization for existing manufacturing systems. This is attributable partly to the level of detail and precision which is needed, for example, for the data collection (cf. Figure 3) [23]. In the operational planning, for example, the time frame has a short-term perspective and the level of detail of the data collected must be highly detailed and exact. Similarly, in the strategic planning, the time frame has a long-term perspective, the level of detail should be global values and the precision of the information can be rough.

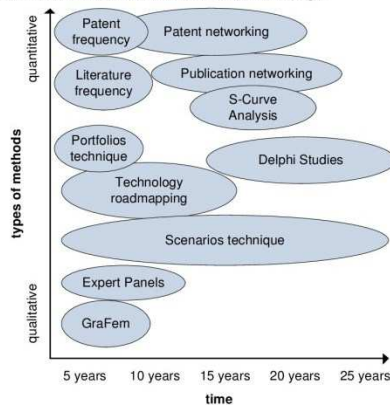


Figure 2: Suitability of a selection of methods for technology forecasting with specific time frames. According to [19]

A successful optimization of manufacturing systems on a strategic basis concerns not only the strategic perspective, but also the operational perspective, i.e. not only quantitative but also qualitative data is included. In the different scientific literature, however, no significant approaches that combine both perspectives and data types in a single approach can be found. For this reason, the use of a mixture of methods is required.

Planning level	strategical	tactical	operative
Characteristics of planning problems			
Sophistication level (Division into segment plans)	less differentiated (overall plan)	↔	strongly differentiated (many partial plans)
Detail level (Registration of details)	global values (problem areas)	↔	detailed values (detailed problems)
Precision (Information about the registered dimensions)	rough information about the values	↔	fine ("exact") information about the values
Reference period (Planning Horizon / Forecasting range)	long-term	↔	short-term
Problem structure (Delimitation of the solution space for permissible solutions)	badly structured problems	↔	well structured problems

Figure 3: Characteristics of strategic, tactical and operational planning [23]

Four different methods may be combined into a single approach based on the usability (cf. Figure 4). This combination of different methods considers external influences from innovative technologies, because these technologies will have a strong influence on the companies in the coming years [24]. This should ensure a comprehensive strategic optimization of manufacturing systems. Above all, the changes of technologies are determined in order to, on the one hand, be able to remain flexible and adaptable, and, on the other hand, invest only if necessary. As experience shows, it is reasonable to combine the graphically and functionally oriented modeling method GraFem, Delphi studies, technology roadmapping, and scenario technique. For this reason, these methods are briefly described below and merged into a holistic aggregated process model (cf. Figure 5).

	information collecting	decision preparation	planning and management instrument	future foresight	controlling instrument
Delphi Studies	+	+	0	+	0
Expert Panels	+	0	+	+	-
GraFem	+	+	+	-	+
Literature frequency	+	+	0	0	-
Patent frequency	+	+	0	0	-
Patent networking	0	+	0	-	-
Portfolio technique	0	+	+	-	+
Publication networking	0	+	0	-	-
S-curve concept	-	0	0	0	-
Scenario technique	0	+	+	+	+
Technology roadmapping	0	+	+	+	+

+ suitable 0 neutral - no fit

Figure 4: Application possibilities of different methods for technology planning. According to [4]

2.1 GraFem

GraFem is a modeling method that is graphically and functionally oriented. It had been designed for the description of production and manufacturing systems. The aim of the development was to create some method that is able to present different information, such as material, energy, information flow and the losses in value, in one single chart. The chart would make it easy to identify wastage and potential capacity in the manufacturing process. At the same time, GraFem is able to give a total and transparent understanding to all the people that are involved in the manufacturing process, therefore, it would

be advisable to use the method in conjunction with a workshop [25].

The modeling of the material flow is being done with symbols based on the German VDI guideline 2860 [26], but expanded with some new symbols. Every symbol has a clear definition of the function it stands for. Through the new symbols, it is possible to link new information to the material flow, for example, in the case of manual tasks or set-up processes. Simultaneously, GraFem considers logical operators to enable the inclusion of decisions that lead to different material flows. An example of a decision is the quality control: Where is it checked if the workpiece is all right, is follow-up work necessary or is it impossible to repair the workpiece? Moreover, it is possible to attach order conditions to every workpiece [25].

The whole manufacturing process can be represented through the correct arranging of GraFem symbols and logical operators. Every symbol can either stand for one single step in the process or two or more steps. The combination of material flow with energy and information flow becomes illustrated in a so-called 'GraFem-map' (cf. Figure 5). To improve the overview, it is possible to classify some fields and add photographs. The completed GraFem-map includes all the important information and provides a valuable background for innovative optimization of the process [25].

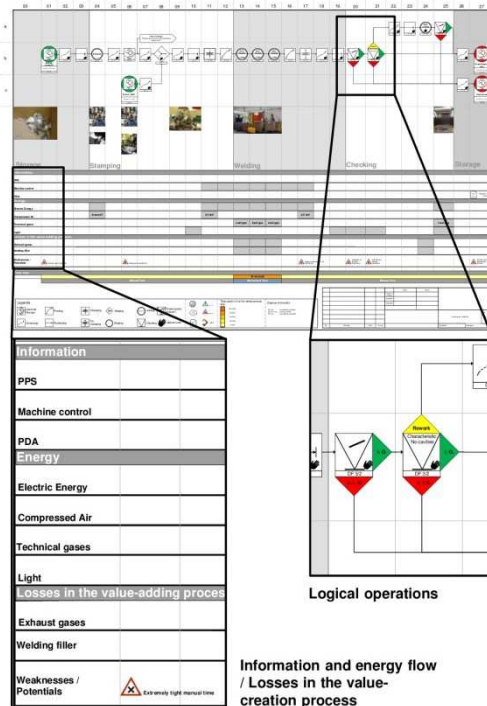


Figure 5: Example of a GraFem-map. According to [25]

2.2 Technology roadmapping

Technology roadmapping belongs to the creative analytical methods of technological early intelligence. It is specially classified to the intuitive structured search technique. Its use is to support the strategic planning [19, 20, 21]. Compared to Delphi and the scenario method, roadmapping is built for a shorter time horizon, usually up to 15 years.

The goal of roadmapping is to cover and bundle expert knowledge in a systematic way. Moreover, it predicts and visualizes development paths of technologies, products or services [19, 20, 21, 22]. It should ensure that the correct technologies, etc. are established at the right time [4]. A roadmap generally consists of two dimensions: The horizontal dimension is built by the object axis and the vertical dimension, by the time axis. In our case, the time belongs to the horizontal and the object to the vertical line. The point of departure of a technology roadmap is a special technology field, such as the technology of a manufacturing system.

The approach of roadmapping consists essentially of five phases that build up one after the other [19].

- Step 1: Determining of today's realized objects of examination and define the field of action
- Step 2: Analysis and forecasting of requirements
- Step 3: Analysis and forecasting of potential (simultaneous to step 2)
- Step 4: Determining of roadmaps
- Step 5: Completeness and consistency analysis

2.3 Real time Delphi method

The Delphi method was developed at the beginning of the 1950s and belongs to the subjective-intuitive methods of future forecasting [17, 18, 27]. It conduces to the anonymous and systematic acquisition of experts' expectations. The purpose of the development of the Delphi method was to create a discussion process which would not be affected by group dynamics. To achieve the purpose, the experts' survey is carried out in a multistage and written process [17, 18, 28]. In this context, several experts express their views in writing about definite technology and technology-related developments [4]. The results of the interview are statistically analyzed and are taken as the basis for the next interview stage. The multistage survey is a feedback process. Thereby, the results are commented on again and, in most cases, improved. The result is that we get a consensus about the development. Based on the feedback process, highly qualitative and quantitative results are accrued [4].

The Delphi method has been continually enhanced since its development. One of the latest developments is real time Delphi. In this, the interviews of the experts are performed digitally so that there is no longer a need for the multistage process, because every participant receives instant feedback after giving an answer [17, 18]. As a result of that fact, every participant has the alternative to improve or comment on their answer directly or later on. When a sufficient number of experts have participated or the previously defined deadline has been achieved, the survey platform for real time Delphi is closed [4]. An additional advantage of this method is the evaluation process, because all answers are already digital. If there is a need, it is possible to automate the evaluation process as well.

2.4 Scenario technique

The scenario technique is a well-established instrument that is used by a large number of companies for their strategic planning and for different applications [29, 30, 31, 32, 35, 22]. The main target is to reduce the complexity of dealing with the future. Therefore, the large number of environmental possibilities in the future is reduced to a manageable number of future scenarios. This also includes thinking ahead about today's influencing factors leading to their future development in a methodologically based way. This is done to anticipate the framework conditions of the future and to validate strategic decisions [32, 33, 34, 35].

The process of scenario development can be divided into four phases which build on one another. During the first phase, called system analysis, the identification and explanation of key factors and their networking takes place. On this basis, the second phase, called system composition, works out internally consistent raw scenarios. Therefore, one has to work out alternative system characteristics for every key factor and assess the frameworks of a consistency analysis. The result is a large number of possible raw scenarios. In phase three, called transfer, these raw scenarios are clustered together based on their content similarities. The number of clusters received is easily manageable. These results are needed for visualization and to derive recommendations [33, 35, 36].

To create a competitive advantage, some recommendations have to be implemented promptly and others at a later point in time. In order not to miss the right points in time, there has to be a fourth phase, called system controlling, to monitor and review all assumptions and valuations of the system. The controlling is used as an early strategic planning analysis.

3 MANUFACTURING SYSTEMS SCENARIOS

The 'Siegener' approach for the building process of manufacturing system scenarios is split into four phases [36]. Within the first phase, called system analysis, the identification and modeling of the process structure, including all system characteristics, takes place. Moreover, all technologies of the manufacturing process are identified and linked. That means, on the one hand, it is checked if the technologies fit the requirements of the manufacturing system and, on the other hand, it is checked if one technology has an indirect or direct influence on another technology. In the case of indirect influence, there is no direct effect from one to another technology. The effect appears through one or more other technologies.

The system design is done in the second phase. The technologies identified in phase one are taken and alternative technologies are looked for regarding each one. Therefore, it is important not to forget those technologies that have a low degree of maturity, because they could be operational in the future. On this basis, the descriptive elements that are relevant for the technologies are defined and weighted. The technologies used and their alternatives

are assessed and transferred into a roadmap with the help of the descriptive elements, which were defined previously.

A consistency analysis is carried out on the basis of this roadmap with the result of consistent manufacturing system constellations, respectively, raw scenarios. This phase ends with the procedure of clustering. Thereby, the number of possible scenarios is reduced by clustering the raw scenarios, on the one hand, based on content similarities and, on the other hand, based on an illustration of the content characteristics of the scenarios.

The consistent manufacturing system constellations are visualized and interpreted in the context of the third phase. The visualization can be done in three ways. Firstly, by using the multidimensional scaling (MDS), also called the map of scenarios. The second way is to use a GraFem map. The third way is to generate a technology roadmap for each scenario. The following interpretation happens on the basis of this visualization. When interpreting the ways of visualization, each leads to another statement. The MDS creates a statement about content similarities, the GraFem map shows the substituted and new steps in the process and the technology roadmap describes the way from the initial situation to the chosen scenario.

The last phase creates an early enlightenment system in conjunction with the system controlling. This includes a continuous monitoring and reporting of the interpretation of the scenario contents. Furthermore, a catalogue of measures is built up, which is maintained and updated with the reactions to system changes. This occurs in form of a loop system.

According to the general instruments listed and the general description of the process model (cf. Figure 6), the development of manufacturing system scenarios is described in detail below. A manufacturing process for bricks is used as an application example. In this context, a manufacturing system is a technical and organizationally independent allocation of potential factors for manufacturing purposes. The manufacturing system is usually made up from elementary work systems, which are the smallest unit of a combination of factors, potential resources and manpower. Moreover, a manufacturing system transforms input factors through one or more value adding stages to output [37].

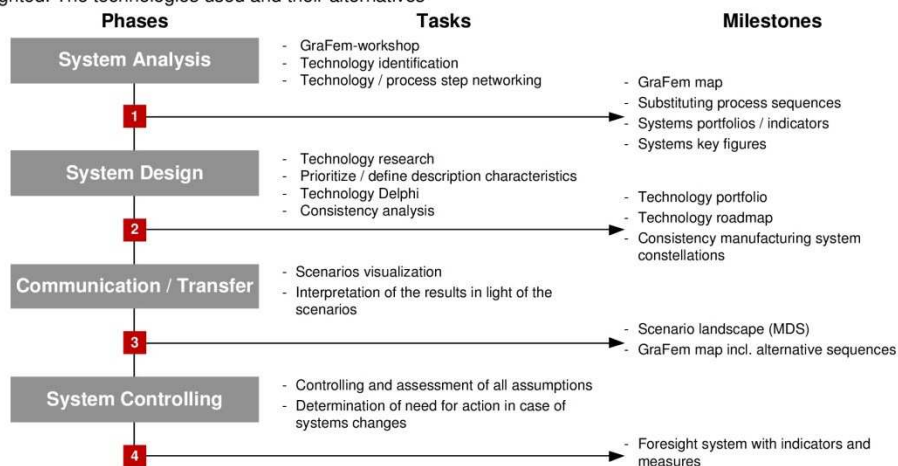


Figure 6: Holistic aggregated process model for strategically manufacturing system optimization

3.1 System analysis

The identification and description of manufacturing system structure takes place in the phase of system analyzing. Therefore, the process structure, key characteristics, technologies used, and system characteristics are identified with an instrument called GraFem.

With the aid of the GraFem workshop sets, the single steps of a process are identified in terms of 'Go to Gemba' right at the point they are caused [38]. Every step in the process is described by a symbol belonging to its function; this happens by discussing the function with all workshop participants. The results of the discussion are fixed on so-called workshop cards. The advantage of using GraFem lies in the fact that every manufacturing step can be discussed and rated regarding its contribution to the economy's value. The results of the discussion will be added to the evaluation and weighting of the technologies used and their alternative technologies. On this basis, the waste in the economy's value can be reduced and the profitability can be improved, respectively.

The information needed, energy and waste in an economy's value for each manufacturing step are immediately documented.

Building on this, the process steps, information and key characteristics are converted into a graphic model, which happens with the help of visualization tools, such as Microsoft® Visio®. This model, called the GraFem map, includes all the relevant and necessary information of the manufacturing system under consideration. Moreover, the process is split into sequences focusing on the technologies used. This means that the process steps which build up a coherent subsystem are combined. A subsystem, in this context, means a segment of the process, which depends on another segment but differs from it in relation to its functions.

How strong is the influence of the row on the column?	Process step (GraFem-map)					Active sum				
	No.	b01	b02	b03	b04	c05	b41	b42	b43	b44
3 strong and immediate influence										
2 normal influence										
1 weak and lagged influence										
0 no existing influence										
Process step (GraFem-map)	No.	b01	b02	b03	b04	c05				
Solve bricks	b01	3	2	0	1		0	0	0	25
Implement bricks	b02	0	0	0	2		0	0	0	4
Move bricks	b03	0	0	0	0		0	0	0	2
Quality control	b04	0	3	3	2		3	0	0	24
Sort second quality	c05	0	0	3	0		3	0	2	15
...
Bind bricks package	b41	0	0	0	0		0	0	0	28
Shrink-wrap bricks package	b42	0	0	0	0		0	0	0	2
Move bricks package	b43	0	0	0	0		0	3	0	21
Storage bricks package	b44	3	2	3	2	1	0	0	0	21
Passive sum		26	26	27	6	24	31	54	34	15

Figure 7: Influence Matrix with manufacturing process steps from the GraFem-map

Concluding the process, steps are connected by using a network analysis. The aim is to identify the elementary process steps and the elementary technologies of the manufacturing system. The result is a prioritization of the process steps and technologies regarding their ability for optimization. This could be a leverage effect on the whole manufacturing system or a central link in the system. The foundation for the network analysis is the impact matrix (cf. Figure 7).

What parameter is more important?	Process step (GraFem-map)					Weight sum				
	No.	b01	b02	b03	b04	c05	b41	b42	b43	b44
1 The parameter x (row) is more important										
0 The parameter y (column) is more important										
Process step (GraFem-map)	No.	b01	b02	b03	b04	c05				
Solve bricks	b01	1	0	1	1		0	0	0	25
Implement bricks	b02	0	0	1	1		0	0	0	4
Move bricks	b03	1	1	1	1		0	0	0	2
Quality control	b04	0	0	0	0		0	0	0	24
Sort second quality	c05	0	0	0	1		0	0	0	15
...
Bind bricks package	b41	1	1	1	1	1	0	1	1	28
Shrink-wrap bricks package	b42	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Move bricks package	b43	0	1	1	1	1	0	0	0	21
Storage bricks package	b44	0	0	0	0	0	0	0	0	21

Figure 8: Weights matrix with manufacturing process steps from the GraFem-map

Supported by that matrix, a comparison of couples of the process steps and technologies takes place with a focus on their mutual influences. One possible question which could be answered by using the impact matrix could be: 'How does process step b15 influence process step c19?', or in the opposite situation: 'How does process step c19 influence process step b15?' The rating scale goes from 0, 'no influence', to 3, 'very strong direct influence'. Through the combination of impact and network analysis it is possible to derive the strength of influence from one sequence to another. Adding the matrix of weights leads to a complete system analysis of every process step. With the help of the matrix of weights, all process steps and all sequences connected with the steps are prioritized regarding their relevance for answering the concrete question. The prioritization is the desired output of the network analysis (cf. Figure 8). Additional adapted sociometry methods provide other operating figures and clues, for example, to the role of a characteristic or its integration into the manufacturing system. These operating figures provide a better understanding of the system and allow, in connection with the previously noted matrices (impact and weight matrix), an in-depth study of the whole manufacturing system. Consequently, the system analysis enables the derivation of the key characteristics which assemble into the main features of a manufacturing system.

The GraFem method suffices at this point for a full system analysis of an existing manufacturing system. A high quality data basis emerges from the workshop character of GraFem, which is an advanced base for the second phase. Through combination with the network analysis, the complex manufacturing system with all its central links, leverage effects and influences is described in a systemic, structured and understandable way. Furthermore, a fundamental basis for the following system design is build. Therefore, a qualitative documentation of data is necessary.

3.2 System Design

The stage of the system design has the aim of creating a technology portfolio, the basis of the technology roadmap and consistent manufacturing system constellations. To achieve these results, technology research is necessary and is carried out. Alternative technologies to the technology already used in the system are searched for through the support of research methods such as patent analysis. During the research, not only technologies which

are established on the market are looked at, but also technologies in an early stage of development. At the same time as the technology research, relevant and unique descriptions of the technologies are defined. This includes attributes such as the 'technology readiness level' (TRL), the energy efficiency, flexibility, ability to change, innovation level, usability for other fields of application in the company, investment volume, etc. On the one hand, these descriptions have to possess a generality for all technologies in the system; on the other hand, they must describe the core function of the technologies. After prioritization, respectively weighting of the descriptions, they are sorted by ranking them by means of their importance to the system.

Based on this, alternative technologies are searched for with the help of common research methods, such as patent analysis and technology monitoring [17, 12, 22]. Afterwards, the technologies identified are rated through the application of a technology Delphi in the real time version. The participants of the Delphi make their professional opinion and rate the technologies on the basis of the descriptions. A scale from 1 to 5 is used for the description, with the exception of the TRL. The degree of performance is described by using the scale. The central question is: 'How good is the attribute fulfilled by the technology?' All attributes which do not fulfill the attribute are rated with 1. When the attribute is fulfilled as 'very good', they are rated with 5. With the help of the TRL, the technology readiness of a technology is rated. The TRL was developed from NASA to achieve an answer to the question: 'Is the technology selected fully developed to use in a product?' [39, 40]. The TRL has the advantage that the individual TRL stages can be adapted to different products or fields of technology. They are rated within a scale from 1 to 9 [41].

- TRL 1: Basic principles are documented
- TRL 2: Technology concepts and first applications are formulated
- TRL 3: Critical functions or a characteristic proof of concept are tested in laboratory
- TRL 4: Components are validated in a laboratory environment
- TRL 5: Components are validated in a real environment
- TRL 6: Prototype is demonstrated in a simulated environment (laboratory)
- TRL 7: Prototype works under operating conditions
- TRL 8: Product/System in start to series production and proven to work
- TRL 9: System proven through successful operations legislative requirements adduced

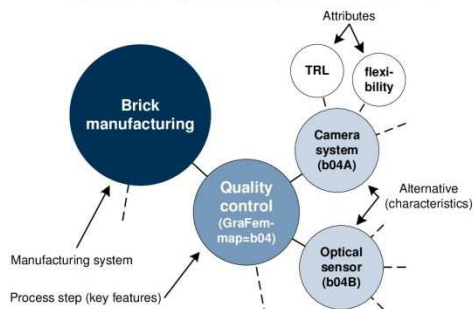


Figure 9: Example of process step, alternatives and attributes of a manufacturing system in the scenario technique

Simultaneously to the rating of the TRL, the experts make an assessment, on the one hand, for the achievement of a TRL level and, on the other hand, for the possible date of the end of a technology. The results then create the basis for the following technology comparison. The technologies previously identified are compared by means of their descriptions and displayed in a portfolio (cf. Figure 10). To find the position of a technology in the portfolio, an aggregated number is made of the attributes defined, excluding the TRL. For this purpose, the prioritization, respectively, the weight of the attributes, from the technology research is used and summarized. This number is defined as the y-coordinate of the technology in the portfolio. The rating of the TRL is used as the x-coordinate of the technology. The result is a portfolio with the different technologies positioned relative to their meaning for the company, respectively, for the manufacturing system. The position of the technologies in the portfolio is an indication of their quality and quantity. On the one hand, the possible benefit of an identified technology alternative for the manufacturing system can be seen. On the other hand, the portfolio shows if enough innovative alternatives for a technology are identified. If these facts cannot be seen in the portfolio, new technology research should be started to find new and innovative alternatives.

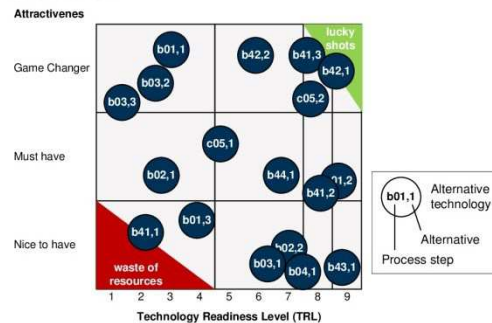


Figure 10: Technology Portfolio

Adding restrictions caused defining at which valuation the technology is taken into account by scenario calculation. Particular technologies can be classified as 'must haves'. For example, such technologies which are not required to value added. Upon reversion, there are technology limits set, which either are paramount importance to the value added or are responsible for the loss of value added. This enables, towards later stages of the scenario analysis, improving value added or reducing value-added-loss technologies are the only possible options.

In addition to a finished portfolio, the basis technology roadmap will be created. Therefore, the various technologies, including their maturity levels, can be mapped comparatively (cf. Figure 11).

Forming constellations of manufacturing systems are recognized with the aid of the following consistency analysis. For this purpose, alternative technologies are transferred to a consistency matrix. Here, they are evaluated with a view to their common stance [42]. This is an essential step towards generating scenarios because equal evaluation and scenario quality are determined. Based on this, coherent combinations of individual key characteristics are calculated with the help of an evolutionary algorithm [43]. Each combination consists of precisely one select technology (characteristics) of every process step (key features). The scenario derivation is

performed from coherent combinations at a later stage in the procedure. The issue is, to what extent the technologies (characteristics) are compatible among themselves. The scaling of the consistency values concerned ranges from 1, 'totally inconsistency', to 3, 'neutral', and up to 5, 'strong mutual support'. On the basis of undirected questioning, it is necessary that the consistency matrix in this evaluation is completed to a half [44, 45].

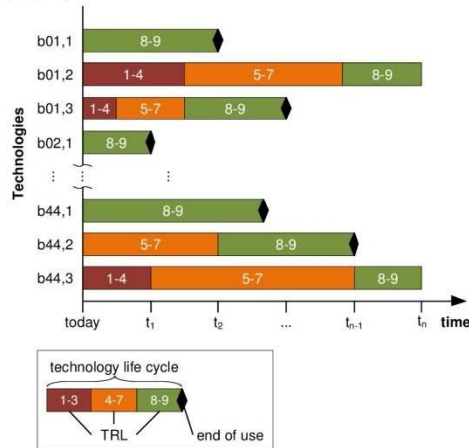


Figure 11: Basis technology roadmap

The consistent combinations are calculated by an evolutionary algorithm. The calculation possesses various advantages compared with the other algorithms. A major benefit is the free definition of the optimization goal (optimal and coherent combinations) to an objective function. In the simplest case, the consistency values (consistency matrix) contained in the characteristics combinations of the respective solution are aggregated by the objective function. A further requirement is a

maximization of the objective function. Solutions will be searched until no better solutions can be found after a certain period of time.

Due to the extension of the objective function to take into account the technology's description, scenarios of manufacturing systems can be calculated with regard to specific questions. There is an ability to calculate scenarios made of technology combinations which have a high expense of TRL, respectively, a limiting investment. The prioritization or emphasis of the description elements second phase is addressed.

The number of scenarios that are calculated by the algorithm are too comprehensive to benefit or to derivate statements. For this purpose, the high number has to be reduced to a manageable amount. The cluster analysis causes a reduction that takes place through the abstract of the content of similar scenarios. Following the clustering, between three and seven scenarios should be left. It should be noted that any abstract is tantamount to a loss of information. In this context, it must be remembered that the loss is not too large. Furthermore, the content differentiated scenarios lead to meaningful scenarios. The summarized scenarios can be mapped to the list of characteristics as a conclusion of this part of the stage. In certain scenarios of manufacturing systems, the list of characteristics shows the percentage distribution of individual technologies.

3.3 Communication / Transfer

The visualization and interpretation of the results is carried out in the third phase. On the one hand, the scenarios are illustrated in a so-called map of future manufacturing system scenarios (cf. Figure 12). This occurs with the help of multidimensional scaling. The key fact of this graphic is, 'The smaller the distance between two scenarios of the map, the more similar is the content of these scenarios.' On the other hand, the manufacturing system scenarios can be illustrated with a GraFem map. This presentation form enables a comparison of the different scenarios with the existing manufacturing system, with the aim of optimizing this system.

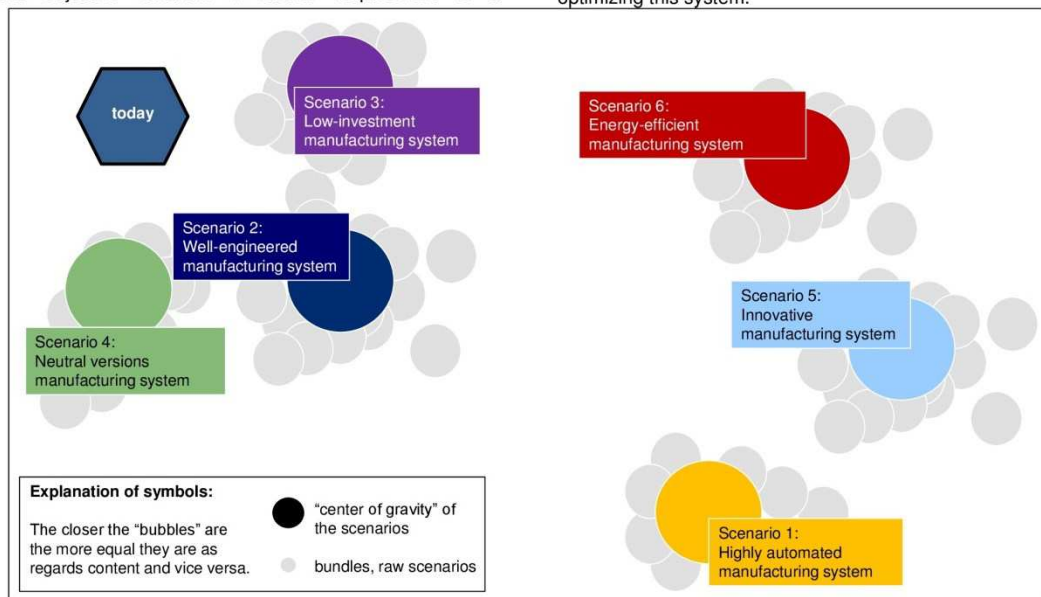


Figure 12: Map of future manufacturing system

An advantage of this visualization form is the fast identification of sequences or process steps which can be substituted, added or removed. In addition to this, it is possible to identify the process steps that have no influence on the manufacturing system. The scenarios are interpreted on the basis of this presentation and the list of characteristics. Therefore, it is obvious which combinations of technologies carry the most benefit for the optimization of the manufacturing process. Added to this, the combinations with the most benefit are most likely to support the business strategy.

At the end of this phase, a technology roadmap for every scenario is built (cf. Figure 13). One technology roadmap includes only those technologies that are used in the existing manufacturing system and those that appear in the specific scenario. Based on this, at which point in time an organization should adopt a technology out of the scenarios is shown, because of its TRL and in the case of efficient manufacturing. This form of presenting the scenarios is also good for highlighting gaps. That can illustrate, for example, if the use of one technology is limited in time, but the following technology is not yet ready for market at the point of its application.

It is necessary to take measures to close these gaps. It is possible, for example, to use a bypass technology to close the gap. Another measure is investment into research and development to force the scenario technology to a faster market maturity or to optimize another technology. It would be possible through this to optimize some specific points of a technology which were excluded in the content of technology grouping. This could maintain a higher position in the portfolio and be of more use for the system after reevaluation.

Based on the strategies defined and the measures implemented, the real technology roadmap of the manufacturing system is built. This one shows not only the way to efficient manufacturing, but also the point in time at which a specific technology group has to be established in order to produce efficient manufacturing.

Scenario 1: Highly automated manufacturing system

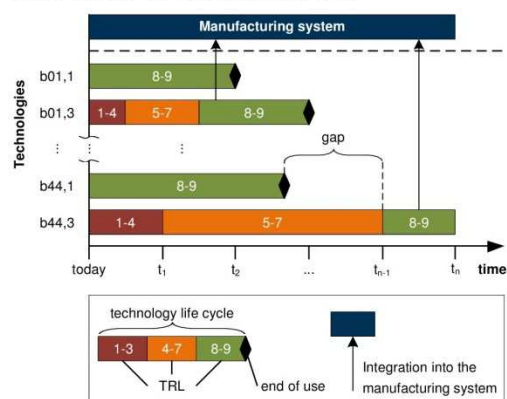


Figure 13: Technology roadmap for scenario 1

3.4 System Controlling

The regular monitoring of the scenarios uses a foresight system. It can be concluded from this system controlling at any time whether the assumptions made (choice of features, selection of key characteristics, choice of characteristic values and evaluating the consistency, etc.) are still valid. With the help of attributes of the several technologies in the scenarios, the current technological maturity and validity of the manufacturing system can be

checked, for example, by using the technology monitoring or patent analyzes. This means, the technologies are checked, if they are still relevant and best suitable for the manufacturing task. By the regular review of each attribute and the controlled search of new alternatives technologies, the manufacturing system is kept continuously up-to-date. This ensures on the one hand that the competitive position is not endangered and on the other hand the investigations in new technologies are only be done if they necessary. A comprehensive controlling instance can be installed by a combination, for example, with future and surrounding scenarios. This ensures that not only the manufacturing system is part of the foresight but also the holistic influence (e.g. political, demographic change etc.) in the corporate and competitive context. Therefor companies will not gain experience with unexpected surprises in the future.

4 CONCLUSION

Existing manufacturing systems can be optimized through the development of manufacturing system scenarios using a combination of GraFem, technology roadmapping, Delphi, and scenario technique. Manufacturing systems which have particularly innovative and adaptable manufacturing technologies can be developed. A sustainable or more cost-efficient manufacturing is developed by, for example, taking account of constraints in terms of scenarios. A strategic optimization can be guaranteed by the subsequent derivation and implementation of strategies for manufacturing. The scenario technique provides a more suitable approach for the optimization of manufacturing systems with different specific foci in a future, foreign application.

5 REFERENCES

- [1] Nyhuis P., Klemke T., Wagner C., Wandlungsfähigkeit – ein systemischer Ansatz. In: Nyhuis, P. (Ed.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Berlin: Gito-Verlag, 2010.
- [2] Lanza G., Moser R., Ruhrmann S., Wandlungstreiber global agierender Produktionsunternehmen – Sammlung, Klassifikation und Quantifizierung. In: wt Werkstattstechnik online, 2012, 102, 4, 200-205.
- [3] Galagedera D.U.A., Recent trends in relative performance of global equity markets. In: Int. Fin. Markets, Inst. And Money, 2012, 22, 4, 834-854.
- [4] Specht D., Möhrle M. G., Gabler Lexikon: Technologie Management. Wiesbaden, Gabler, 2002.
- [5] Brem A., Voigt K.-I., Integration of market pull and technology push in the corporate front end and innovation management – Insights from the German software industry. In: Technovation, 2009, 29, 5, 351-367.
- [6] Horbach J., Rammer C., Rennings K., Determinants of eco-innovations by type of environmental impact – The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. In: Ecological Economics, 2012, 78, 112-122.
- [7] Stefano G. D., Gambardella A., Verona, G., Technology push and demand pull perspectives in innovation studies: Current findings and future research directions. In: Research Policy, 2012, 41, 8, 1283-1295.
- [8] Nyhuis P., Reinhart G., Abele, E., Wandlungsfähige Produktionssysteme, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen, 2010.
- [9] Venuti, E.K., The Going-Concern Assumption Revisited: Assessing a Company's Future Viability. In: The CPA Journal, Accounting & Auditing, 2004, 40-43.

- [10] Wiendahl H.-P., Wandlungsfähigkeit – Schlüsselbegriff der zukunftsfähigen Fabrik. In: wt Werkstattstechnik online, 2002, 92, 4, 122-127.
- [11] Schenk M., Wirth S., Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
- [12] Winkler H., Modellierung vernetzter Wirkbeziehungen im Produktionsanlauf. Dissertation, Universität Hannover, 2007.
- [13] Kühn W., Digitale Fabrik – Fabriksimulation für Produktionsplaner. München: Hanser-Verlag, 2006.
- [14] Wiendahl H.-P., Nofen D., Klußmann J. H., Breitenbach F., Planung modularer Fabriken. München: Carl-Hanser-Verlag, 2005.
- [15] Lloréns F.J., Molina L.M., Verdú A.J., Flexibility of manufacturing systems, strategic change and performance. In: Int. J. Production Economics, 2005, 98, 3, 273-289.
- [16] Abele E., Reinhart G., Zukunft der Produktion – Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl-Hanser-Verlag, 2011.
- [17] Cuhls K., Delphi-Befragungen in der Zukunftsforschung. In: Popp R., Schüll E (Ed.): Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. p. 207-221. Berlin: Springer-Verlag, 2009.
- [18] Okoli, C., Pawlowski, S. D., The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. In: Information & Management, 42, 1, 15-29, 2004.
- [19] Möhrle M. G., Isenmann R., Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Unternehmen. 3rd Edition, Berlin, Springer-Verlag, 2008.
- [20] Carvalho M. M., Fleury A., Lopes A. P., An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. In: Technological Forecasting and Social Change, 2013.
- [21] Loureiro A. M. V., Borschiver S., Coutinho P. L. d. A., The Technology Roadmapping Method and its Usage in Chemistry. In: Journal of Technology Management & Innovation, 2010, 5, 3, 182-191.
- [22] Popp R., Zukunft und Wissenschaft: Wege und Irrwege der Zukunftsforschung. Berlin, Springer Verlag, 2012.
- [23] Bloech J., Bogaschewsky R., Götz U., Roland F., Einführung in die Produktion. 5th Edition, Berlin, Springer-Verlag, 2001.
- [24] IBM, Führen durch Vernetzung: Ergebnisse der Global Chief Executive Officer (CEO) Study. IBM Germany, 2012.
- [25] Grienitz V., Hausicke M., Development of Process Innovations with 'GraFem'. In: Proc. of the International Symposium on Innovation Methods and Strategic Management, Chemnitz, Germany, 2012, 29-30, 142-155.
- [26] VDI - The Association of German Engineers, 1990, VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols. Düsseldorf, Germany: VDI - The Association of German Engineers.
- [27] Häder M., Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch. 2nd Edition, Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH, 2009.
- [28] Steinmüller K., Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung – Szenarien, Delphi, Technikvorausschau. Werkstatt Bericht 21, Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung, 1997.
- [29] Weidenhaupt K., Pohl K., Jarke M., Haumer P., Scenarios in System Development: Current Practice. In: Software, IEEE, 1998, 15, 2, 34,45.
- [30] Gausemeier J., Fink A., Schlake O., Scenario Management: An Approach to Develop Future Potentials. In: Technological Forecasting and Social Change, 1998, 59, 2, 111-130.
- [31] Gracht H. A. v.d., Darkow I.-L., Scenarios for the logistics services industry: A Delphi-based analysis for 2025, International Journal of Production Economics, 2010, 127, 1, 46-59.
- [32] Gausemeier J., Plass C., Wenzelmann C., Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser Verlag, 2009.
- [33] Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G., Heijden, K. V. D., The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. In: Futures, 2005, 37, 8, 795-812.
- [34] Reibnitz U. et al., Szenario-Technik. Wiesbaden: Gabler, 1992.
- [35] Schnaars, S. P., How to Develop and Use Scenarios. In: Long Range Planning, 1987, 20, 1, 105-114.
- [36] Grienitz V., Ley S., Schmidt A. M., 2009, Scenario based future business models in automotive supplier industry. Proc. of the 2009 Industrial Engineering Research Conference (IERC), Miami.
- [37] Dangelmaier W., Fertigungsplanung: Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung. 2nd. Edition, Berlin, Springer-Verlag, 2001.
- [38] Sonnenberg H., Sehested, C., Lean Innovation: A Fast Path from Knowledge to Value, Springer, Heidelberg, 2011.
- [39] Normenausschuss Luft- und Raumfahrt des DIN E.V.; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; Astrium Space Transportation: Abschlussbericht zum INS 244 Projekt – Risiko-kontrollierte Anwendung von Innovation & technischem Fortschritt - Standardisierte Entscheidungshilfe zur Reifegradbewertung im Produkt-Lebenszyklus – Machbarkeitsstudie. 2008.
- [40] Sauser, B., Marquez-Ramirez, J. E., Magnaye, R., Tan, W., A Systems Approach to Expanding the Technology Readiness Level within Defense Acquisition. In: International Journal of Defense Acquisition Management, 2008, 1, 39-58.
- [41] Philips E., The development and initial evaluation of the human readiness level framework. Monterey, California, 2010.
- [42] Steinmüller K., Szenarien, Instrumente für Innovation und Strategiebildung, Z_Punkt GmbH, Essen, 2003.
- [43] Grienitz V., Schmidt A.-M., Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis Evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien: 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, Berlin, 19. and 20. November 2009.
- [44] Hutter H., Global Account Management als integriertes Dienstleistungszentrum - Gestaltungsszenarien am Beispiel des internationalen Vertriebs in der Nutzfahrzeugindustrie. Dissertation, Universität St. Gallen, 2010.
- [45] Ritchey T., Developing Scenario Laboratories with Computer-Aided Morphological Analysis. 14th International Command and Control Research and Technology Symposium, Washington DC, 2009.

A 10 [GHG13]

Simulation in Produktion und Logistik
Entscheidungsunterstützung von der Planung bis zur Steuerung
Wilhelm Dangelmaier, Christoph Laroque & Alexander Klaas (Hrsg.)
Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe 2013

Systemische Fertigungsprozessmodellierung und -optimierung mit integrierter Simulation

Systemic manufacturing process modelling and optimization with integrated simulation

Volker Grienitz, Michael Hausicke, Stefan Görzel, Universität Siegen, Siegen
(Germany), volker.grienitz@uni-siegen.de, michael.hausicke@uni-siegen.de,
stefan.goerzel@uni-siegen.de

Abstract: GraFem is a functional and graphical oriented modelling method to analyse and describe manufacturing processes in a comprehensive way. One of the main targets is to reduce the complexity of a manufacturing process to a manageable degree. This is possible by focusing on a defined process target and its modelling. The presented paper gives a detailed overview to the systematic process modelling with “GraFem” and the possibility of improvement and optimization with integrated simulation. After a short introduction concerning the need and the complexity of simulation, a brief overview of existing (semi-)automated modelling methods is given. It is followed by an introduction in the functionally orientated modelling method GraFem and a detailed description of the integrated simulation with the help of an example. In conclusion, a summary and an outlook of future simulation potential are given.

1 Einleitung

In vielen Anwendungsbereichen von produzierenden Unternehmen hat sich die Materialflusssimulation zu einem etablierten Werkzeug zur Entscheidungsfindung und -unterstützung entwickelt (Acél 1996; Wenzel et al. 2008; Müller-Sommer und Straßburger 2010; März und Weigert 2011). In der Regel ist mit dem Einsatz einer Simulation allerdings ein erheblicher Aufwand verbunden (Müller-Sommer und Straßburger 2010). Allein die „Datenerfassung“ und „Modellgestaltung“ sind mit Abstand die beiden umfangreichsten Aufgabenschritte und machen zusammen über 50 % des gesamten Zeitaufwands aus (Kaul und Ulbrich 2008; Müller-Sommer und Straßburger 2010; Schumacher und Wenzel 2000). Ursache für den hohen Aufwand sind die zeitintensiven und komplexen Tätigkeiten dieser beiden Phasen.

Der Aufwand für die Datenerfassung wird sehr häufig unterschätzt. Dies ist oft darauf zurückzuführen, dass i.d.R. zwar viele Daten und Informationen vorliegen, diese aber nicht primär für die jeweilige Aufgabenstellung erhoben worden sind.

Das führt dazu, dass diese Daten in einem Prüfschritt auf ihre Verwendbarkeit hin untersucht werden müssen. Darüber hinaus müssen meist immer zusätzliche relevante Daten erhoben und vorhandene Datensätze erweitert werden (Wenzel et al. 2008).

Für den hohen Aufwand bei der „Modellgestaltung“ ist die zeitintensive Implementierung des realen Systems in die Simulationssoftware verantwortlich. Dabei erfordert die Erstellung des Simulationsmodells ein hohes Expertenwissen und stellt an den Modellierer hohe Anforderungen, da hier z.B. alle relevanten Systemeigenschaften herausgearbeitet werden müssen. Wird das Modell dabei zu detailliert beschrieben, so steigt der benötigte Zeitaufwand enorm an und das Modell wird zu umfangreich. Das heißt, dass der Detaillierungsgrad die Komplexität des Modells und den Aufwand bei der Modellgestaltung bestimmt (Kühn 2006; Wenzel 2000; Wenzel et al. 2008).

Um dem entgegen zu wirken, werden in der Wissenschaft seit einiger Zeit Ansätze erarbeitet, die Simulationen für jede Unternehmensgröße zugänglich machen. Diese sollen eine effizientere und leichtere Erstellung der Simulationsmodelle ermöglichen (Straßburger et al. 2010). Dieser Beitrag zeigt einen Ansatz, wie eine Simulationsstudie auf Basis einer GraFem-Modellierung teil- bzw. vollautomatisiert durchgeführt werden kann.

2 (Teil-)automatisierte Simulation

In der Elektrotechnik oder Informatik werden bereits einige Modellierungsmethoden beschrieben, die eine automatisierte bzw. teilautomatisierte Simulation von modellierten Modellen erlauben (Schönherr und Rose 2010). Dazu zählen unter anderem die Methoden UML (Unified Modelling Language) sowie Petri-Netze (Barbarisi und Vecchio 2005; Priese und Wimmel 2008). In der Informatik ist die automatisierte Codegenerierung mit Hilfe dieser Methoden seit einiger Zeit verbreitet (vgl. Fowler 2003). Diese Ansätze sind aber in der Regel ungeeignet, um Fertigungssysteme umfassend, systematisch und funktional zu modellieren.

Aufbauend auf der Unified Modelling Language wurde von der Object Management Group die Systems Modelling Language (SysML) entwickelt und 2006 veröffentlicht. SysML legt den Fokus weniger auf die Softwareentwicklung, sondern ist für die Modellierung von allgemeinen technischen Systemen zuständig (Alt 2012). Diese Modelle lassen sich auch simulieren, allerdings stellt die abstrakte Sichtweise und die große Anzahl von Modellierungsmöglichkeiten für Ingenieure ein Hindernis für die effektive Anwendung von SysML dar (Schönherr und Rose 2010).

Aktuelle Forschungen zum Thema Simulation sind vor allem im Bereich der Modellierung und Datenbereitstellung für Simulationstools zu finden. Ein Beispiel ist das Core Manufacturing Simulation Data Information Model (CMSD), das darauf abzielt, die gleichen Datenstrukturen für die Simulation als auch für den realen Fertigungsablauf zu nutzen (Bergmann et al. 2010). Diese in dem Datenformat enthaltenen Daten, wie beispielsweise Layout- und strukturbezogene Informationen wie auch Systemlast- oder Steuerdaten, können beispielsweise in Plant Simulation verarbeitet werden. Ein weiteres Beispiel dafür ist das etwas ältere Simulation Data Exchange (SDX) Format, welches allerdings auf Layoutinformationen beschränkt

Fertigungsprozessmodellierung und -optimierung mit integrierter Simulation 101

ist. Diese Informationen können mit simulationsrelevanten Parametern versehen werden. Das SDX-Format ist im Gegensatz zum CMSD proprietär, was einen Nachteil bzgl. der Weiterentwicklung darstellt (Straßburger et al. 2010).

3 Grafische Fertigungsmodellierung – GraFem

Die von Grienitz entwickelte grafische und funktional orientierte Modellierungsmethode „GraFem“ stellt ein Werkzeug zur Beschreibung von Produktions- und Fertigungssystemen dar. Sie wurde mit dem Ziel entwickelt, die verschiedenen Flusssysteme eines Wertschöpfungs-systems umfangreich analysieren zu können. Diese Flusssysteme betreffen nach Schenk und Wirth (2004) vor allem den Energie-, Informations- und Materialfluss. Diese werden zusammen mit den Wertschöpfungsverlusten in einer Grafik zusammengefasst (vgl. Abb. 1), um sie darauf aufbauend umfangreich mit Hilfe von Partialmodellen analysieren zu können (Grienitz und Hausicke 2012).

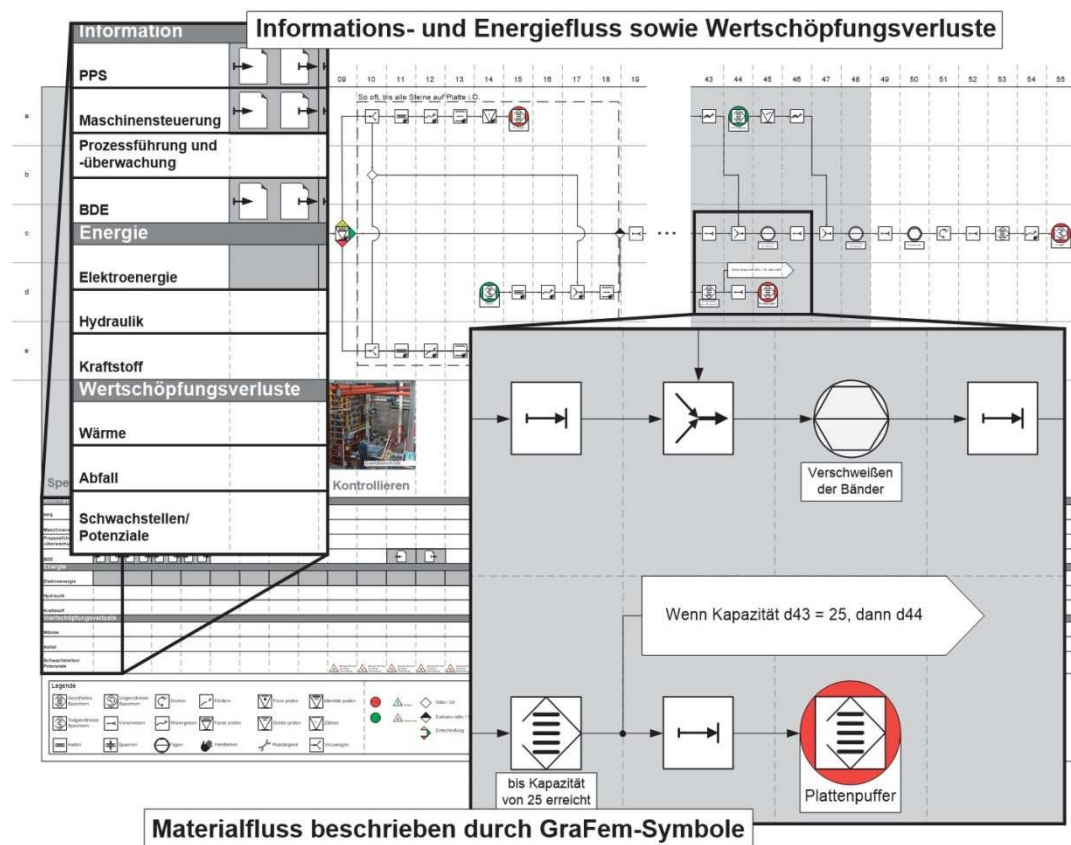


Abbildung 1: Ausschnitt der GraFem-Tapete zur Pflastersteinfertigung

GraFem basiert im Wesentlichen auf drei unterschiedlichen Ansätzen. Zum einen auf dem Ansatz von Košturiak und Gregor (1995), die Produktionssysteme mit der Hilfe von Teilsystemen und deren dynamischen-, stationären- sowie Schnittstellenelementen beschreiben. Der zweite Ansatz stellt die von Wirth (Schenk und Wirth 2004) aufgestellte Flusssystemtheorie dar. Sie unterstellt, dass sich alle Prozessfolgen innerhalb eines Produktionssystem bzw. einer Fabrik als Flüsse und

Flusssysteme aufgefasst werden können (Stoff-/Material-, Informations- oder Energiefluss). Ebenso lassen sich die zur Ausführung einer Prozessaufgabe erforderlichen Aufgaben zum Zweck der Beschreibung von Flüssen in die Grundfunktionen Transformieren, Speichern und Transportieren gliedern. Die VDI Richtlinie 2860 stellt als dritter Ansatz eine wesentliche Basis der Methode GraFem dar (Verein Deutscher Ingenieure 1990). Sie liefert klare Einordnungen, Abgrenzungen und Definitionen des Handhabens und seiner Teilfunktionen sowie die dazugehörigen Symbole, die zur Visualisierung verwendet werden. Diese können durch eigene Symbole ergänzt werden.

Mittels der Methode GraFem und der Vorgehensweise (vgl. Abb. 2) können Prozesse in einer für die Zielgruppe verständlichen Art und Weise visualisiert werden (vgl. Abb. 1). Somit kann ein ganzheitliches Verständnis über das Produktionssystem sowie dessen Schwachstellen und Potentiale erlangt werden.

Dafür wurden für die Methode GraFem sogenannte Partialmodelle entwickelt, die den Anwender bei einer nachhaltigen und erfolgreichen Modellierung sowie bei der Optimierung und Verbesserung von Produktions- bzw. Fertigungssystemen unterstützen sollen. Ein Beispiel stellt das Energiemodell dar, das auf die Art und Menge der verwendeten Energieform (beispielsweise elektrische Energie, Druckluft) eingeht. Weitere wichtige Partialmodelle stellen das Wertschöpfungsmodell, das die Potentiale und Schwachstellen der Prozesse herausstellt, sowie das Informationsmodell mit Details zur Betriebsdatenerfassung oder der Maschinensteuerung bzw. PPS dar.

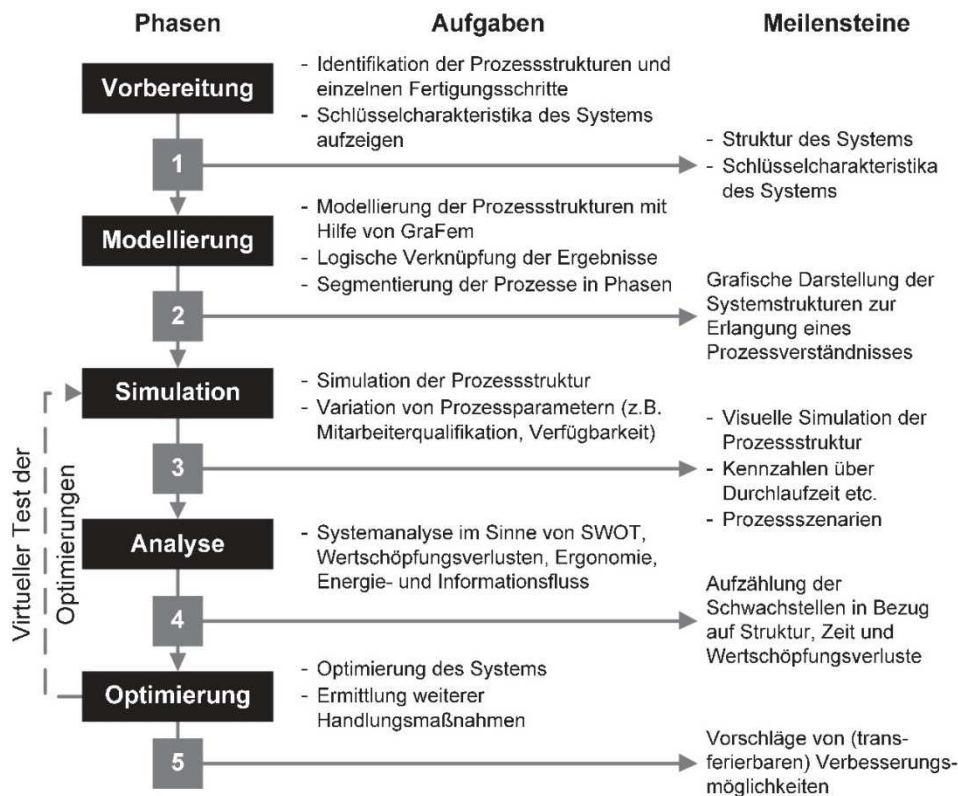


Abbildung 2: Erweitertes GraFem-Phasenmodell

Standardgemäß wird die Optimierung bzw. Visualisierung eines Fertigungsprozesses mit der Methode GraFem in vier Phasen durchgeführt (Grienitz et al. 2010). Die im Folgenden beschriebene Integration der Simulation führt zu einer Anpassung des GraFem-Phasenmodells. Dies erfolgt, indem die Phase der Simulation darin integriert wird (vgl. Abb. 2).

4 Simulation als Partialmodell

Die detaillierte Analyse eines Systems kann allerdings aufgrund seiner Vielzahl von Attributen und Abhängigkeiten schnell zu einem Verlust der Übersichtlichkeit und Anstieg der Komplexität führen (Dangelmaier 2003). Die iterative Analyse und der Vergleich verschiedener Varianten und Attributkonstellationen sind oftmals mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden.

Um dem entgegen zu kommen ist die Simulation als Partialmodell in GraFem integriert worden. Durch die Simulation wird die bisweilen qualitative Analyse mit Hilfe von beispielsweise Lean Methoden durch die quantitative Analyse z.B. in Form einer Materialflusssimulation oder der Berechnung der optimalen Losgrößen, Taktzeiten etc. erweitert. Das bedeutet, dass eine Verbesserung des Produktionssystems z.B. durch eine bessere Abstimmung der einzelnen Prozessschritte aufeinander erreicht werden kann. Die Integration fokussiert dabei nicht nur die Verbesserung, sondern ebenfalls die Planung von Produktionssystemen.

Daneben wird die Planung, Analyse und Optimierung durch die Bildung von Fertigungs-, Produktionssystem- oder Systemlastszenarien (Kühn 2006) vereinfacht. Die Fertigungssystemsznarien bieten dabei die Möglichkeit, den Einsatz alternativer Fertigungstechnologien und Produktionssystemsznarien die Anwendung unterschiedlicher Methoden (beispielsweise Einlagerungsstrategien) zu evaluieren. Durch die Systemlastszenarien kann das Systemverhalten durch unterschiedliche Auslastungsgrade (hoch, mittel und gering) geprüft werden.

Um eine effiziente und somit wirtschaftliche Integration der Simulation als Partialmodell zu erreichen, sollte der Aufwand für die Datenbeschaffung und Modellgenerierung reduziert werden. Der Ansatz der teil- bzw. vollautomatisierten Simulation bietet an dieser Stelle eine vielversprechende Lösung. Die Herausforderung dabei ist, auf Grundlage einer Datenbasis ein Simulationsmodell automatisiert zu erstellen und mit allen notwendigen Parametern zu konfigurieren. Darüber hinaus sollte ein gewisser Freiheitsgrad gegeben sein, um das entsprechende Simulationsmodell im Nachhinein ggf. manuell noch anpassen bzw. weiter detaillieren zu können.

Der Einsatz von GraFem mit Simulation erfolgt in fünf Phasen (vgl. Abb. 2). Diese werden im Folgenden anhand eines Beispiels aus einer trockenseitigen Pflastersteinfertigung erläutert. Das Beispiel betrifft die Entnahme der abgebundenen Pflastersteinlagen aus Hochregallager, das weitere Handling, die Palettierung durch einen Roboter, Verpackung sowie den Abtransport ins Ausgangslager. Die sog. „Frischseite“ (Fertigung vor dem Trocknungsprozess) ist nicht Gegenstand der Betrachtung.

4.1 Phase 1 „Vorbereitung“

Zu Beginn des GraFem-Einsatzes erfolgt die Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes sowie des Ziels. In dem hier gewählten Anwendungsbeispiel lag der Fokus auf der technologischen Optimierung und Verbesserung der trockenseitigen Pflastersteinfertigung. Dies beinhaltete neben der Identifizierung alternativer Technologien auch die Reduzierung von Verschwendungen durch bspw. Stillstandszeiten. Um diese Ziele erreichen zu können, sind in dieser Phase die einzelnen Prozessschritte mit ihren Schlüsselcharakteristika zu identifizieren. Zu den Schlüsselcharakteristika zählen neben den benötigten Informationen und Energien auch die Kapazitäten, Bearbeitungszeiten und Rüstzeiten. Zur Bestimmung dieser Informationen kommt das GraFem-Workshop-Set zum Einsatz. Als Ergebnis entsteht die Datenbasis für das Simulationsmodells sowie für die darauffolgende Erstellung der GraFem-Tapete.

In dem hier gewählten Anwendungsbeispiel wurden mittels des Workshop-Sets 89 einzelne Prozessschritte und 22 relevante Technologien in einer Expertenrunde identifiziert. Darüber hinaus wurden bereits erste Schwachstellen herausgearbeitet. Dazu zählten beispielsweise regelmäßige Produktionsstopps aufgrund des überfüllten Puffers, der die Holzplattenstapel lagert. Eine weitere Schwachstelle war eine auf den ersten Blick nicht notwendige Drehung des Roboterarms, um die Europaletten richtig in der Anlage zu positionieren.

4.2 Phase 2 „Modellierung“

Aufbauend auf der Sammlung aller notwendigen bzw. relevanten Daten wird in dieser Phase die GraFem-Tapete erzeugt. Sie ist eine visuelle Aufbereitung, bei der alle gewonnenen Daten in einer Grafik zusammengefasst werden (vgl. Abb. 1). Die Prozessstruktur wird mittels der GraFem-Symbole modelliert und anschließend logisch verknüpft. In der GraFem-Tapete sind die einzelnen Prozessschritte vergleichbar einem Schachbrett angeordnet. Durch eine solche Schachbrettstruktur wird eine eindeutige Zuordnung von Informationen auf den sogenannten Schwimmbahnen ermöglicht. Bei der Modellierung werden nach dem Ansatz von Wiendahl die wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Funktionen berücksichtigt, wobei letztere weiter in Supportfunktionen und Koordinationsfunktionen unterschieden werden. Die Supportfunktionen (bspw. Rüstvorgänge) sind für die Wertschöpfung von elementarer Bedeutung, wohingegen die Koordinationsfunktionen keinen direkten Bezug zur Wertschöpfung aufweisen (Lotter und Wiendahl 2006).

Zusätzlich zur Modellierung der Prozessstruktur erfolgt eine Segmentierung einzelner Prozessschritte zu Gruppen und ein Hinzufügen von Fotos, um Elemente des Produktionsprozesses zum besseren Verständnis veranschaulichen zu können. Neben der Abbildung der Prozessstruktur erfolgt eine Zuordnung relevanter Daten, wie beispielsweise des Zeitbedarfs, der Kapazität, des Informations- und Energieflusses sowie der Wertschöpfungsverluste in den Schwimmbahnen unterhalb der GraFem-Symbole. Die visuelle Aufbereitung erfolgt dabei unter Zuhilfenahme von Visualisierungs-Tools wie z.B. Microsoft® Visio® (Grienitz und Hausicke 2012).

4.3 Phase 3 „Simulation“

In dieser Phase geht es um die eigentliche Simulation des Prozesses bzw. des Materialflusses. Dabei kann zwischen der teilautomatisierten und der automatisierten Simulation unterschieden werden. Der Unterschied liegt darin, dass bei der automatisierten Simulation das Plant Simulation Referenzmodell alle anstehenden Aufgaben selbstständig abarbeitet. Das heißt, es importiert die Eingangsdaten, modelliert das Simulationsmodell, simuliert und überträgt die Ausgangsdaten. Der Anwender hat somit keine Möglichkeit in den Prozess einzugreifen. Bei der teilautomatisierten Simulation hingegen hat der Anwender die Möglichkeit nach jedem Schritt in den Simulationsprozess einzugreifen, um ggf. Anpassungen oder Detaillierungen vornehmen zu können.

Bis auf die Informations- und Energieschwimmbahnen sowie die integrierten Bilder besitzt das Simulationsmodell den Aufbau und das Aussehen wie die GraFem-Tapete. Die Simulationselemente weisen dazu dieselbe Symbolik der GraFem-Symbole auf und das Simulationsmodell besitzt die gleiche Schachbrettstruktur im Hintergrund wie die GraFem-Tapete. Dadurch wird sichergestellt, dass die Anwender bei einer notwendigen Anpassung oder aber auch bei der Analyse eine direkte Verbindung zwischen Tapete und Simulationsmodell herstellen können.

In einer spezifischen Plant-Simulation-Klassenbibliothek sind die einzelnen GraFem-Symbole als Simulationselemente hinterlegt. Ein Fertigungsschritt (z.B. „Fügen“) kann durch alle erforderlichen Parameter, die für die Simulation des Fertigungsschrittes erforderlich sind, wie z.B. Bearbeitungs- oder Rüstzeit, konfiguriert werden. Während der Simulationsmodellerzeugung werden dann die einzelnen Simulationselemente aus der Klassenbibliothek heraus erzeugt, positioniert und mit den notwendigen Parametern aus der Datenbasis konfiguriert.

Sobald das Simulationsmodell erfolgreich erzeugt wurde, wird der Materialfluss darin simuliert. Währenddessen werden in spezifischen Tabellen Daten über das Systemverhalten gesammelt und am Ende zu Kennzahlen zusammengefasst. Zu diesen Daten zählen beispielsweise wie sich Pufferbestände über die Zeit entwickeln, welche Prozessschritte eine hohe Frequentierung besitzen oder welche Schritte große Wartezeiten aufweisen.

Am Ende der Simulation werden die Daten aus den Tabellen, die sog. Simulationsausgangsdaten, an die Datenbasis übermittelt und dort automatisch zu einem Bericht aufbereitet. Dieser enthält zusätzlich zu den statistischen Kennzahlen auch beispielsweise ABC-Analysen. Neben der GraFem-Tapete sind die Erkenntnisse aus der Simulation eine weitere Grundlage für die darauf aufbauende Analyse.

4.4 Phase 4 „Analyse“

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den vorhergegangenen Phasen wird die Analyse durchgeführt. Diese beinhaltet die qualitative sowie quantitative Analyse. In der qualitativen Analyse kommen neben Methoden des Lean Managements auch u.a. SWOT-Analysen zum Einsatz, um beispielsweise Schwachstellen in Bezug auf die Wertschöpfung, die Ergonomie oder die Flusssysteme zu identifizieren (Grienitz und Hausicke 2012). Als Grundlage dafür dient weitestgehend die erstellte GraFem-Tapete.

Die quantitative Analyse erfolgt auf Basis der Simulationsausgangsdaten. Dazu wird das System z.B. auf Wertschöpfungsverluste durch sog. „Bottlenecks“, überdimensionierte Lager bzw. Puffer oder nicht optimal ausgelegte Losgrößen untersucht. Das Ziel dieser Phase ist es, eine Grundlage für die Entwicklung effizienter Optimierungsmaßnahmen zu erarbeiten.

Für eine fundierte Analyse werden während der Simulation u.a. unterschiedliche Systemlastszenarien simuliert. Das heißt, die Simulationsläufe werden mit unterschiedlich großen Stückzahlen gefahren. Durch diese unterschiedlichen Belastungen des Simulationsmodells werden beispielsweise Schwachstellen in der Dimensionierung von Puffern und Lagern im Sinne von Kapazitätsanalysen, in der Abstimmung einzelner Prozessschritte aufeinander, in den Taktzeiten oder in der Losgrößenbestimmung aufgezeigt. Unterstützt werden diese Punkte durch mathematische Methoden, mit denen bspw. die optimale Losgröße, Anzahl der Kanban oder optimale Taktzeit berechnet werden kann. Neben diesen gibt es noch zahlreiche weitere Möglichkeiten, um die Simulationsergebnisse auszuwerten und zu analysieren (Vergleich hierzu u.a. (Fritz 2007; Kühn 2006; März et al. 2011)). Zur Abstellung dieser Schwachstellen werden in der anschließenden Optimierungsphase Handlungsmaßnahmen herausgearbeitet.

Die Auswertung der Simulation der Pflastersteinfertigung zeigte, dass die anfänglichen Annahmen richtig waren. Je nach Produktionsprogramm entstanden Produktionsstopps aufgrund fehlender Kapazitäten im Puffer für die Holzplatten. Darüber hinaus bestätigte sie auch, dass je nach Produktionsprogramm ein Zeitverlust durch die Roboterarmdrehung entstanden ist, die für eine richtige Positionierung der Paletten notwendig war. Technologiseitig zeigte sich, dass durch den Einsatz des Roboters die Anlage bereits auf einem aktuellen Stand war. Durch Gespräche mit Experten der Anlagenbauer wurde allerdings ersichtlich, dass bereits Bestrebungen dahingehend laufen, die hydraulische Lösung der Steinlage von Holzplatten durch eine elektrische zu substituieren. Auch die zum Zeitpunkt des Projektes durchgeführte Qualitätsprüfung durch Menschenhand kann stellenweise durch eine kameragestützte Prüfung optimiert werden.

4.5 Phase 5 „Optimierung“

Auf Basis der Analyse werden in der letzten Phase Optimierungsmaßnahmen entwickelt. Durch die Realisierung dieser Maßnahmen, soll die Wettbewerbsfähigkeit erhöht werden, indem u.a. aktuelle und zukünftige Marktanforderungen befriedigt und Wertschöpfungsverluste reduziert werden.

Im Sinne der virtuellen Absicherung können die jeweiligen entwickelten Maßnahmen virtuell getestet werden, bevor diese in die Realität umgesetzt werden. Das Ganze erfolgt dabei im Rahmen eines PDCA (Plan, Do, Check, Act) Zyklus (Brunner und Wagner 2008). Das heißt, dass auf Basis der Analyse Optimierungen entwickelt (Plan) und anschließend durch die Simulation (Do) analysiert (Check) werden. Dazu müssen diese Optimierungen in das Simulationsmodell überführt werden. Dies erfolgt indem sie in Form von veränderten Parametern in die Datenbasis eingepflegt werden. Beispiele für diese Veränderungen wären die Ergebnisse der mathematischen Analyse, wie die optimale Losgröße, die berechnete Anzahl der Kanban etc. Im Falle von zufriedenstellenden Ergebnissen können die Optimierungen am System in die Realität umgesetzt werden (Act). Sollte sich

während der Überprüfung herausstellen, dass die Optimierungsmaßnahmen keinen Nutzen für das reale System bringen, können diese sogleich verworfen werden.

Um den identifizierten Produktionsstopps in der Pflastersteinfertigung zu begegnen, reichte bereits die Entfernung von zwei Einheiten an Holzplatten (2 x 16 Stück) aus dem Puffer. Dies führte dazu, dass die Anlage ungehindert weiter produzieren kann, ohne darauf warten zu müssen, dass die nassseitige Pflastersteinfertigung eine Einheit Holzplatten aus dem Puffer entnimmt. Zur Beseitigung der unnötigen Roboterarmdrehung reichte bereits eine 90°-Drehung des Palettenmagazins. Neben diesen wurden weitere kleine Optimierungen vorgenommen wie beispielsweise die Anpassung der Taktzeiten oder die Verpackung des Steinpaketes.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Integration der Simulation als Partialmodell stellt eine wesentliche Weiterentwicklung von GraFem dar. Die Möglichkeit, dadurch Produktionssysteme nicht nur auf qualitative (z.B. Lean Methoden) sondern auch auf quantitative (z.B. Simulationen) Weise analysieren zu können, führt zu einem tiefgreifenden Prozessverständnis. Im Sinne der Digitalen Fabrik ermöglicht der vorgestellte Ansatz einerseits die Planung und andererseits die Optimierung von Produktionssystemen. Durch die digitalen Modelle wird beispielsweise eine frühzeitige virtuelle Absicherung von Planungsergebnissen sichergestellt und der Prozess der iterativen Erstellung und Bewertung verschiedener Prozessszenarien vereinfacht.

Die zukünftige Forschung fokussiert u.a. die Umsetzung zusätzlicher Funktionen und Analyse-Methoden im Referenzmodell der Simulation. Des Weiteren wird die stärkere Verzahnung aller Partialmodelle mit dem Partialmodell Simulation verfolgt.

Literatur

- Acél, P.-P.: Simulieren geht über Probieren – aber nicht ohne studieren! In: Betriebswissenschaft und Innovation, BWI ETH: Zürich 1996.
- Alt, O.: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML. Hanser: München 2012.
- Barbarisi, O.; Vecchio, C. d.: UML Simulation Model for Hybrid Manufacturing Systems. In: Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation. Limassol, Cyprus, June 27-29, 2005, S. 358-363.
- Bergmann, S.; Fiedler, A.; Straßburger, S.: Generierung und Integration von Simulationsmodellen unter Verwendung des Core Manufacturing Simulation Data (CMSD) Information Model. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.). Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 461-468.
- Brunner, F. J.; Wagner, Karl W.: Qualitätsmanagement – Leitfaden für Studium und Praxis. Hanser: München 2008.
- Dangelmaier, W.: Produktion und Information: System und Modell. Springer: München 2003.
- Fowler, M.: UML konzentriert: Eine kompakte Einführung in die Standardobjektmodellierungssprache. Heidelberg: Pearson Education 2003.
- Fritz, J.: Zielführende Modellierung und Analyse schlanker Fertigungssysteme mit der Digitalen Fabrik. Saarbrücken: Dissertation, Universität des Saarlandes 2007.

- Grienitz, V.; Baldus, S.; Schmidt, A.-M.: Funktionale Modellierung für Produktionssysteme. Optimierung von Produktionssystemen mit Hilfe der Methode GraFem. In: ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Jahrgang 105, Heftnummer 11, 2010, S. 984-990.
- Grienitz, V.; Hausicke, M.: Development of Process Innovations with „GraFem“. In: Lang, R.; Müller, E. (Hrsg.): Proceedings. Methods, strategy, cooperation; Chemnitz, Germany, 29-30 March 2012, S. 142-155.
- Kaul, R.; Ulbrich, A.: 17. Deutscher Materialfluss-Kongress: Workshop Ablaufsimulation – Digitale Systemoptimierung. Garching 2008.
- Košturiak, J.; Gregor, M.: Simulation von Produktionssystemen. Berlin, Heidelberg: Springer 1995.
- Kühn, W.: Digitale Fabrik – Fabriksimulation für Produktionsplaner. Hanser: München 2006.
- Lotter, B.; Wiendahl, H.P.: Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis. Springer: Berlin 2006.
- März, L.; Krug, W.; Rose, O.; Weigert, G.: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik: Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Springer: Berlin 2011.
- März, L.; Weigert, G.: Simulationsgestützte Optimierung. In: März, L.; Krug, W.; Rose, O.; Weigert, G.: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik: Praxisorientierter Leitfaden mit Fallbeispielen. Springer: Berlin 2011, S. 3-12.
- Müller-Sommer, H.; Straßburger, S.: Methoden zur Plausibilisierung von Eingangsdaten für Belieferungssimulationen in Logistik-Planungssystemen der Digitalen Fabrik. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 61-68.
- Priese, L.; Wimmel, H.: Petri-Netze. 2. Auflage, Berlin, Springer, 2008.
- Straßburger, S.; Bergmann, S.; Müller-Sommer, H.: Modellgenerierung im Kontext der Digitalen Fabrik - Stand der Technik und Herausforderungen. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 37-44.
- Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Berlin, Heidelberg: Springer 2004.
- Schönherr, O.; Rose, O.: Modellierung mit SysML zur Abbildung von Produktionsprozessen. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 453-460.
- Schumacher, R.; Wenzel, S.: Der Modellbildungsprozeß in der Simulation. In: Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik. Society for Computer Simulation 2000, S. 5-11.
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI Richtlinie 2860 Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.
- Wenzel, S. (Hrsg.): Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik. SCS-Europe BVBA: Ghent, Belgien 2000.
- Wenzel, S.; Weiß, M.; Collisi-Böhmer, S.; Pitsch, H.; Rose, O.: Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik – Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Springer: Heidelberg 2008.

- Zülch & Patricia Stock (Hrsg.) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 37-44.
- Schenk, M.; Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Berlin, Heidelberg: Springer 2004.
- Schönherr, O.; Rose, O.: Modellierung mit SysML zur Abbildung von Produktionsprozessen. In: Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Gert Zülch & Patricia Stock (Hrsg.) Karlsruhe: KIT Scientific Publishing 2010, S. 453-460.
- Schumacher, R.; Wenzel, S.: Der Modellbildungsprozeß in der Simulation. In: Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik. Society for Computer Simulation 2000, S. 5-11.
- Siemens: Plant Simulation Produktbeschreibung: Einfacher planen, schneller analysieren, sicherer entscheiden 2008.
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.): VDI Richtlinie 2860 Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole. Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.
- Wenzel, S. (Hrsg.): Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik. SCS-Europe BVBA: Ghent, Belgien 2000.
- Wenzel, S.; Weiß, M.; Collisi-Böhmer, S.; Pitsch, H.; Rose, O.: Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik – Planung und Durchführung von Simulationsstudien. Springer: Heidelberg 2008.

A 11 [GHS13a]

*Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference
A. Krishnamurthy and W.K.V. Chan, eds.*

Lean manufacturing processes with GraFem

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, Michael Hausicke and André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57076, Germany

Abstract

Constantly changing competitive conditions are forcing many companies to follow a strategy of cost leadership. This requires the design of economically lean manufacturing processes. For this efficient design, it is necessary to reduce the complexity of the design process to a manageable degree. This is possible by focusing on a defined process target and its modeling. With "GraFem," the functionally and graphically oriented modeling method, the manufacturing processes can be mapped at a different level of detail: The processes are broken down into the fundamental process steps which can be categorized into value-adding and non-value-adding functions. The latter can further be divided into support and coordination functions. In a next stage, the process steps are linked together and summarized with the help of flows and the categorization into functions in a single graphic, the "GraFem-map." Using this map, the manufacturing process can be analyzed in detail with, for example, the focus on costs, quality or time. The paper presented shows an approach for the development of economically lean processes with help of the "GraFem"-method, the categorization into functions and the "GraFem"-flows.

Keywords

GraFem, lean manufacturing processes, manufacturing system, process modeling method, material flow

1. Introduction

The goal of every industrial manufacturing system is to transform input to output. This output is a product which often contains several different parts. These parts are manufactured at varying times with different manufacturing processes. The task of the assembly is to produce a product of higher complexity from these parts which meets the defined functions within a certain time limit. The manufacturing processes can be constantly improved by organizational and technical measurements mainly through work structuring and further mechanization and automation. For these purposes, the manufacturing system of an industrial company is regarded as a system hierarchy in which the different subsystems are summarized into a higher level system. These subsystems are connected by different flows, such as the material flows or information flows [1].

Besides continuing effort to reduce the manufacturing cost and at the same time to increase the quality, additional actual requirements should be met, such as manufacturing systems which are flexible as regards quantities and variations. A company can meet the challenges at the intersection of the market pull and technology push by exploiting the highest flexibility with the maximum of efficiency and productivity [2].

Furthermore, the company can maintain its market position and expand it by introducing the following factors [2]:

- Increase the efficiency through increasing the productivity, in particular by increasing the degree of automation
- Reduce the cycle time in manufacturing
- Integrate information processing across all functional areas
- Improve quality and reduce quality cost by the development of efficient quality control circuits

All elements that are required for a detailed analysis and optimization of manufacturing processes are combined by means of the graphically and functionally orientated modeling method GraFem. The results can finally be condensed into a single graphic – the "GraFem-Map." This enables a systematic and integrated view of the process regarded and not only a promising optimization, but also a better coordination of the subprocesses.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

2. Process modeling

Manufacturing processes consist of a large number of sequences, relationships, internal- and external influences and a large amount of information. To describe a manufacturing process clearly and consistently with all of these factors, it is necessary to use a process modeling method. In this way, models will be created from the manufacturing processes, which contain the whole structure and information. At the same time, it reduces the existing complexity to an easier degree [3, 4]

A basis is provided by the models created that helps to analyze, compare and benchmark several process in an objective way. Furthermore, the targets, responsibilities, resources, and interfaces are identified and clearly mapped which generates a uniform understanding of the processes and, therefore, makes the communication of each person involved much simpler. It should be noted that only a part of the real system is being mapped in the process modeling. This should ensure that the process modeling is simple and universal, and at the same time, shows only the relevant information and relationships of the system. The characteristics of universality, validity, simplicity, and comprehensiveness have been manifest as basic principles for the modeling of processes. On the one hand, they reduce the complexity and, on the other hand, make it manageable. By keeping these guidelines, the quality of models is increased and ensured [5].

In the last few decades, a large variety of types of modeling methods have been developed for different fields and applications. Modeling methods based especially on graphical elements have been gaining more and more acceptance by the user [6]. This is because they are clearer and easier to understand than those based on mathematical models. Most of the modeling methods developed refer to the modeling of business processes.

When considering the modeling of manufacturing processes, the business process modeling languages are often alien and/or adapted for specific projects. However, in specific cases where the alien or adapted language is necessary, the clarity and the comparability could also suffer. In addition, the modeling languages must firstly be reviewed. This leads to the necessity of additional time and cost. Due to this, modeling methods specifically to describe manufacturing processes are being developed. These modeling methods are much better suited because they take into account necessary information about the manufacturing system (cf. Table 1). The modeling methods for manufacturing systems can be divided into two different groups: On the one hand, there are methods which are based on mathematical models which describe the manufacturing systems; on the other hand, the methods are graphically orientated.

Table 1: Selected manufacturing process modeling approaches

Author	Short characterization
Cooke et al. [7]	Mixed integer programming formulations for the lot scheduling problem.
Ferney [8]	Use of bond graphs and state equations for modeling and controlling manufacturing systems.
Košturiak and Gregor [9]	Description of manufacturing systems with the help of subsystems and their dynamic, stationary and gateway elements.
Oayrbide et al. [10]	Approach of system dynamics for manufacturing modeling.
Park et al. [11]	Object-orientated modeling framework for automated manufacturing systems.
Shih and Sekiguchi [12]	Application of Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing systems.
Tsai et al. [13]	Fuzzy mixed integer programming for manufacturing cell automation problems.
VDI guideline 2860 [14]	Functionally orientated modeling of manufacturing systems.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

Wirth [15]	Interpretation of manufacturing systems as flow-systems (flow-system theory).
Xiong et al. [16]	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.
Yun and Gen [17]	Constraint programming for a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model.
Zhang et al. [18]	Object-orientated modeling method for adaptive process planning.
Zhou and Venkatesh [19]	Application of Petri nets for the modeling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells.

However, each modeling language cannot be used for every application (cf. Figure 1). This leads to the requirement to develop a new modeling method which is specific for the modeling of each manufacturing process. The resulting modeling method is the graphically and functionally oriented modeling method "GraFem." For the development of GraFem, important elements of different modeling methods have been optimized further and combined. The main elements from three methods have been closely involved. The first method is the German VDI guideline 2860. This method uses special symbols to describe processes [14]. These symbols are used for the basis of GraFem and further additional symbols have been developed. Each symbol defines a specific function, for example, a hand if manual work is necessary, or a triangle for weaknesses and weak points. The second approach used is that of Košturiak and Gregor [9], which shows a principal illustration of a manufacturing system with its subsystems, machining systems and information systems. The last approach is the flow-system theory from Wirth [15], which depicts all processes within a manufacturing process as "flows" (material, information, energy flow) and "flow-systems" (systems of multiple "flows").

	process-oriented	cycle-oriented	sequence-oriented	employee-oriented	data-oriented	information needs-oriented	value-oriented	communication-oriented	object-oriented	task-oriented
EKP		X							X	
SOM			X	X	X					
OPD	X	X	X							X
ER Model					X	X			X	
UML					X	X			X	
Petri net		X							X	
GraFem	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figure 1: Classification of different modeling methods, according to [4]

3. GraFem

GraFem is a graphically and functionally oriented modeling method which has been specifically developed for manufacturing systems. This modeling method allows the reduction of the complexity of dealing with manufacturing processes. The graphical visualization helps to illustrate the processes in a clear and transparent way and is, therefore, particularly suitable for the modeling and analysis of existing processes. With the help of GraFem, the different flows of a manufacturing process and, furthermore, the non-value-adding weaknesses and potential can be mapped in only one single graphic. This ensures a holistic and comprehensive understanding about the process including its different flows.

GraFem uses the basic symbols of the German VDI guideline 2860 and combines these symbols with newly created ones for modeling the functional material flow (cf. Figure 2). These symbols are grouped into five categories: storage, transport, intermediate step, manufacturing step, and inspecting. Each group contains several symbols which have similar functions, such as "controlled storage" or "unsorted storage." In addition to the function, each

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

GraFem-symbol is enhanced through further information, for example, if manual or mechanical work is necessary. Moreover, the degree of freedom of the workpiece in the single process step can also be associated. Further to the degree of freedom and the kind of work, it is possible to create logical operations, in other words when the following process steps depend on a decision – for example, after a quality check (OK, rework, waste). Each GraFem-symbol represents one manufacturing step in a high detail level or a group of manufacturing steps in a low detail level (cf. Figure 3). Several connected symbols which build chains represent a complete process. These chains can be grouped into different sequences of production which help to give a better overview of the whole process. In addition to these sequences, it is possible to assign pictures about single process steps below the functional material flow, for example, to give a better overview or show critical process steps.

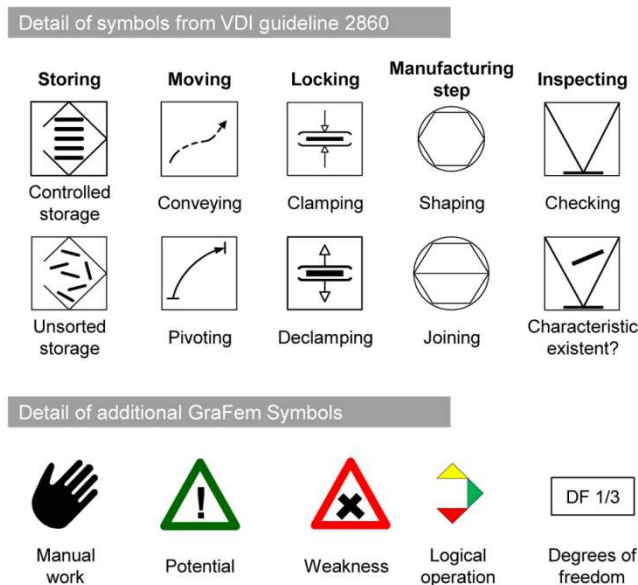


Figure 2: Selected GraFem-symbols

GraFem is a visualization method which tries to illustrate a whole process with all its information and necessary elements in a clear and understandable way. The main aim is to detect all the losses of the entire manufacturing process. To do this it is necessary to focus on the value-adding function as well as the non-value-adding function. The value-adding function relates essentially all the functions of the material flow which are needed to manufacture a high-quality product. The non-value-adding functions can be further divided into support functions for the value-adding and coordination functions. Support functions are directly necessary for the running of a manufacturing process, for example, provision of materials, set-up processes, maintenance, and so on. However, coordination functions are not directly necessary for the running of a manufacturing process but are required for the entire surroundings of the production, for example, disposition, the load of employees or order tracking [20].

GraFem take up this thought and uses the different flows (material flow, energy flow, information flow) to integrate these functions into the process modeling. Support functions are shown, on the one hand, directly by the symbols, for example, a wrench for set-up processes or control symbols for quality control. On the other hand, these are shown in the energy flow. This flow contains all important kinds of energy which are needed in the process, such as technical gases, light, compressed air, or electric energy. The information flow is used for the coordination functions. Different information that is necessary in the manufacturing process is shown: For example, which kind of information is the result of which process step and in which step the information is needed. Furthermore, the trend of costs in the running manufacturing process can be shown and which is related to each production step. Afterwards, it is important that the people in charge develop an understanding and comprehension of the whole process. This point is necessary in order to successfully improve the process.

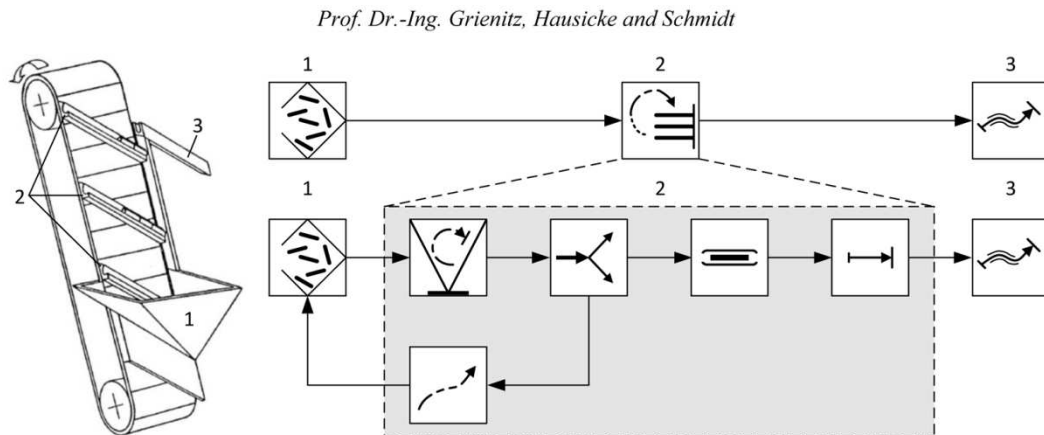


Figure 3: Different kinds of detail level

As shown in Figure 4, GraFem uses different partial models which are necessary for a successful analysis of a manufacturing system. These different models can be clustered into the consuming group, the time group and the application-scenario group. The consuming group contains the information, energy and value-added model. The energy model, for example, focuses on the consumption of electricity, compressed air, industrial gas, or other energy sources. Most companies pay particular attention to these energies because they are used to operate their machinery and plant. The time group includes the time and operations cycle model. This group focuses on the different kinds of time and operations which occur in the manufacturing system, for example, on the time cycle of a workpiece through each of several process steps, as well as through the entire manufacturing process. This can also be a starting point for further MTM (Methods-Time Measurement) studies, as manufacturing systems are often planned by using the MTM systems [21]. The application-scenario group includes, for example, market scenarios which are built from influence factors of the manufacturing system. On the one hand, this ensures a possibility to develop and check new and several variants of the manufacturing system and, on the other hand, to optimize the actual manufacturing system in the light of the results of the scenarios. It can, for example, develop scenarios which show the requirements of different wage levels (low and high). With the help of these scenarios and requirements, the system can be analyzed and optimized at the parts of the system where it is necessary in order to stabilize the manufacturing system in the long-term. Another kind of scenario is the manufacturing system scenario. This kind is used to build different system configurations which are used for the development and analysis of various degrees of automation or the implementation of a robot cell.

The approach of GraFem is structured in four basic and consecutive phases (cf. Figure 5). The first phase is the "preparation" and has a predominantly workshop character. An example is that the structure of the manufacturing process, the single process steps and the key characteristics are identified and recorded with the help of special workshop cards such as general information (number, size and inspected count of the workpieces). A special kind of workshop card exists, which is different in the kind of information of the process step it contains, for each GraFem-symbol group. The information needs for an inspection step are different from those for a storing step. Each workshop card has different areas for the different functions and flows. Based on the data collected from the first phase, the data are prepared graphically in the second phase of the "modeling." The result of the modeling is a so-called GraFem-map which contains all important data, pictures and flows (cf. Figure 6). The GraFem-map is subdivided into special "swimming lanes" which contain, on the one hand, the symbols for the material flow and its different support functions, and on the other hand, those which contains the coordination functions. This phase is supported by a visualization tool such as Microsoft® Visio®. The single manufacturing steps identified are linked together depending on their technological and logical sequence. After the linking, the mapped process should be structured by clustering the material flow in several parts and placing pictures below the symbols in this swimming lane. Below the swimming lane for the material flow, for example, the swimming lanes for the coordination functions, such as the energy, information or the value losses, are mapped. Due to the clear and easy structure of the GraFem-map, additional elements can easily be added to it.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt



Figure 4: GraFem partial models

After modeling the entire process, the analysis phase starts, based on the GraFem-map. The SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, and threats) analysis is only one of the possible instruments to support this phase. Further instruments for the analysis are, for example, tools from lean management. This phase also includes a critical examination of problems given in order to optimize the process successfully in the last phase. The optimization phase includes the system optimization as well as the recommendations for action. However, optimization should be a recurring process in a successful company which needs continuous improvements every day. After the optimization of one process, the GraFem approach starts again either in the same manufacturing process to bring this to a higher level or in another manufacturing process. This is in the context of a PDCA (plan, do, check, act) cycle to systematically reduce all value losses in the several manufacturing processes of the company.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

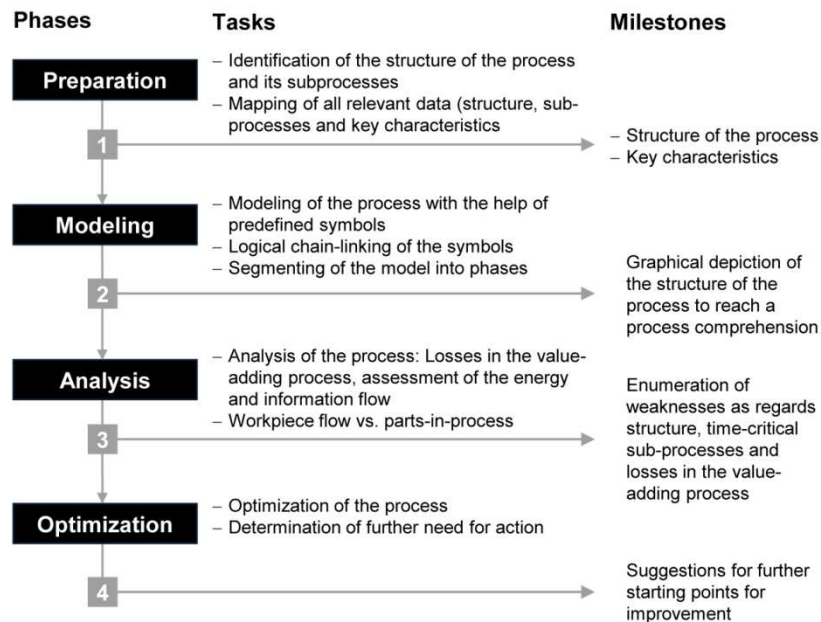


Figure 5: The four phases of GraFem

4. Lean manufacturing process

To develop lean manufacturing processes, it is necessary to have, on the one hand, a comprehensive understanding of the entire manufacturing process and its functions and, on the other hand, a transparent model of this process. Only if these two facts are given, is a process going to be optimized which contains no more value losses. The recording of the relevant process data and the following depiction in the GraFem-map is a good basis for this purpose. The recording of the data has a workshop character and is conducted in the context of *Go-To-Gemba* [22]. This means that the workshop is directly on the shop floor and especially in the places of value creation. This action is for the discussion next to the process, on the one hand, and for error prevention against information losses, on the other hand. Due to the proximity of the process, the relevant process parameters are available directly and so can reduce unnecessary movement.

As depicted in chapter 3, the GraFem-map is divided into different areas which contain the information needed for the optimization. The top of this map contains the swimming lane for the material flow which contains the value-adding function and the support function of the manufacturing process (cf. Figure 6). Below the top of the map, several swimming lanes are mapped which contain the coordination functions of the manufacturing process. These swimming lanes allow an identification of the directly recognizable losses in the value creation process – since these losses had already been registered during the mapping of the process in the first GraFem step. The necessary information can be recorded quickly by this division of the GraFem-map and the display in columns of each process step. It can be recorded quickly, for example, which energy is used within the manufacturing process steps, and throughout, how high the actual consumption is in total. That could indicate the need for an optimization of the process in several aspects. This provides a good basis to be able to plan the implementation of lean methods in the manufacturing process. In this context, it is equally apparent in which areas of the manufacturing the lean methods must be used wisely in order to eliminate the waste.

One of the lean methods is the 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, and Shitsuke) concept, which can be implemented profoundly in the manufacturing process with the help of the GraFem-map. The 5S is a concept for the organization of the workplace and creates a standard for each workplace in the business. The aim is, for example, to increase efficiency and productivity, improve safety and reduce search time. The mistakes can be easily prevented by the

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

standardization with little effort and cost. Further deviations are detected before they cause mistakes [23, 24]. The GraFem-workshop and the GraFem-map show the process steps which lead to increased waste production. Furthermore, these show the places where the waste or the disorder handicaps the production. Based on this knowledge, concepts for cleanliness can be developed and standardized for the entire process and business. Finally, the standard can be depicted in a GraFem-map which shows the new process model.

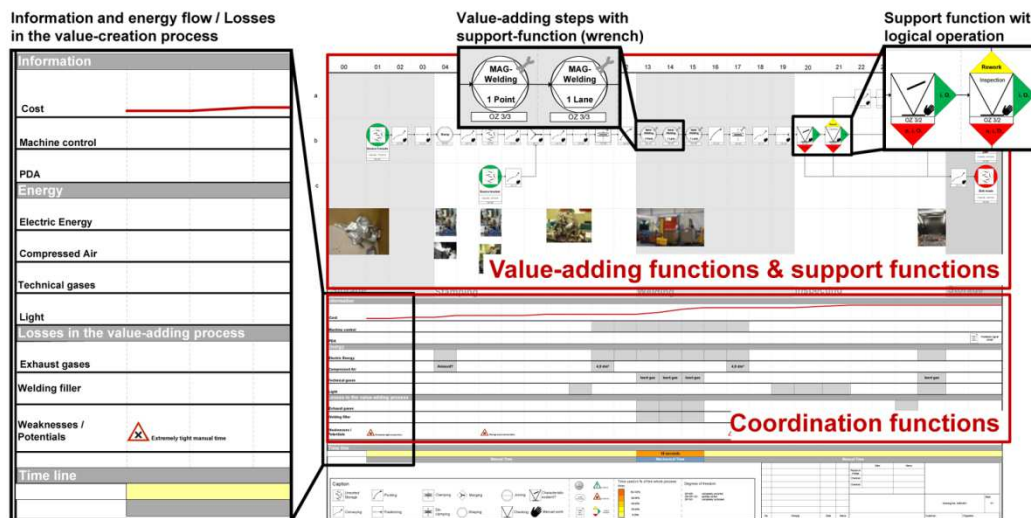


Figure 6: GraFem-map

Additionally, the GraFem-map is a good starting point for a *Kaizen* workshop because all relevant information about the process is depicted within. This means that the manufacturing process is improving in small and steady steps. The idea behind *Kaizen* is that no business is perfect. By this “Continuous Improvement Process” (CIP), the mistakes of the past should be remedied and, thereby, efficiency losses are reduced [23, 24]. To support the CIP, the new process planned can be simulated. The GraFem-map can be converted into a database for this which automatically generates a simulation model, starts the simulation run and evaluates this at the end of the simulation run. This permits the simultaneous evaluation of the lean methods planned before they become a reality and generate unnecessary costs.

Another aspect that arises from the combination of GraFem with simulation is that the manufacturing process can be regarded on different levels. This is especially important in the context of *Heijunka* that tries to harmonize the manufacturing flow. With help of the simulation, fluctuations in the process can be made visible. Thereby, fluctuations can be based on internal or external influences. Afterwards, the fluctuations can be reduced by various measures. For example, capacity critical sub-process can be identified or optional parallel sub-processes can be added. The latter can assure a continuous flow within the production. Also, unnecessary storage can be identified and eliminated by using simulation. In this conjuncture, GraFem can help to design alternative processes which allow for a quantitative balancing. By simulation the production schedule can be tested and adjusted as required in a virtual environment before it will be realized.

In combination with the partial model “GraFem-Scenarios,” different strategies of value loss reduction can be developed. For that purpose, each process step should be analyzed if it is value-adding, for example, if the customers are willing to pay for it. Due to this, the customer interest, the “market pull,” must be investigated and compared to the technological possibilities, the “technology push,” and the actual manufacturing system (cf. Figure 7).

- Market pull describes the social and economic developments from the point of view of the branch of business and of the market. It also includes the description of specific requirements of different customer segments.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

- Technology push describes changes in the technological environment. These include, for example, innovative substitution manufacturing technologies, improvements in existing technologies, as well as innovations in the field of materials that allow for the adoption of new technologies and, therefore, make the satisfaction of new and complex customer requirements possible.

With the help of the scenario technique, different market scenarios will be developed. In a next step, these scenarios are compared to the GraFem-map. As a result, the differences between the requirements of the actual manufacturing system and the market demand can be seen. On this basis, an overall strategy with recommendations for action for the optimization can be developed; examples include outsourcing of different process steps, elimination of unnecessary process steps and those which do not add value, or adding new manufacturing steps with innovation technologies.



Figure 8: Market pull and technology push

5. Conclusion

The functionally oriented GraFem modeling method is valuable for viewing and analyzing production and manufacturing systems. It offers the possibility of viewing the processes from different points of view in order to consider how to sustain an optimized manufacturing system. A key benefit is the clear and comprehensible mapping of the manufacturing process. This simplifies the optimization of a system in the corporate context. Unlike a “classical” modeling in a flow chart, individual points can be isolated from the GraFem-map without additional data having to be processed. This makes a direct reference to the process of data possible.

Further application projects have shown that GraFem provides a significant contribution to the planning, analysis and optimization of complex and innovative manufacturing systems. Additionally, further research has shown that this method can be easily combined with simulation tools. Furthermore, it was found that the applications are not limited to the production and assembly process and the integrated factory planning, but can also be adapted to many other areas.

References

1. Warnecke, H.-J., 1975, “Montagetechnik,” Krausskopf, Mainz.
2. Warnecke, H.-J., 1996, “Die Montage im flexiblen Produktionsbetrieb,” Springer, Berlin.
3. Becker, J., Rosemann, M., and Schütte, R., 1995, “Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung,” *Wirtschaftsinformatik*, 37, 435-445.
4. Herrmann, C., 2010, “Ganzheitliches Life Cycle Management: Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen,” Springer, Berlin.
5. Becker, T., 2008, “Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren,” Springer, Berlin.
6. Rump, F.J., 1999, “Geschäftsprozessmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozessketten: Formalisierung, Analyse und Ausführung von EPKs,” Teubner, Stuttgart.

Prof. Dr.-Ing. Grienitz, Hausicke and Schmidt

7. Cooke, D., Rohleder, T.R., and Silver, E.A., 2004, "Finding Effective Schedules for the Economic Lot Scheduling Problem: A Simple Mixed Integer Programming Approach," *International Journal of Production Research*, 42, 21-36.
8. Ferney, M., 2000, "Modeling and Controlling Product Manufacturing Systems using Bond-graphs and State Equations: Continuous Systems and Discrete Systems which can be Represented by Continuous Models," *Production Planning and Control*, 11(1), 7-19.
9. Košturiak, J., and Gregor, M., 1995, "Simulation von Produktionssystemen," Springer, Berlin.
10. Oyarbide, A., Baines, T.S., Kay, J.M., and Ladbrook, J., 2003, "Manufacturing Systems Modelling Using System Dynamics: Forming a dedicated Modelling Tool," *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, 2(1), 71-87.
11. Park, T.Y., Han, K.H., and Choi, B.K., 1997, "An Object-oriented Modelling Framework for Automated Manufacturing System," *International Journal for Computer Integrated Manufacturing*, 10(5), 324-334.
12. Shih, H., and Sekiguchi, T., 1991, "A Timed Petri Net and Beam Search Based On-line FMS Scheduling System with Routing Flexibility," *Proc. of the 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Sacramento, CA, April, 2548-2553.
13. Tsai, C.C., Chu, C.H., and Barta, T.A., 1997, "Modeling and analysis of a manufacturing cell formation problem with fuzzy mixed-integer programming," *IIE Transactions*, 29, 533-547.
14. VDI – The Association of German Engineers, (eds.), 1990, "VDI Guideline 2860 – Assembly and Handling; Handling Functions, Handling Units; Terminology, Definitions and Symbols," VDI – The Association of German Engineers, Düsseldorf.
15. Schenk, M., and Wirth, S., 2004, "Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik," Springer, Berlin.
16. Xiong, H.H., Zhou, M.C., and Caudill, R.J., 1996, "A Hybrid Heuristic Search Algorithm for Scheduling Flexible Manufacturing Systems," *Proc. of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Minneapolis, MN, April, 2793-2797.
17. Yun, Y.S., and Gen, M., 2002, "Advanced Scheduling Problem Using Constraint Programming Techniques in SCM Environment," *Computers and Industrial Engineering*, 43, 213-229.
18. Zhang, Y., Feng, S.C., Wang, X., Tian, W., and Wu, R., 1999, "Object Oriented Manufacturing Resource Modeling for Adaptive Process Planning," *International Journal of Production Research*, 37(18), 4179-4195.
19. Zhou, M.C., and Venkatesh, K., 1999, "Modeling, Simulation, and Control of Flexible Manufacturing Systems: A Petri Net Approach," World Scientific Publishing Company, River Edge, NJ.
20. Lotter, B., and Wiendahl, H.-P., 2006, "Montage in der industriellen Produktion: Ein Handbuch für die Praxis," Springer, Berlin.
21. Christmansson, M., Falck, A.-C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmussen, L., and Kadefors, R., 2000, "Modified Method Time Measurements for Ergonomic Planning of Production Systems in the Manufacturing Industry," *International Journal of Production Research*, 38(17), 4051-4059.
22. Sonnenberg H., Sehested, C., 2011, "Lean Innovation: A Fast Path from Knowledge to Value," Springer, Heidelberg.
23. Brunner, F. J., 2008, "Japanische Erfolgskonzepte," Hanser Verlag, München.
24. Brunner, F. J., Wagner, K.W., 2005, "Qualitätsmanagement – Leitfaden für Studium und Praxis," Hanser Verlag, München.

A 12 [GHW11]**Technikunterstützte Bewertungsprozesse in der Szenariotechnik****Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz**

*Industrial Engineering, Institut für Produktionstechnik,
Department Maschinenbau, Universität Siegen
Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57068 Siegen
Tel.: +49 (271) 749 2520
E-Mail: volker.grienitz@uni-siegen.de*

Michael Hausicke

E-Mail: michael.hausicke@uni-siegen.de

Björn Wollny

E-Mail: bjoern.wollny@student.uni-siegen.de

beide:

*Industrial Engineering, Institut für Produktionstechnik,
Department Maschinenbau, Universität Siegen
Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57068 Siegen*

Zusammenfassung

Bei der Erstellung von Szenarien werden zahlreiche Bewertungsschritte durchlaufen. Jede Bewertung stellt persönliches Wissen, Wertvorstellungen, Einstellungen sowie Motive dar [Lin08, S. 12], welche im Detail zu großen Bewertungsunterschieden führen können [Bra08, S. 199]. Eine konsensorientierte Diskussion der Bewertungsfelder ist aber aufgrund der zahlreichen Bewertungsfälle in der Regel nicht zielführend.

Classroom-Response-Systeme (CRS) bieten in diesem Zusammenhang die Möglichkeit einer geführten bzw. moderierten Gruppenabstimmung und erlauben somit die Berücksichtigung von zahlreichen anonymen Bewertungen.

Mit Hilfe der Anoto-Technologie kann die Diskussion ebenfalls unterstützt werden. Sie ermöglicht den Teilnehmern gewohnte und meist als angenehm empfundene papierbasierte Bewertungen der Matrizen vorzunehmen.

Ziel des Beitrages ist es aufzuzeigen, inwieweit durch den Einsatz dieser beiden Technologien der Szenarioerstellungsprozess - insbesondere im Hinblick auf die Reduzierung der Störgrößen, unterstützt werden und somit gleichzeitig die Glaubwürdigkeit von Szenarien erhöht werden kann.

Schlüsselwörter

Szenariotechnik, Bewertungsunterstützung, Classroom-Response-System, Clicker, Anoto-Technologie

1 Einleitung

Im Komplexitätsmanagement gilt es, zahlreiche Aufgabenstellungen systemisch zu lösen. Dazu gehören die Entwicklung von Unternehmensausrichtungen im Sinne des strategischen Managements, das Antizipieren von zukünftigen Entwicklungen, das systematischen Begreifen von Risiken oder die Entwicklung von neuen Produkten, die zu Innovationen werden sollen und somit den Unternehmenserfolg der folgenden Jahre sichern könnten. Bei solchen weitreichenden Überlegungen kommt es darauf an, dass nicht nur ein kleiner Zirkel von Eingeweihten sich mit den strategischen Fragestellungen auseinandersetzt. Vielmehr ist es wichtig, zahlreiche Stakeholder [Fre84, S. 139ff] der Fragestellung sowie der Umsetzung der Resultate einzubeziehen. Diese Tatsache impliziert aber, dass eine größere Gruppe von Personen in demokratischen Prozessen die Ergebnisse erarbeiten sollte.

Die Erarbeitung von Ergebnissen in Gruppen bedeutet, dass verschiedene Meinungen Berücksichtigung finden müssen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Teilnehmer in Bewertungsprozessen von ihrer Intuition getrieben werden bzw. von ihrer subjektiven Meinung geprägt sind [Bra08, S. 199], [Jun85, S. 322]. Hinzu kommen gruppendynamische Prozesse, die einerseits die Struktur der Befragungen beeinflussen und andererseits die Glaubwürdigkeit der Ergebnisse bestimmen.

Somit sind Werkzeuge und Methoden notwendig, die solche Bedingungen berücksichtigen können und dennoch nicht zu komplex in der Durchführung und Anwendung sind. Gerade beim Einsatz der Szenariotechnik im Rahmen des Komplexitätsmanagements ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für die Einbeziehung von Gruppenmeinungen. Dadurch wächst die Identifikation mit den Szenarien, was wiederum für die Umsetzung der Ergebnisse hilfreich ist [Fin94, S. 139]. Die Ergebnisse des Szenarioprozesses erscheinen wesentlich glaubwürdiger, auch aufgrund der Einbeziehung verschiedener (Experten-)meinungen [Sch00, S. 39], [Bla97, S. 140].

Technische Unterstützungen können einen hilfreichen Beitrag leisten und sollten die Transparenz der Szenarioerstellung und der damit einhergehenden Bewertungsprozesse im Allgemeinen sowie Speziellen erhöhen [Sch00, S. 47]. Dabei ist die Komplexität aufgrund der Anzahl der Personen sowie deren zumeist unterschiedlichen Bewertungsergebnisse zu berücksichtigen. Schlussendlich sollten die Bewertungen durch die Technologieunterstützung effizienter, leicht erlernbar und flexibel im Bewertungsprozess einsetzbar sein. Die notwendige IT-Infrastruktur sollte weitestgehend unauffällig im Hintergrund agieren.

2 Stand der Forschung und Technik - Ausgangssituation

Zunächst wird die Vorgehensweise der Szenariotechnik und die damit verbundenen Bewertungsschritte dargestellt. Im Anschluss werden im Überblick zwei Technologien vorgestellt, die diese Bewertungsprozesse unterstützen können.

2.1 Szenariotechnik

Die Szenariotechnik ist ein etabliertes Werkzeug der strategischen Unternehmensführung [Ges06, S.368ff]. Mit den zahlreichen Anwendungsfällen, wie Zukunfts-, Geschäftsmodell-, Produkt- oder Risikoszenarien stellt sie ein universellen Methodenbaukasten mit zwei wesentlichen Bausteinen zur Verfügung: *Systemanalyse* und *intelligente Morphologie*.

Der Prozess der Szenarioerstellung wird in vier Phasen unterteilt (Bild 1). Im Rahmen der ersten Phase, der *Systemanalyse*, erfolgt die Identifikation und Beschreibung der wesentlichen Merkmale sowie deren Vernetzung. Das *Systemdesign* beinhaltet als zweite Phase die Konsistenzanalyse (intelligente Morphologie) und die Erstellung der Rohszenarien. Im Rahmen des *Transfers* erfolgt eine Clusterung der Rohszenarien zu Szenarien sowie die Darstellung der Szenarioinhalte durch die sog. Ausprägungsliste (siehe auch linke Seite in Bild 5). Anschließend werden die Szenarien zur Ableitung von Handlungsempfehlungen sowie der allgemeinen Kommunikation in Form einer Multidimensionalen Skalierung (MDS), der sog. Landkarte der Szenarien, visualisiert. Das *System-Controlling* dient der stetigen Überwachung und Überprüfung aller Annahmen und Bewertungen des Szenarioerstellungsprozesses durch ein Frühaufklärungssystem.

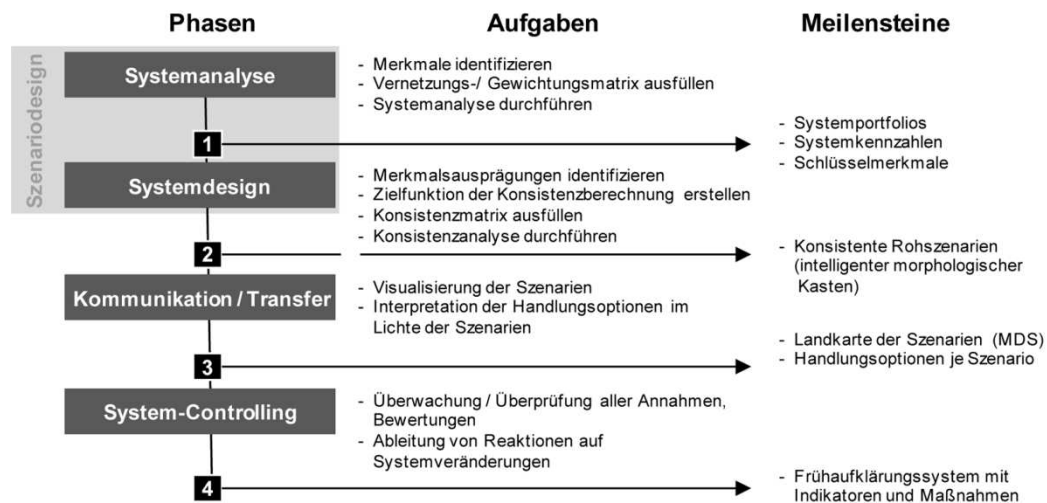


Bild 1: Vorgehensmodell Szenarioerstellung [GS10, S. 146]

2.2 Bewertungen

Die Szenariotechnik beinhaltet drei wesentliche und weitere optionale Bewertungsschritte. Dabei handelt es sich um die Vernetzungs- und Gewichtungsbewertung im Rahmen der Systemanalyse sowie um die Konsistenzbewertung in der Phase des Systemdesigns (siehe Vorgehensmodell Bild 1). Bei diesen Bewertungen werden umfangreiche Matrizen evaluiert, welche sich jedoch grundsätzlich in der zu beantwortenden Fragestellung und dem dazugehörigen Aufbau unterscheiden.

2.2.1 Vernetzungsmatrix

Die Vernetzungsmatrix beschreibt den direkten Einfluss der Merkmale untereinander. Es handelt sich dabei um eine quadratische Matrix, bei der in den Zeilen und Spalten die Merkmale eingetragen sind. Die Kreuzungspunkte aller Zeilen und Spalten werden bewertet. Lediglich die Eigenbewertung (Diagonale) fällt aufgrund der Sinnfreiheit heraus. Die Bewertung erfolgt anhand einer vierstufigen Skalierung von 0 bis 3, wobei "0" kein Einfluss und "3" sehr hoher unmittelbarer Einfluss bedeutet. Die zu beantwortende Frage diesbezüglich lautet: "Wie beeinflusst das Merkmal A (Zeile), das Merkmal B (Spalte)?"

Direkte Einflussmatrix												
Wie beeinflusst das Merkmal A (Zeile), das Merkmal B (Spalte)?												
Bewertungsmaßstab: 0 = keine Einfluss 1 = schwacher, verzögerter Einfluss 2 = mittlerer Einfluss 3 = starker, unmittelbarer Einfluss												
Merkmal A	Merkmal B	Umweltbewusstsein	Altersstruktur	Ansehen der digitalen Fotografie	Datenschutz	Einkommensverwendung	Einstellung zur digitalen Fotografie	Freizeitverhalten	Art der Substitutionsprodukte	Gefahr durch die Substitutionsprodukte	Komplementäre	Aktivsumme
Nr.		1	2	3	4	5	6	7		32	33	34
Umweltbewusstsein	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	6
Altersstruktur	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	31
Ansehen der digitalen Fotografie	3	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	28
Datenschutz	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	15
Einkommensverwendung	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6
Einstellung zur digitalen Fotografie	6	0	0	0	0	2	3	1	0	2	0	26
Freizeitverhalten	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	8
Gefahr durch die Substitutionsprodukte	32	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4
Komplementäre	33	0	0	1	0	2	1	0	1	0	3	14
Passivsumme		2	0	16	2	18	22	18	16	29	17	

Bild 2: Beispiel einer Einflussmatrix für die Merkmale von Zukunftsszenarien der digitalen Fotografie

Wie im Beispiel in Bild 2 dargestellt müssten 34 Merkmale gegeneinander bewertet werden. Demnach sind 1.122 (34*34 abzüglich der 34 Bewertungen auf der Diagonalen) Bewertungen notwendig, welche nicht zielführend in einer Gruppe moderiert werden können. Die Mitglieder würden den Bewertungsprozess als sehr anstrengend und langwierig empfinden, soweit über jedes Bewertungsfeld mehrere Minuten diskutiert werden würde. In der Regel ist es so, dass die erste Bewertungszahl, die dem Betrachter einfällt, auch verwendet werden sollte, damit indirekte Beeinflussungen ausgeschlossen werden können.

2.2.2 Gewichtungsmatrix

Bei der Gewichtungsmatrix handelt es sich, vergleichbar zur Vernetzungsmatrix, um eine quadratische Matrix. Es wird jedoch nur die obere Dreiecksmatrix ausgefüllt, wobei die folgende Frage beantwortet wird: "Ist das Merkmal A (Zeile) wichtiger als das Merkmal B (Spalte) für die Beantwortung der grundsätzlichen Fragestellung?" Die untere Dreiecksmatrix wird somit automatisch aus den reziproken Werten der oberen gebildet.

Gewichtungsmatrix														
Ist das Merkmal A (Zeile) für die Szenarien wichtiger als das Merkmal B (Spalte)?														
Bewertungsmaßstab: 0 = nein 1 = ja, Merkmal A ist wichtiger														
Merkmal A	Merkmal B	1	2	3	4	5	6	7	32	33	34			
		Umweltbewusstsein	Altersstruktur	Ansehen der digitalen Fotografie	Datenschutz	Einkommensverwendung	Einstellung zur digitalen Fotografie	Freizeitverhalten	Art der Substitutionsprodukte	Gefahr durch die Substitutionsprodukte	Komplementäre	Gewichtungssumme		
Umweltbewusstsein	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	6		
Altersstruktur	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	27		
Ansehen der digitalen Fotografie	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24		
Datenschutz	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	15		
Einkommensverwendung	5	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	7		
Einstellung zur digitalen Fotografie	6	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	21		
Freizeitverhalten	7	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	6		
Gefahr durch die Substitutionsprodukte	33	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	11		
Komplementäre	34	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	16		

Bild 3: Beispiel einer Gewichtungsmatrix für die Merkmale von Zukunftsszenarien der digitalen Fotografie

2.2.3 Konsistenzmatrix

Bei der Konsistenzmatrix handelt es sich um die Zusammenstellung der Merkmale und deren Merkmalsausprägungen. Die Bewertung erfolgt anhand folgender Fragestellung: "Ist ein gemeinsames Auftreten beider Merkmalsausprägungen in der Zukunft denkbar?" Es werden alle Kombinationen von Merkmalsausprägungen bewertet, wobei lediglich die untere Dreiecksmatrix ausgefüllt wird. Die Obere ergibt sich aufgrund derselben inhaltlichen Aussage. Das bedeutet, dass die Semantik der Kombination "1A und 2A" identisch zu "2A und 1A" ist (Bild 4).

Insbesondere bei der Konsistenzbewertung ergeben sich erfahrungsgemäß zahlreiche Diskussionen bei den Einzelbewertungen. Diese entstehen durch den unterschiedlichen Wissensstand, die unterschiedliche Motivation sowie Wertauffassungen etc.

Konsistenzmatrix		Projektionen (Merkmalausprägungen)													
Ist ein paarweises Auftreten der Merkmalausprägungen in der Zukunft denkbar?															
Bewertungsskala: 1 = totale Inkonsistenz 2 = partielle Inkonsistenz 3 = neutral oder voneinander unabhängig 4 = gegenseitiges Begünstigen 5 = starke gegenseitige Unterstützung															
Schlüsselfaktor (Merkmal)	Projektionen (Merkmalausprägungen)	Nr.	7A	7B	7C	7D	7E	8A	8B	8C	8D	39A	39B	39C	39D
Einkommens-verwendung	Konsumgesellschaft	7A													
	Weniger verfügbares Geld	7B													
	Luxusgesellschaft	7C													
	Spargesellschaft	7D													
	Mittelstand	7E													
Einstellung zur Digitalen Fotografie	Starke Akzeptanz der Digitalen Fotog.	8A	4	3	5	3	3								
	Negative Einstellung, kein Datenschutz	8B	3	3	3	4	3								
	Positive Einstellung, trotz Bedenken	8C	3	3	3	3	3								
	Leichter Abfall der Akzeptanz	8D	3	3	3	3	3								
Komplementäre	Vielzahl an Komplementären	39A	4	2	4	2	4	4	1	3	3				
	Individuelle Produkte	39B	4	1	5	1	4	4	3	3	3				
	Computer wird benötigt	39C	4	1	5	1	4	3	3	3	3				
	Weniger Zusatzzubehör benötigt	39D	4	4	4	5	4	3	3	3	3				

Bild 4: Beispiel einer Konsistenzmatrix für Zukunftsszenarien der digitalen Fotografie

2.2.4 Varianten der Matrizenbewertungen

Für Gruppenbewertungen der oben dargestellten Matrizen sind grundsätzlich vier Möglichkeiten des Vorgehens denkbar. In Anlehnung an die Einteilung von SCHLAKE [Sch00, S. 139f] kann folgende Einteilung der Matrizenbewertungen vorgenommen werden:

- *Vollständige Bewertung* - Jedes Gruppenmitglied füllt eine vollständige Matrix aus. Der Vorteil besteht darin, dass für alle Bewertungsfelder mehrfache Ausprägungen vorliegen. Sollten die Bewertungen homogen sein, so entsteht ein belastbarer Bewertungskonsens. Diese Vorgehensweise kann aber auch zum Nachteil führen, so dass sehr viele und ggf. breite Bewertungsunterschiede vorliegen. Die Bildung von Mittelwerten würde die Gruppenmeinung ad absurdum führen. Die Bevorzugung des Median würde "Randaussagen" jenseits des Median einfach ignorieren. SCHLAKE erarbeitet mit Hilfe der Canberra-Metrik einen Vorschlag für den Umgang mit solchen Unterschieden [Sch00, S. 181].
- *"Quadrantenbewertung" / Wissensbereichsbewertung* - Die Gruppenmitglieder füllen einen definierten Teil der Matrix aus, wobei es sich nicht zwangsläufig um einen Quadranten handeln muss. Die Festlegung des individuellen Bereiches erfolgt dabei anhand des persönlichen Know-Hows. So erhalten die Personen jene Bereiche der Matrix, zu denen sie eine ausgesprochene Kompetenz aufweisen.
- *Teilmatrizenbewertung* - Jedes Gruppenmitglied bewertet einen frei definierten Teil der Matrix. Die Bestimmung dieses Ausschnittes wird im Gegensatz zur "Quadrantenbewertung" allein unter dem Aspekt der Gleichverteilung der Arbeit

vorgenommen. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der schnellen Bearbeitung großer Matrizen. Der Nachteil könnte darin liegen, dass nur eine Meinung pro Bewertungsfeld vorliegt und diese subjektiven Fehlurteilen unterliegen könnte. Ebenso besteht die Gefahr, dass jeder Bewerter ein individuellen "Bewertungs-Offset" anwendet. Das bedeutet bspw. für eine Einflussbewertung, dass der eine Experte eher zu Bewertungen im 2-er und 3-er Bereich tendiert, wogegen ein anderer Experte eher zögerlicher im 0-er und 1-er Bereich bewertet (siehe Einflussbewertungsskalierung oben).

- *überschneidende Bewertungen* - Diese Form der Gruppenbewertung stellt eine Mischung verschiedener oben dargestellter Vorgehensweisen dar. Die Bewerter erhalten einen definierten Bewertungsbereich, wobei zunächst unerheblich ist, ob es sich dabei um eine freie Teilmatrix oder einen Wissensbereich handelt. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, dass mindestens zwei Bewertungen je Bewertungsfeld vorliegen, damit das Endergebnis von Einzelmeinungen unabhängig wird. Die oben beschriebenen Nachteile der Mehrfachbewertungen gelten auch bei dieser Vorgehensweise.

Der vorliegende Beitrag befasst sich im Folgenden eher mit der Unterstützung des Bewertungsprozesses als mit den Algorithmen für Konsensfindung der Mehrfachbewertungen. Hilfreiche Hinweise zu den Algorithmen geben DÖNITZ & MÖRHLE [DM09] sowie SCHLAKE [Sch00].

2.2.5 Attributbewertungen

Neben den dargestellten Bewertungen ergeben sich im Rahmen der Systemanalyse oder des Systemdesigns zahlreiche weitere Interaktionsaspekte, welche in größeren Gruppen im Sinne eines demokratischen Prozesses berücksichtigt werden sollten. Dabei handelt es sich bspw. um die *Zuordnung von Attributen und deren Ausprägungen* in Bezug auf die Merkmale oder deren Merkmalsausprägungen. Darüber hinaus werden nach der Szenarioerstellung in der Phase des Szenariotransfers die Szenarien gegenüber zahlreichen Aspekten, wie bspw. *Relevanz von Maßnahmen* bewertet. Mit Hilfe dieser Matrix können zukunftsrobuste Aussagen abgeleitet werden, wenn diese für alle Szenarien gelten. Im Gegensatz dazu können auch fokussierte Aussagen abgeleitet werden.

Zu den Attributbewertungen gehören solche Abfragen, die zusätzlich zu den Bewertungen der Merkmale oder Merkmalsausprägungen (in der Phase des Systemdesigns) vorgenommen werden. Somit können bspw. regionale- oder branchenspezifische Zugehörigkeiten verankert werden.

Bei der Erstellung von Zukunftsszenarien ist bspw. die Auswahl bzw. die Bestimmung eines sog. "*Referenzszenarios*" von großer Bedeutung. Aus diesem Grund sind jene Merkmalsausprägungen von besonderem Interesse, die heute deutlich wahrnehmbare

Entwicklungen, sog. Trends abbilden. Dazu können den Merkmalsausprägungen, im vorliegendem Bsp. (digitale Fotografie) Zukunftsprojektionen, bspw. drei Status mit abnehmender Aktualitätsrelevanz (so wie heute, erste Versuche und vereinzelt möglich) zugeteilt werden. Die folgende Tabelle 1 zeigt exemplarisch für das Merkmal "Einkaufsverhalten" diese Bewertung.

Tabelle 1: Beispiel von Merkmalsausprägungen (digitale Fotografie) mit dem Attribut "Zukunftsrelevanz"

Merkmal	Merkmalsausprägung	Attribut "Zukunfts- relevanz"
Einkaufsverhalten Das Einkaufsverhalten beschreibt die verschiedenen Möglichkeiten des Erwerbs der Waren, den Bezahlvorgang und die Steuerung des eigentlichen Vorgangs der Warenbeschaffung.	Einkaufen von Dingen des täglichen Bedarfs im Supermarkt. Bezahlung mit Bargeld oder Geld- oder Kreditkarte.	so wie heute
	Einkaufen von Dingen des täglichen Bedarfs im Supermarkt. Bezahlung mit dem Mobiltelefon via Near-Field-Communication (NFC)-Technologie.	erste Versuche
	Einkaufen von Dingen des täglichen Bedarfs über einen Online-Shop. Bezahlung mit Geld- oder Kreditkarte.	vereinzelt möglich
	Unmotivierter Spontankauf von Dingen, die nicht zwangsläufig für den Lebensunterhalt benötigt werden.	so wie heute
	Die Küchengeräte und Küchenmöbel bestellen autark die notwendigen Lebensmittel des täglichen Bedarfs, basierend auf meinem persönlichen Nutzerverhalten.	erste Versuche

Die Merkmalsausprägungen werden dahingehend bewertet, inwieweit sie dem heutigen Zustand entsprechen. Werden diese Bewertungen bei Erstellung der Multidimensionalen Skalierung (MDS) einbezogen, ergibt sich in der Landkarte der Szenarien eine klare Zuordnung des aktuellen Trends. Mit Hilfe der MDS wird die inhaltliche Ähnlichkeit in Form von räumlicher Nähe dargestellt: Wenn der Trend sehr nahe einem Szenario oder einer Szenariogruppe liegt, sollte sich der Betrachter auf dieses Szenario oder diese Gruppe von Szenarien vorbereiten.

Ausprägungsliste / Szenario-DNA			Szenarien			Trend-indikator
Merkmale	Ausprägungen	Nr.	1	2	3	heute
Einkommensverwendung	Konsumgesellschaft	7A	37	5	50	
	Weniger verfügbares Geld	7B	0	20	0	
	Luxusgesellschaft	7C	50	0	0	
	Spargesellschaft	7D	0	57	0	
	Mittelstand	7E	12	17	50	
Einstellung zur Digitalen Fotografie	Starke Akzeptanz der Dig. Fotografie	8A	63	17	100	
	Neg. Einstellung, kein Datenschutz	8B	0	37	0	
	Pos. Einstellung, trotz Bedenken	8C	24	17	0	
	Leichter Abfall der Akzeptanz	8D	12	27	0	
Freizeitverhalten	Arbeit und Freizeit ausgewogen	9A	18	20	0	
	Alltag Arbeit	9B	18	20	0	
	Arbeit wird zur Nebensache	9C	1	22	100	
	Familie und Freunde	9D	20	25	0	
	Begrenzte Arbeitszeit	9E	39	12	0	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Komplementäre	Vielzahl an Komplementären	39A	35	0	0	
	Individuelle Produkte	39B	32	0	100	
	Computer wird benötigt	39C	13	22	0	
	Weniger Zusatzzubehör benötigt	39D	17	77	0	

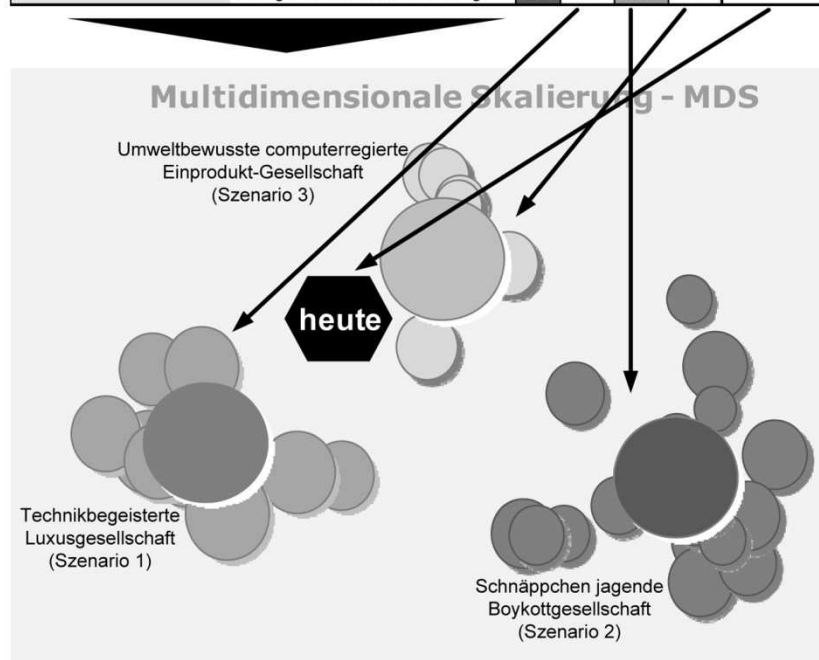


Bild 5: Beispiel einer Trendbewertung und Abbildung in der Multidimensionalen Skalierung (MDS) für die digitale Fotografie

Bild 5 zeigt am Beispiel von Szenarien für die digitale Fotografie, dass Szenario 3 und Szenario 1 relativ gut die heutigen Entwicklungen abbilden. Szenario 3 ist der heutigen Situation sogar sehr nahe, so dass das Unternehmen sich auf dieses Szenario einstellen und auf Szenario 2 vorbereiten sollte. Der Verlauf des Trends und die damit verbundene Relevanzverschiebung zwischen den Szenarien werden im Rahmen des Szenario-Controllings überwacht.

2.2.6 Verträglichkeitsbewertungen

Die letzte Bewertungsmöglichkeit im Szenarioprozess stellt die Kombination verschiedener Szenarioarten dar. Im dargestellten Beispiel (Bild 6) werden Produktszenarien (Spalte) daraufhin untersucht, in welchen Märkten (Zeile 1) diese erfolversprechend Abnehmer finden würden. Die Bewertungsskala reicht von "diese Kombination passt hervorragend" bis "diese Kombination ist nicht kompatibel". Mit Hilfe dieser Matrix können ebenso zukunftsrobuste oder -fokussierte Aussagen abgeleitet werden.

2.3 Vorteile von Gruppenbewertungen

Die Erstellung der Szenarien basiert auf einer umfangreichen Anzahl von Informationen, die durch verschiedene Personen eingebracht werden. Dabei handelt es sich u.a. um qualitatives, quantitatives, spekulatives oder historisches Wissen [Sch00, S. 40].

Durch die Einbeziehung von mehreren Personen in den Erstellungs- und insbesondere in den Bewertungsprozess der Szenarien steigt die Breite der Wissensbasis [Göt93, S. 236]. Die Bewertungen stellen demnach ein kumuliertes Expertenwissen dar, welches Fehleinschätzungen oder nicht plausible Aussagen vermeiden hilft. Darüber hinaus fallen über die größere Anzahl der Experten individuelle Fehlteile nicht so stark ins Gewicht [HW96, S. 126], [Göt93, S. 236], [Sch00, S. 41].

Fit matrix				
	Szenario 1 "Expedition Deutschland"	Szenario 2 "Wild West"	Szenario 3 "Zugbrücke hoch"	Szenario 4 "Skatrunde beim Nachbarn"
Szenario 1 Basisprodukt mit wenigen Zusatzfunktionen	0	+	++	+
Szenario 2 High-Tech-SLR-Kamera	++	0	0	++
Szenario 3 Mobile Cloud-Kamera mit zahlreichen Funktionen	++	+	0	+
Szenario 4 LEGO-Baukastenmodul mit zahlreichen Funktionen	0	0	++	0
Szenario 5 Mobile Cloud-Kamera mit Basisfunktionen	+	0	0	++

Legende

-- nicht kompatibel
- partiell kompatibel
0 neutral
+ kompatibel
++ perfekte Kombination

Bild 6: Szenario-Fit-Matrix zwischen Markt-/Umfeld- und Produktszenarien [HRS07, S. 14ff]

Im Vergleich zur Szenarioerstellung mit wenigen Personen besteht in größeren Gruppen die Möglichkeit, dass kritische Bewertungen weniger befangen und ehrlich beurteilt werden. Gruppen neigen auch eher zu konservativeren Entscheidungen und sind

weniger risikofreudig [Sch00, S. 41]. Diese Tatsache kann auch einen Nachteil darstellen, da ggf. sehr innovative und derzeit nur schwer vorstellbare Konstellationen nicht berücksichtigt werden.

Neben der Wissensdimension stellt die Zeit einen wesentlicher Einflussfaktor dar. Die Gruppenbewertung ermöglicht einen schnellen Zugriff auf eine breite Anzahl von Experten zu einem Zeitpunkt. Damit können zeit- und kostenintensive Interviews überflüssig werden [Sch00, S. 42].

Darüber hinaus lassen sich die Bewertungen parallelisieren [Sch00, S. 42]. Das bedeutet, dass die umfangreichen Bewertungen aufgrund der Gruppengröße aufgeteilt werden können und die Bewertungen dennoch durch hinreichend viele Personen vorgenommen werden.

2.4 Bewertungsbeeinflussung

Erfolgt die Ermittlung der Matrizenwerte oder anderer Bewertungen über Gruppenprozesse, so unterliegen diese zahlreichen Rahmenbedingungen, Beeinflussungen oder gar Störgrößen, welche nachfolgend im Überblick dargestellt werden.

2.4.1 Der Einfluss des Einzelnen

Jeder Teilnehmer eines Szenarioprozesses verfolgt einen individuellen Weg der Wissensgenerierung, wobei jeder von einem persönlichen Ausgangspunkt startet. Die Bewertungen erfolgen auf Basis früherer Erfahrungen in ähnlichen Situationen und der Vorstellungskraft der jeweiligen Person [Bra08, S. 201]. Durch intelligente Aufbereitung von Informationen und gezielte Nutzung verschiedener Medien kann dieser Effekt ergebniswirksam begleitet werden.

Es kann aber niemals davon ausgegangen werden, dass alle Gruppenmitglieder den gleichen Informationsstand haben, egal wie gut die Vorbereitung ist [Bra08, S. 210]. Daraus lässt sich ableiten, dass Gruppenprozesse zunächst zeitaufwändig und langsam sind. Diese Aussage ist nicht zwingend korrekt, sondern gilt nur für ungeplante Zusammenkünfte [Sch00, S. 45]. Demnach kommt es darauf an, intensive Kommunikationsphasen mit oder ohne technische Unterstützung beim Workshop-Design vorzusehen und eine ausgewogene Balance von Einzel- und Gruppenbewertungen zu wählen.

2.4.2 Der Einfluss der Gruppe

Die Bewertungen im Rahmen der Szenariotechnik stellen, wie oben dargestellt, eine Form der Wissensgenerierung dar, welche sehr persönlich und kontextbezogen erfolgt.

Werden die Bewertung von mehreren Personen durchgeführt, kommen zu den persönlichen Aspekten die gruppenspezifischen Einflüsse hinzu.

Die Szenarioerstellung in Gruppen fördert ebenso die Personifizierung der Szenarien. Verschiedene Persönlichkeiten können sich in den Erstellungsprozess einbringen und damit eine Konsensbildung fördern [vdH96, S. 51].

Gruppen und deren Kommunikation besitzen zwei Ebenen: die aufgabenbezogene und die sozioemotionale Beziehungsebene. Bei der Lösungsfindung - also dem Diskussionsprozess - beschäftigen sich die Gruppenmitglieder zunächst mit dem sozioemotionalen Verhalten, d.h. dem Aufbau von Beziehungen. Erst danach wechselt der Fokus zur eigentlichen Aufgabenstellung [Sch00, S. 96], [BS48]. Aus diesem Grund ist es notwendig, die sozioemotionale Phase sehr früh in einem Bewertungs-Workshop zu berücksichtigen.

Für eine erfolgreiche Gruppenarbeit stehen daher die Anerkennung und Berücksichtigung:

- von Regeln, wie z.B. des Verhaltens, des Arbeitsablaufs oder der Gleichberechtigung,
- einer symmetrischen Kommunikation - formal, persönlich, schriftlich wie mündlich zwischen den Gruppen und dem Moderator sowie
- festgelegter Normen bezüglich Kleidung, Gleichberechtigung unter den Gruppenmitgliedern und Beziehungen oder Hierarchien innerhalb der Gruppe

im Fokus [Sch00, S. 96].

Selbst wenn diese grundsätzlichen Regeln eingehalten werden, kann es zu Störungen im Kommunikationsprozess und somit auch zur Beeinflussung der Gruppenmitglieder kommen.

2.4.3 Störgrößen bei Bewertungen

BRADFIELD zeigt, dass sich Beeinflussungen von Gruppenprozessen auch in der Szenariotechnik wiederfinden [Bra08, S. 199]. Die Disfunktionalitäten von Gruppen werden ebenso durch das von JANNIS beschriebene Groupthinking-Syndrom beeinflusst [Jan82, S. 197f].

Im speziellen sind es 15 Faktoren, die für Bewertungsunterschiede verantwortlich sind und somit die Qualität der Szenarien beeinflussen. Dabei können zwei Klassen von Faktoren unterschieden werden: Externe und Interne, wobei letztere sich wiederum in Kollektive und Individuelle unterteilen lassen (siehe Bild 7)

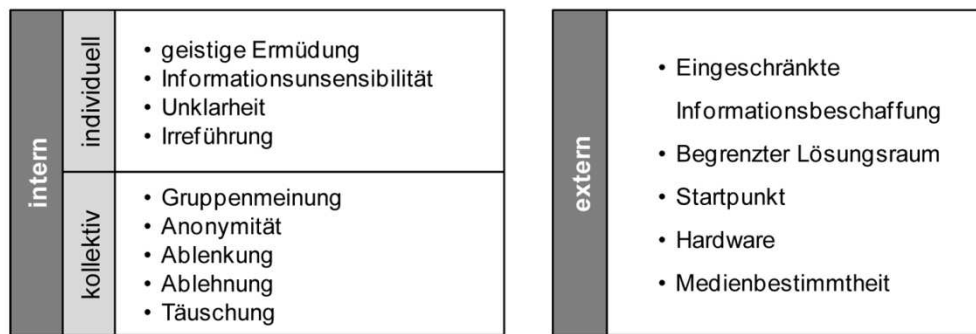


Bild 7: Einteilung von Störfaktoren im Bewertungsprozess

2.4.3.1 Interne Störgrößen bei der Bewertung

- S1) *Ermüdung* (individuell) - Nach einer bestimmten Anzahl von Bewertung zeigen sich Ermüdungserscheinungen. Die Bewertungen erfolgen dann schnell und ohne genaue Überlegungen [Bra08, S. 209]. Der Zeitpunkt der Ermüdung ist individuell und hängt von vielen exogenen Größen, wie Arbeitsbelastung, persönliche Verfassung, körperliche Fitness etc. ab und kann nicht pauschal bestimmt werden.
- S2) *Nichtinformations-Unsensibilität* (individuell) - Die Teilnehmer sind sich ihrer Informationsdefizite zu spezifischen Fragestellungen bewusst, geben diese aber nicht bekannt und ignorieren sie bei der Bewertung [Bra08, S. 201]. Diese Tatsache kann dazu führen, dass die Qualität / Güte der Bewertungen nicht validierbar ist.

Das Informationsdefizit bzw. die Kenntnis der individuellen und gruppenbezogenen Wissenstände lassen sich nach RUMSFELD in folgende Bereiche einteilen:

"...because as we know, there are known knowns; there are things we know we know. We also know there are known unknowns; that is to say we know there are some things we do not know. But there are also unknown unknowns -- the ones we don't know we don't know."
[Rum02-01]

Die Kategorien des Wissens und Nicht-Wissens zeigen die Verfügbarkeit des Wissens und deren Beschränktheit des Zugriffs darauf, welche nicht nur bei Gruppen sondern ebenso bei Individuen vorherrschen. Diese Unsicherheiten lassen sich einerseits kalkulieren, bei den "unknown-unknowns" ("Black swans" oder auch "wild cards") ist eine fundierte Planung jedoch schwer möglich [Hei10, S. 51].

- S3) *Gegenwärtige Vorstellungen* (individuell) - Das Urteilsvermögen der Teilnehmer hängt sehr stark von den Erfahrungen der Gegenwart bzw.

Vergangenheit ab. Es besteht somit die Gefahr, dass denkbare aber bisher nicht erkannte Zusammenhänge als unmöglich angesehen werden [Bra08, S. 201]. Es kommt zu einer Einschränkung des Innovationsgrades der Szenarien.

- S4) *Unklarheit* (individuell) - Werden die zu bewertenden Sachverhalte nur unzureichend oder missverständlich beschrieben, kann es dazu kommen, dass die Teilnehmer die Bewertung mit einer individuellen Interpretation vornehmen und diese somit nicht vergleichbar sind [DB04, S. 86].
- S5) *Irreführung* (individuell) - Werden bei den Bewertungen sinnfreie oder wahllos und sich widersprechende Aussagen vorgelegt, kann es dazu führen, dass die Teilnehmer in falsche Sachverhalte gelenkt werden [DB04, S. 86], [SSN06, S. 401]. Im schlimmsten Fall führen solche inhaltlichen Fehler oder Durchführungsfehler zur Ablehnung des Gesamtprozesses.
- S6) *Gruppenmeinung* (kollektiv) - Nach dem Groupthink-Syndrom von JANIS besteht die Gefahr, dass der einzelne Bewertende seine Bewertung nach der Meinung der Gruppe ausrichtet [Sch00, S. 99ff], [Bra08, S. 209], [Jan82]. Gerade in harmonischen Gruppen sind unorthodoxe Annahmen unbequem und unangenehm [Sch00, S. 45].
- S7) *Anonymität* (kollektiv) - Plant ein Teilnehmer seine Bewertung abseits des gewohnten Meinungsbildes vorzunehmen, besteht für ihn die "Gefahr", dass er seine Meinung begründen muss, was bei manchen Personen Angst und Furcht vor einer Blamage auslöst. Der Bewerter wählt somit gegen seine Überzeugung die etablierte Gruppenmeinung [SBD04, S. 98], [DB04, S. 86], [SSN06, S. 399]. Das bedeutet, dass absolute Anonymität bei den Bewertungsprozessen gegeben sein sollte, bzw. dass mit den personengebundenen Informationen entsprechend sorgfältig umgegangen wird.
- S8) *Ablenkung* (kollektiv) - Die Bewerter können durch Ruhestörungen, wie Mobiltelefone oder andere Verstöße gegen die Gruppen- und Diskussionsordnung in ihrer Konzentration gestört werden.
- S9) *Ablehnung* (kollektiv) - Bei erstmaliger Anwendung von Technologieunterstützungen bei Gruppenbewertungen kann es aufgrund des Neuheitsgrades zu erheblichen Unsicherheiten bei der Anwendung, über Misstrauen bis hin zur Ablehnung und einer Nutzungsverweigerung gegenüber der Technik führen [NH08, S. 60].
- S10) *Täuschung* (kollektiv) - Teilnehmer könnten in schwierigen oder unsicheren Entscheidungssituationen versuchen, Antworten durch gegenseitige Kontaktaufnahmen oder Absprachen abzustimmen [NH08, S. 60], [Bra08, S. 210]. Eine andere Form der Täuschung, *Betrug*, würde vorliegen, wenn Teilnehmer bspw. vorsätzlich Endgeräte eines sog. Class-Room-Response-

Systems manipulieren würden, um Bewertungen zu ihren Gunsten zu beeinflussen [NH08, S. 60].

2.4.3.2 Externe Störgrößen bei der Bewertung

- S11) *Eingeschränkte Informationsbeschaffung* - In einem Bewertungsworkshop ist die Möglichkeit, sich zusätzlich benötigte Informationen zu besorgen, begrenzt. Das bedeutet, dass Entscheidungen aufgrund unvollständiger Informationen getroffen werden [Bra08, S. 201-210].
- S12) *Begrenzter Lösungsraum*
- *Quantitativ*: Mit der eingeschränkten Bewertungsskala (Vernetzung von "0" bis "3", Gewichtung "0" oder "1" bzw. Konsistenz von "1" bis "5") liegt ein begrenzter Lösungsraum vor. Dadurch muss sich der Bewerter für eine diskrete Ausprägung entscheiden. Zwischenstufen gibt es nicht.
 - *Qualitativ*: Es gibt keine Möglichkeit einen Sachverhalt in Worten zu beschreiben. Selbst wenn der Bewerter in diesem Fall die von ihm favorisierte Meinung nicht quantitativ abgeben möchte, ist er trotzdem dazu gezwungen, sich für eine Zahl zu entscheiden [Bra08, S. 201], [SSN06, S. 401].
- S13) *Einführung / Start* - Der Beginn des Bewertungsprozesses hat einen Einfluss auf die Beurteilungsqualität. Die Form der Einführung, die Erläuterung der Aufgabenstellung bzw. die Wahl des Bewertungsbeispiels hat Einfluss darauf, mit welchem Verständnis, welchen Erwartungen und insbesondere mit welchem individuellen Beitrag die einzelnen Teilnehmer sich am Bewertungsprozess beteiligen [Bra08, S. 201f].
- S14) *Hardware* - Es kann vorkommen, dass unterstützende Geräte, wie bspw. die Fernbedienungen eines Classroom-Response-Systems nicht richtig funktionieren, wodurch Frustrationen aufkommen und der ganze Bewertungsprozess unterbrochen werden muss [SSN06, S. 401].
- S15) *Informationsbestimmtheit* - Die Gruppenmitglieder sind stark geprägt von den Informationen, die sie wahrnehmen oder durch Dritte erhalten. Dieser spezifische Informationsstand bestimmt alle Bewertungen [Bra08, S. 208].

Diese 15 Störgrößen geben den klaren Rahmen vor, worauf bei erfolgreichen Bewertungsprozessen geachtet werden sollte.

2.5 Anoto-Technologie

Die Grundidee zur Unterstützung von papierbasierten Systemen beschrieb WEISER bereits 1991:

“At breakfast Sal reads the news. She still prefers the paper form, as do most people. She spots an interesting quote from a columnist in the business section. She wipes her pen over the newspaper’s name, date, section, and page number and then circles the quote. The pen sends a message to the paper, which transmits the quote to her office.”
[Wei91, S. 100]

Die Anoto-Technologie erlaubt die direkte Digitalisierung von Handschrift durch die Kombination aus digitalem Stift und digitalem Papier. Somit schließt sie die Lücke zwischen der digitalen und der analogen Welt, welche bisher durch aufwendiges Digitalisieren von Einzeldokumenten vorgenommen werden musste. Dabei verbindet die Technologie die Vorteile der Papierform (mobil, einfach handzuhaben, Ansprechen mehrerer Sinne...) mit denen der digitalen Welt (Speicherung, Suche, Weiterverarbeitung...). Eine detaillierte Übersicht der verschiedenen technischen Ansätze beschreiben Le, Mingxu und Zhongcheng, [LMZ05], Signer [Sig05] und Subrahmonia und Zimmermann [SZ00].

2.5.1 Anoto-Papier

Das digitale Papier bildet die Grundlage der Anoto-Technologie. Dabei wird konventionelles Papier mit einem 0,3 mm feinen Raster bedruckt, bei dem an jedem Rasterschnittpunkt ein 0,1mm großer Punkt platziert wird, welcher vier verschiedene Positionen / Werte annehmen kann (siehe Bild 8). Anfangs konnten nur Anoto-zertifizierte Drucker dieses Papier ausdrucken. Die Weiterentwicklung der Drucker, insbesondere der Laserdrucker, hebt diese Einschränkung auf.

Die Betrachtung verschiedener Schnittpunkte durch die Stiftkamera ermöglicht die exakte Bestimmung des Ortes, an dem er sich gerade befindet. Über die Formulardaten, welche dem Stift übermittelt wurden, kann die zugehörige Software auch die entsprechenden Formularfelder eindeutig zuordnen.

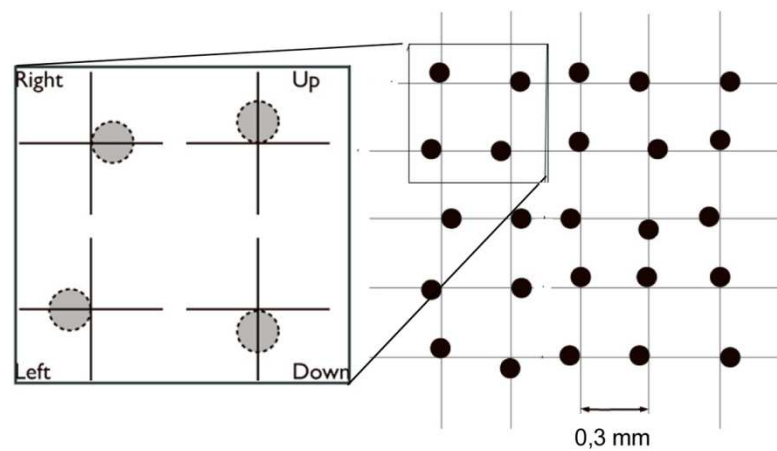


Bild 8: Erläuterungen zum individuellen Papier der Anoto-Technologie [An11-ol]

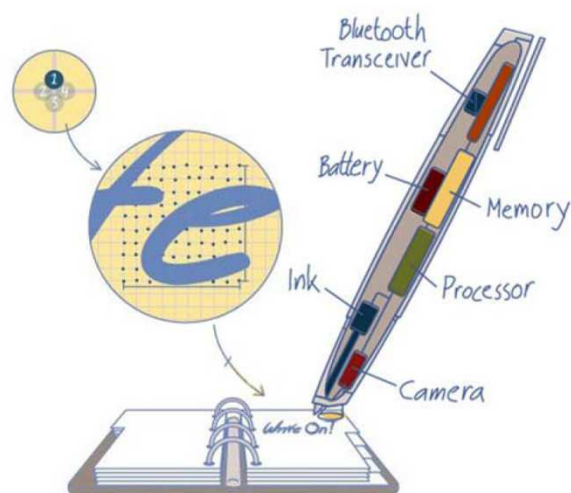


Bild 9: Aufbau des Anoto-Stifts [An11-ol]

2.5.2 Anoto-Stift

Der Stift (Bild 9) digitalisiert die Handschrift im Moment des Schreibens. Die in den Stift integrierte Digitalkamera erfasst 50 bis 100 Bilder pro Sekunde des auf das Papier aufgetragenen Rasters und digitalisiert diese im eingebauten Mikroprozessor. Neben dem digitalen Abbild des Geschriebenen enthalten die Daten weitere Informationen, wie Uhrzeit, Datum, Winkel des Stiftes zwischen Papier und Stift sowie die ID des Stiftes. Die Integration neuer Software und die Weiterentwicklung der Stifttechnologien ermöglichen die Erfassung und Verarbeitung weiterer Daten. So sind aktuell bereits Stifte erhältlich, welche die Audiosignale während des Schreibens speichern oder die GPS-Koordinaten aufzeichnen. Die aufgezeichneten Daten können über verschiedene Wege weiterverarbeitet werden. Zum einen können Sie online-gekoppelt die Daten direkt an einen Rechner übermitteln oder via Bluetooth über ein mobiles Gerät, wie

Smartphone etc. die Informationen, senden. Zum anderen kann der Stift auch über ein USB-Kabel mit dem Computer verbunden werden.

2.6 Clicker-Technologie

Die Clicker-Technologie bzw. das „Classroom Response System“ (CRS) wird seit mehreren Jahren in der angelsächsischen Lehre angewandt. Dort wird diese Technologie zur Unterstützung des traditionellen Frontalunterrichts eingesetzt [FM06, S. 101]. Dabei stellt der Lehrer in der Regel eine Multiple-Choice-Frage und die Schüler haben anschließend die Möglichkeit, über einen Handsender, einem sog. Clicker, wie er bspw. in Bild 10 zu sehen ist, auf die Frage zu reagieren [SSN06, S. 399]. Die Abgabe der Antwort erfolgt anonym und ist somit von den anderen Teilnehmern nicht einsehbar. Aus diesem Grund kann von einer demokratischen Befragungsmethode gesprochen werden. Der Lehrende kann auf diese Art einfach und schnell, auch bei größeren Teilnehmerzahlen, alle Teilnehmer gleichzeitig zur aktiven Mitarbeit motivieren.

Durch intelligent gestellte Fragen kann somit der Wissensstand der Teilnehmer evaluiert und darauf reagierend ggf. auf jeweilige Wissenslücken eingegangen werden. Auf diese Weise können Interaktionen zwischen dem Lehrenden und den Teilnehmern gefördert werden.

Wie bereits mehrere Untersuchungen über den Einsatz der Clicker-Technologie im Bereich der Lehre gezeigt haben, hat die Verwendung eine positive Wirkung auf die Leistung und Motivation der Teilnehmer [Jon09, S. 13]. Bei Befragungen mit diesen Systemen besteht die Möglichkeit sofort das Gruppenergebnis einzusehen. Dies ermöglicht es jedem, sich mit der Gruppe zu vergleichen und sich selbst einzuschätzen, was wiederum eine Art „Spieltrieb“ erzeugt. Auf Grundlage der verbesserten Interaktionen zwischen den Veranstaltungsteilnehmern sowie deren höhere Leistung und Motivation wird ein effektiverer Lernprozess generiert [SSN06, S. 398].

Aber nicht nur im Bereich der Lehre kommt diese Technologie zum Einsatz. Ein sehr bekanntes Einsatzgebiet sind Spielshows im Fernsehen, wie bspw. „Wer wird Millionär“ [RTL11-0]. Hier wird die Technologie bei der Verwendung des sog. "Publikumsjokers" genutzt. Der Moderator stellt eine Multiple-Choice Frage und das Publikum bekommt die Möglichkeit diese gleichzeitig mittels der Handsender zu beantworten.



Bild 10: Beispielhafte Handsender [HIT11-ol], [IML11-ol]

Ein Clicker-System besteht in der Regel aus drei Komponenten [Po08, S. 3ff]:

1. Die erste Komponente stellt der *Handsender/ Clicker* dar, der für die Interaktionen mit den Teilnehmern notwendig ist. Er ist über Funk, Infrarot oder WiFi mit einem Empfänger verbunden. Ältere Systeme bieten durch ihre begrenzten Fähigkeiten zumeist nur eine One-Way-Kommunikation. Dadurch besteht lediglich die Möglichkeit Multiple-Choice-Aufgaben zu bearbeiten. Aktuelle Systeme ähneln den heutigen Smartphones und sind von ihnen kaum noch zu unterscheiden. Diese Systeme bieten eine Zweiwege-Kommunikation. So können die Teilnehmer ebenso gut ganze Sätze sowie auch audiovisuelle Daten, über das eingebaute Mikrophon und Display, als Antwort übertragen. Jeder Handsender ist über eine eindeutige "ID" mit dem Empfänger verbunden.

Neueste Entwicklungen bieten die Möglichkeit, auch jedes internetfähige Gerät, wie bspw. Smartphone, Notebook und PDA, für diesen Zweck zu benutzen. Dazu muss lediglich eine Softwareapplikation, ein sog. „APP“, auf diesen installiert werden. Die Kommunikation erfolgt dabei über den Standard-Internetbrowser wie Internet Explorer®, Firefox oder Safari®. Der Vorteil dieser Entwicklung ist, dass diese internetfähigen Geräte gleichzeitig mit den Standard-Clickern kombiniert werden können. Ein weiterer großer Vorteil dieser Technik ist, dass die Kommunikation durch die Nutzung des Internets dann nicht ortsgebunden ist. So können Lehrer/ Moderatoren auch über große Entfernungen die Antworten der Teilnehmer sammeln [HIT11].

2. Der *Empfänger* ist für die Sammlung der Daten und die Weiterleitung an die Software verantwortlich. Bei den oben bereits beschriebenen herkömmlichen Systemen empfängt er lediglich die Daten der Handsender und leitet diese an die Software weiter. Moderne Systeme können gleichzeitig Daten an die Clicker zurücksenden.

3. Die letzte Komponente, die für das erfolgreiche Zusammenspiel benötigt wird, ist die *Software*. Diese wertet die gesammelten Daten durch statistische Verfahren aus und erstellt aus ihnen Listen, Tabellen, Histogramme, Balkendiagramme oder einfache Prozentsätze. Desweiteren speichert die Software die Daten für den weiteren Gebrauch so ab, dass eine Verarbeitung, wie z.B. mit Microsoft-Office[®], ohne Probleme ermöglicht wird (vgl. Bild 11).



Bild 11: Präsentationsfolien

3 Technologieunterstützung im Szenarioerstellungsprozess

Die oben beschriebenen Rahmenbedingungen führen dazu, dass Szenarien, damit sie glaubwürdig sind, durch eine Gruppe von Stakeholdern erstellt werden sollten. Dabei ergibt sich bei den Bewertungsschritten jedoch die Frage, wie alle Matrizen der Szenariotechnik effizient und effektiv ausgefüllt werden können.

Die Effizienz der Bewertung hängt stark vom Zeitaufwand je Einzelbewertung und dem sich daraus resultierenden Gesamtaufwand ab. Je mehr Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen im Erstellungsprozess Berücksichtigung finden sollen, desto umfangreicher werden die Bewertungsschritte. Orthogonal dazu erhöht sich grundsätzlich die Unsicherheit der Ergebnisse durch die steigende Anzahl der zu berücksichtigenden Bewerter. Es könnte aber auch zu einer Verfestigung der Ergebnisse führen.

3.1 Matrizenbewertungen in Gruppen mit Hilfe der CRS-Technologie

Im Allgemeinen kann der Befragungsprozess mit Hilfe der Clicker im Szenarioprozess in sechs Schritte unterteilt werden (vgl. Bild 12):

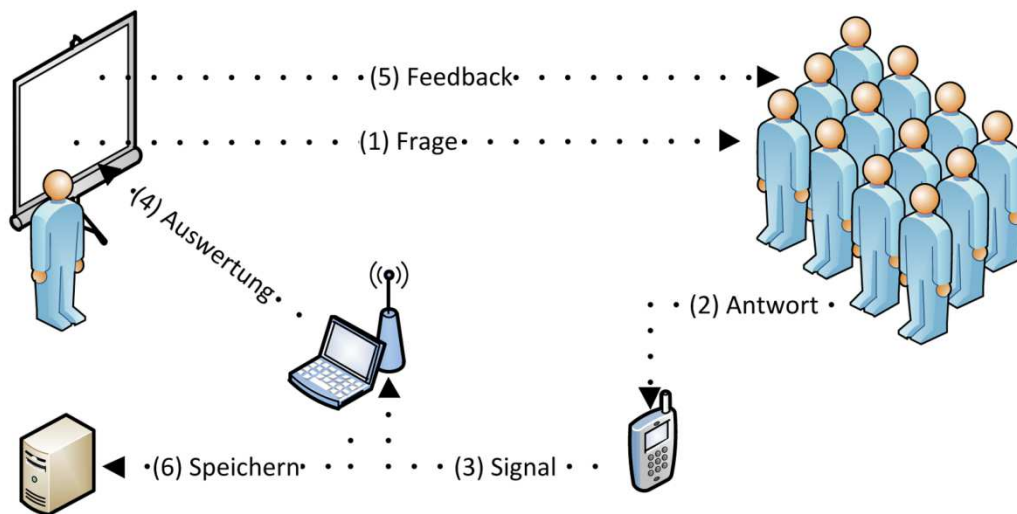


Bild 12: Übersicht der Kommunikationsbeziehungen im Szenarioerstellungsprozess beim Einsatz der Clicker-Technologie

- 1) Nachdem der Moderator die Technologie und das Konzept der Bewertung vorgestellt hat, übernimmt dieser die Rolle eines sog. „Quizmasters“. Die Bewertungsfragen, bspw. die Bewertungsfelder der Einflussmatrix werden in Form von Multiple-Choice-Fragen gestellt. Die Teilnehmer können auf der Leinwand die Aufgabenstellung mit den dazugehörigen Antwortmöglichkeiten verfolgen.
- 2) Alle Teilnehmer haben nun die Möglichkeit, durch die Benutzung ihrer Clicker, auf die Frage zu reagieren. Die Buchstaben oder Zahlen, mit denen die Lösungen kodiert sind, finden sich auf dem Clicker wieder. Um ihre Wahl abgeben zu können, müssen sie nur die jeweilige Taste auf dem Clicker betätigen. Dabei ist es in der Regel nicht möglich die Reaktionen der anderen einzusehen. Der Benutzer erkennt bspw. bei einem System von H-ITT über eine grün leuchtende LED, ob seine Antwort erfolgreich an den Empfänger übermittelt wurde. Sollte dies nicht der Fall sein, leuchtet eine rote LED auf.
- 3) Die gewählten Antworten werden über die Clicker in Form von digitalen Daten an den Empfänger gesendet. Dieser sammelt die Daten und leitet sie an den verbundenen PC weiter.
- 4) Auf dem PC werden die Daten der Teilnehmer mit Hilfe der Software ausgewertet. Simultan wird auf der Leinwand der Status der Auswertung dargestellt. Dadurch können die Teilnehmer verfolgen, wie viele bereits auf die Frage reagiert haben. Sinnvollerweise zeigt der Moderator nach Erreichen der Gruppenanzahl das Bewertungsergebnis (vgl. Bild 9).

Über selbst programmierte Schnittstellen innerhalb der Microsoft-Office®-Umgebung können die Werte automatisch in die Szenario-Software übernommen werden.

- 5) Nachdem der Bewertungsprozess abgeschlossen ist, hat jeder Teilnehmer die Möglichkeit, sich mit dem Gruppenbild zu vergleichen.
- 6) Bevor die nächste Bewertungsrunde startet, werden die gesammelten Daten der Teilnehmer für weitere Verwendungszwecke, wie beispielsweise der Weiterverarbeitung in der Szenario-Software, gespeichert. Bei Bedarf können die Daten auf dem PC auch ID-spezifisch abgelegt werden, d.h. ohne Homogenität.

Der Einsatz der Clicker-Technologie hat enorme Vorteile für die Unterstützung bei der Erstellung von Szenarien. Darüber hinaus gibt es aber auch zu berücksichtigende Nachteile.

3.1.1 Vorteile

Die Tatsache, dass die Daten der Befragungen kurzfristig zur Verfügung stehen sowie dass sie anschließend in digitaler Form vorliegen, macht den Einsatz dieser Technologie sehr interessant. Auf diese Weise können Befragungen mit einer großen Anzahl an Personen in relativ kurzer Zeit durchgeführt und zeitgleich die Datenverarbeitung automatisiert vorgenommen werden.

Ein weiterer Vorteil der Bewertung durch die Clicker-Technologie ist, dass die Antwort nicht in mündlicher Form, sondern über die Clicker erfolgt. Durch diese Bewertungsart können die Hemmnisse abgebaut werden, welche aus Furcht vor Blamage entstehen könnten, da persönliche Antworten ggf. nicht dem Gruppenbild entsprechen [SSN06, S. 399]. So können auch die Teilnehmer, durch die Anonymität der Antwortabgabe, aktiviert werden, die sich normalerweise schnell von dominanteren Persönlichkeiten einschüchtern lassen. Dieser Vorteil wirkt den internen Störgrößen bei Bewertungen S6 und S7 (Kapitel 2.4.3.1) entgegen.

Mit der Störgröße S1 (Kapitel 2.4.3.1) wurde beschrieben, dass nach einer bestimmten Anzahl von Bewertungsphasen Ermüdungserscheinungen der Teilnehmer auftreten. Diese können einerseits durch regelmäßige Pausen verhindert werden (vgl. Bild 13). Andererseits wirkt sich die erhöhte Motivation und Leistung durch den Einsatz der Clicker positiv auf die Aufmerksamkeitsphase aus, so dass längere Zeit Befragungen durchgeführt werden können, bevor größere Ermüdungserscheinungen auftreten [Bli98, S. 59].

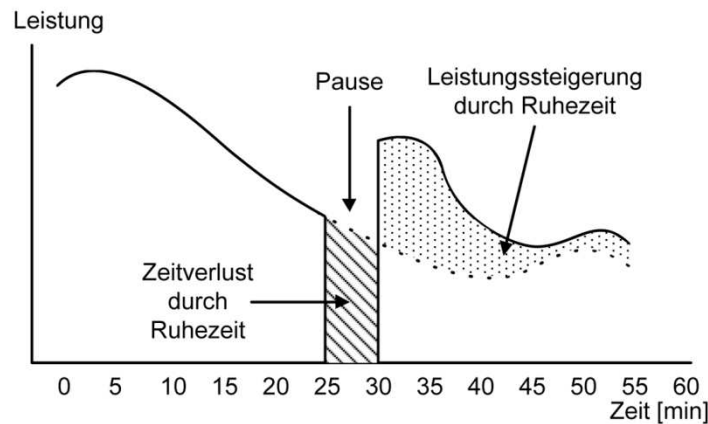


Bild 13: Verlauf der Leistung während eines Vortrags mit einer Pause [Bli98, S. 59]

3.1.2 Nachteile

Wie bereits oben erwähnt, bekommt jeder der Handsender eine spezifische ID zugewiesen. Über diese können die gesendeten Daten zu den einzelnen Handsendern zurückverfolgt werden. Im System sind die Handsender daher selbst nicht anonym. Diese ID und damit auch die Daten sind zwar nicht direkt jedem Teilnehmer ersichtlich, allerdings könnte schon die Tatsache einschüchtern wirken, dass einzelne Teilnehmer wissen, dass der Moderator diese einsehen könnte. Dem gerade beschriebenen Nachteil kann aber dadurch begegnet werden, dass die Teilnehmer sich ihre Handsender zufällig aus einer Box auswählen und diese auch zum Abschluss dort wieder ablegen.

Ein weiterer Nachteil dieser Technologie ist, dass die Signale gestört werden können. Dies kann einerseits darauf zurückzuführen sein, dass der Empfänger beispielsweise nicht in Reichweite platziert worden ist [SSN06, S. 401]. Andererseits kann durch vermehrtes drücken der Clicker, dem sog. Clicker-Spamming, der Empfänger blockiert werden. Dadurch können die Daten von den noch ausstehenden Teilnehmern nicht empfangen werden, was die Bewertungsphase verlängert und damit zu Frustration führen kann.

3.2 Workflow-unterstützte Matrixbefüllung mit Hilfe der Anoto-Technologie

Herkömmliche Matrixbewertungen erfolgen entweder direkt in der EXCEL[®]-Tabelle oder papierbasiert. Insbesondere bei den zweitägigen Szenario-Workshops werden die Matrizen in Bereiche aufgeteilt, welche durch die Teilnehmer bewertet werden. Anschließend werden die Ergebnisse in die Szenario-Software oder EXCEL[®] übertragen. Dieser Medienbruch bedeutet erheblichen Aufwand und birgt zahlreiche Fehlerquellen.

Hinzu kommen eine hohe Fehleranfälligkeit bei der Eingabe und eine zeitliche Verzögerung im Bewertungsprozess. Trotz dieser Nachteile wird weiter an der Papierform festgehalten, da sie als angenehm empfunden wird. Die Bewerter können sich etablierten Arbeiten zuwenden und werden nicht abgelenkt. Somit werden einige der in Kapitel 2.4.3 aufgeführten Störgrößen, wie bspw. *Ablehnung*, *Gruppenmeinung* und *Anonymität* durch diese Form des Bewertungsprozesses abgeschwächt. Der Prozess der Matrixbefüllung durch Anoto-Unterstützung erfolgt in der Regel in sechs Schritten (vgl. Bild 14):

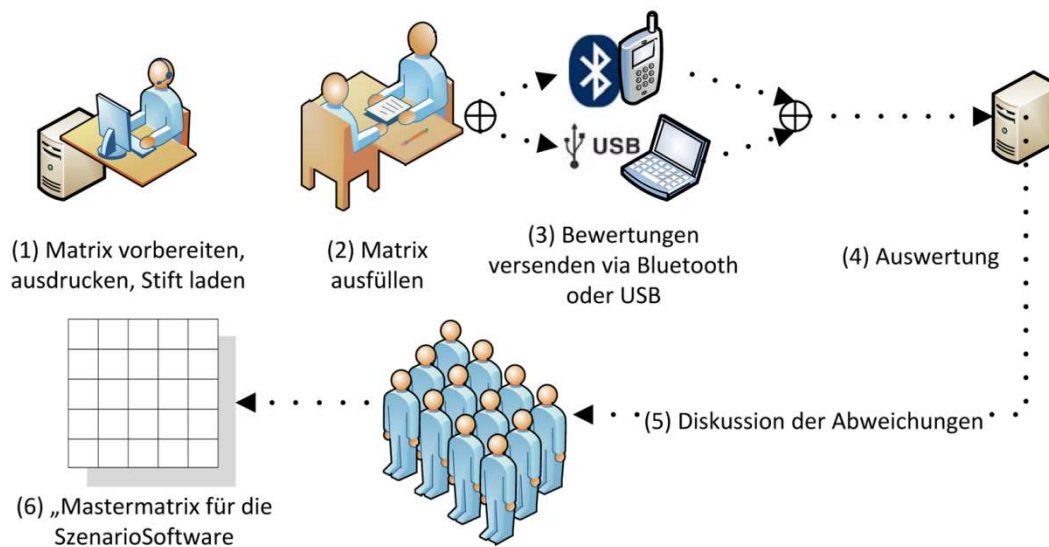


Bild 14: Übersicht der Kommunikationsbeziehungen im Szenarioerstellungsprozess beim Einsatz der Anoto-Technologie

- 1) Zu Beginn muss über eine Software die Matrix mit dem spezifischen Anoto-Raster ausgedruckt werden. Parallel dazu sollte der Stift vorbereitet werden. Das heißt, dass er geladen und von allen alten Daten bereinigt werden sollte. Zusätzlich müssen ihm weitere Parameter, wie bspw. das Zeitintervall für die Feststellung von Ermüdungserscheinungen übergeben werden (siehe Bild 15). Ebenso können aber auch Daten zu den Anwendern der jeweiligen Stifte eingegeben werden, um die Ergebnisse später besser interpretieren und auslegen zu können.
- 2) Der Bewerter tippt zu Beginn auf das "Start"-Feld, um für den Stift das aktuelle Bewertungsblatt zu aktivieren. Anschließend füllt / füllen der / die Bewerter die Matrix mit Hilfe des Anoto-Stiftes aus. Dabei kann er zusätzlich angebotene Funktionen auf dem Papier genutzt werden / können.
- 3) Nach Beendigung des Bewertungsvorganges werden die im Stift gespeicherten Daten über eine Bluetooth- oder eine USB-Schnittstelle versendet. Aufgrund der digitalen Übertragung werden sämtliche vorher vorhandenen Medienbrüche umgangen.



Bild 15: Beispiel einer Eingabemaske für die Initialisierung des Anoto-Stiftes

- 4) Die Anoto-Anwendungssoftware verarbeitet die Daten des Stiftes und gleicht sie mit den Bewertungen der anderen Personen ab.
- 5) / (6) Soweit die Matrixfelder durch mehrere Bewerter bearbeitet wurden, kann es zu Abweichungen kommen. Diese werden abschließend diskutiert, um als Ergebnis eine Matrix für die Berechnung in der Szenario-Software zu erhalten.

Um die sich ergebenden Möglichkeiten der Anoto-Technologie aufzuzeigen, sollen zwei Beispiele zusätzlicher Funktionen dargestellt werden.

3.2.1 Bewertungsgewichtung

Neben der Matrix befinden sich drei sog. Funktionsfelder. Tippt der Bewerter eines dieser Felder an, so werden alle folgenden Bewertungen mit dem zugehörigen Wissensunsicherheitsgewicht vermerkt (vgl. Bild 16). Die Gewichtung ist solange aktiv bis eine neue Gewichtung vorgenommen wird, oder die Matrix versandt wird. Die Skalierung erfolgt von "mein Fachthema" bis "fachfremdes Thema". Mit dieser Funktion kann direkt der Schwachstelle S2 Informationsunsicherheit (Kapitel 2.4.3.1) begegnet werden.

In der nachgelagerten Software können alle jene Bewertungen mit ausgesprochenem Fachwissen überproportional gewichtet werden. Diese Gewichtung kann auch für die Berechnung einer gemeinsamen Bewertungsmatrix herangezogen werden.

Direkte Einflussmatrix				
Wie beeinflusst das Merkmal A (Zeile), das Merkmal B (Spalte)?				
Bewertungsmaßstab: 0 = keine Einfluss 1 = schwacher, verzögerter Einfluss 2 = mittlerer Einfluss 3 = starker, unmittelbarer Einfluss				
Merkmal A	Merkmal B	Umweltbewusstsein	Altersstruktur	Ansehen der digitalen Fotografie
Nr.	1	2	3	
Umweltbewusstsein	1	0	0	0
Altersstruktur	2	0	2	2
Ansehen der digitalen Fotografie	3	0	0	3
Datenschutz	4	0	0	2
Einkommensverwendung	5	0	0	0
Einstellung zur digitalen Fotografie	6	0	0	3
Freizeitverhalten	7	0	0	0

Anoto-Felder	
Start	
Unsicherheitsgewichtung	
mein Fachthema	
grundlegende Kenntnisse	
fachfremdes Thema	
Matrixversand	
Absenden	

Bild 16: Ausschnitt eines Einflussmatrixausdruckes mit Anoto-Funktionalitäten

3.2.2 Übermüdungsassistent

Der Stift ist in der Lage, die Zeitintervalle zwischen zwei Bewertungsschritten zu überwachen. Sollte einerseits das Intervall zu kurz werden, kann davon ausgegangen werden, dass nicht hinreichend genug über das Bewertungspaar nachgedacht wird. Ist die Zeitspanne zwischen zwei Bewertungen zu lang, ist der Bearbeiter ggf. nicht mehr in der Lage die Bewertung hinreichend gut auszufüllen. Bei beiden Fällen hilft der Übermüdungsassistent, indem er den Stift vibrieren lässt. Somit kann den in Kapitel 2.4.3.1 beschriebenen Ermüdungserscheinungen begegnet werden.

3.2.3 Anforderungen an die Software

Die Anforderung an eine individuelle Anoto-Softwarelösung lassen sich, wie in Bild 17 dargestellt, in grundlegende und individuelle Funktionen unterteilen. Grundlegend muss die Software in der Lage sein, die Matrizen über eine XML-Datei zu importieren, anschließend in ein Formular zu überführen und nach der Kommunikation mit dem digitalen Stift wieder zu exportieren.

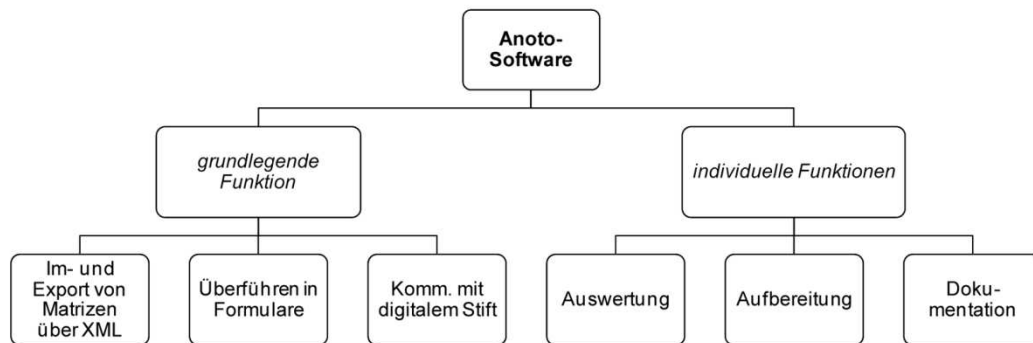


Bild 17: Funktionen einer individuellen Anoto-Software

Schlussendlich muss die Software die verschiedenen Bewertungsmatrizen so weiterverarbeiten, dass der folgende Abstimmungsprozess unterstützt wird. Ergebnis dessen muss eine Matrix für die Szenario-Software sein, mit Hilfe derer anschließend die Szenarien berechnet werden können.

4 Resümee und Ausblick

Bild 18 zeigt die Einsatzmöglichkeiten der Technologien im Überblick. Dabei ist ersichtlich, dass ein Classroom-Response-System nahezu alle Bewertungen des Szenarioerstellungprozesses unterstützt. Die Anoto-Technologie ist insbesondere bei umfangreichen vormals papierbasierten Bewertungsprozessen hilfreich.

Technologien	Unterstützung bei den Bewertungen					Beitrag zur Minderung der Störgröße									
	Vernetzungsmatrix	Gewichtungsmatrix	Konsistenzmatrix	Attributbewertungen	Verträglichkeitsbewertungen	S1 - Ermüdung	S5 - Irreführung	S6 - Gruppenmeinung	S7 - Anonymität	S8 - Ablenkung	S9 - Ablehnung	S10 - Täuschung	S12 – begrenzter Lösungsraum	S13 – Einführung / Start	S14 - Hardware
Anoto-Technologie	●	●	●	◐	○	◐	◐	●	◐	◐	◐	●	●	◐	●
Classroom-Response-System	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Bild 18: Einsatzmöglichkeiten der beiden Technologien Anoto und CRS im Szenarioprozess

Der Einsatz der Technologien kann nicht alle Störgrößen im Szenarioerstellungprozess beseitigen, jedoch einen Großteil zumindest abschwächen. Einem nicht unerheblichen

Teil der Schwachstellen kann durch den Einsatz der beschriebenen Technologien begegnet werden.

Darüber hinaus muss durch weitere Forschung der Umgang mit den subjektiven Bewertungen der jeweiligen Matrizen erforscht werden. Dabei kommt es auf die Festlegung eines gemeinsamen Endwertes an. Ein hilfreicher Ansatz wird die Gewichtung der Einzelmeinung in Bezug auf den individuellen Wissensstand sein.

Im Sinne der Gruppendynamischen Effekte müssen zukünftig die Rolle und der Einfluss der Mitglieder eines Szenarioteams - insbesondere während des Einsatzes der vorgestellten Technologien - detaillierter untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- [Ano11-ol] <http://www.flickr.com/photos/anotogroup>
- [Bla97] Blanchard, K. H.: Und jetzt alle zusammen, in: Spitzer, Q., Evans, R.: Denken macht den Unterschied - Wie die besten Unternehmen Probleme lösen und Entscheidungen treffen, Campus Verlag, Frankfurt/Main, 1997
- [Bli98] Bligh, D.; What's the Use of Lectures? 5. Edition, intellect, Bristol (UK), 1998
- [BRA08] Bradfield, R. M.; Cognitive Barriers in the Scenario Development Process. In: Advances in Developing Human Resources, Volume 10, S. 198-215
- [BS48] Benne, K. D.; Sheats, P.: Functional roles of group members, Journal of Social Issues, 4, 41-9, 1948
- [DB04] DRAPER, S. W.; BROWN, M. I.: Increasing interactivity in lectures using an electronic voting system. In: Journal of Computer Assisted Learning, Volume 20, 81-94
- [DM09] Dönitz, E. J.; Möhrle, M. G.: Consistency Accelerator - teilautomatische Ausfüllung von Konsistenzmatrizen im Rahmen der Szenario-Technik; erschienen in: Gausemeier, J. (Hrsg.) Tagungsband Vorausschau und Technologieplanung, Paderborn, 2009
- [FM06] Fies, C.; Marshall, J.: Classroom Response Systems: A Review of the Literature. Journal of Science Education and Technology, Vol. 15 No. 1, March 2006
- [Fre84] Freeman, R. E.: Strategic Management. A Stakeholder Approach; Pitman; Marshfield, 1984
- [Ges06] Geschka, H.: Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung. Management von Innovation und Risiko, 2006, Springer Verlag, Berlin, S. 357- 372
- [Göt93] Götze, U.: Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1993
- [GPW09] Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Hanser, München, 2009
- [GS10] Grienitz, V.; Schmidt, A.-M.: Gewichtete Konsistenzberechnung – Verbindung der Systemanalyse mit der Rohszenarioerstellung, erschienen in: Gausemeier, J. (Hrsg.) Tagungsband Vorausschau und Technologieplanung, Paderborn, 2010
- [Hei10] Heidenkamp, H.: Der Entwicklungsprozess zu Beginn des 21. Jahrhunderts - Wandel im Spannungsfeld globaler, nationaler und bündnispolitischer Bestimmungsfaktoren, Dissertation, Universität der Bundeswehr, Hamburg, Verlag Peter Lang, 2010

- [HIT11] H-ITT SoftClick Product Brief (Abgerufen: 2011.06.29)
- [HIT11-ol] www.H-ITT.com/k-12/student-response-systems.htm
- [HRS07] Hofmann, J.; Rollwagen, I.; Schneider, S.: Germany 2020. New challenges for a land on expedition, Deutsche Bank Research, Oktober 2007
- [IML11-ol] http://www.iml-deuschland.com/Unser_Service/Technologie/IML_Connector/Farbdisplay.aspx?tab=Bildergalerie
- [Jan82] Janis, I. L.: Victims of Groupthink, Houghton Mifflin Company, 1972
- [Jon09] Jones, M. E.: The Impact of Collaborative and Individualized Student Response System Pedagogy on Learner Motivation, Metacognition and Transfer. Dissertation, Oklahoma State University, 2009
- [Jun85] Jungermann, H.: Inferential Processes in the Construction of Scenarios. In: Journal of Forecasting, Volume 4, S. 321-327
- [LMZ05] Le, K., Mingxu, W.; Zhongcheng, W.: An overview of pen computing. in Information Acquisition, 2005 IEEE International Conference on, (2005), 8 pp.
- [NH08] Nelson, M. L.; Hauck, R. V.: Clicking to Learn: A Case Study of Embedding Radio-Frequency based Clickers in an Introductory Management Information Systems Course. In: Journal of Information Systems Education, Volume 19, 55-64
- [PO08] Prewitt, R. R.; Oropeza K. B.: Using "Clickers" in the Classroom to Increase the Level of Student Interaction. Masterarbeit, Naval Postgraduate School, 2008
- [RTL-ol] "Wer wird Millionär", Fernsehsendung des Senders RTL, <http://www.rtl.de/cms/unterhaltung/wer-wird-millionaer.html>
- [Rum02-ol] Rumsfeld, D. H.: U.S. Department of Defense, Office of the Assistant Secretary of Defense (Public Affairs), News Transcript: Briefing - Secretary Rumsfeld and General Myers, 12. Februar 2002, <http://www.defense.gov/transcripts/transcript.aspx?transcriptid=2636>
- [SBD04] Stuart, S. A. J.; Brown, M. I.; Draper, S. W.: Using an electronic voting system in logic lectures: one practitioner's application. In: Journal of Computer Assisted Learning, Volume 20, 95-102
- [Sch00] Schlake, O.: Verfahren zur Kooperativen Szenario-Erstellung in Industrieunternehmen, Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 67, Paderborn, 2000
- [Sig05] Signer, B.: Fundamental Concepts for Interactive Paper and Cross-Media Information Spaces, SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZURICH, 2005.
- [SSN06] Siau, K.; Sheng, H.; Nah, F: Use of a Classroom Response System to Enhance Classroom Interactivity. IEEE Transactions on Education, Vol. 49, No. 3, August 2006
- [SZ00] Subrahmonia, J.; Zimmerman, T.: Pen computing: challenges and applications. in Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on, (2000), 60-66 vol.62.
- [vHd96] van der Heiden, K.: Scenarios: The art of strategic conversation, Wiley and sons, Chicester, 1996
- [Wei91] Weiser, M.: The Computer for the 21st Century. Zeitschrift Scientific American., S. 94-104, 1991

A 13 [Gri05]

Technologie-Scorecards als Baustein der strategischen Technologiefrühaufklärung im Prozess der strategischen Technologieplanung

Dr.-Ing. Volker Grienitz

UNITY AG

Lindberghring 1, 33142 Büren

Tel. 02955 743250, Fax: 02955 743299

E-Mail: volker.grienitz@unity.de

Zusammenfassung

In den frühen Phasen der Produktentwicklung kommt es darauf an, die Erfolgspotenziale von Technologien zu erkennen. Diese müssen aber auch rechtzeitig und konsequent zur nachhaltigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens erschlossen werden. Hierzu reicht die Einzelbetrachtung von technologischen Entwicklungen nicht aus. Es kommt darauf an, wahrnehmbare Entwicklungen von Technologien zu erfassen, fantasievoll zu antizipieren und zu in sich schlüssigen Zukunftsbildern zu verknüpfen. Erst daraus lassen sich Erfolgspotenziale erkennen.

Dieser Ansatz ist in die Prozesse der Geschäftsstrategieentwicklung und der Produktentstehung einzubetten. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Phasen der strategischen Technologieplanung und geht vertieft auf die Bildung von Technologie-Scorecards als Dokumentationsinstrument ein.

Schlüsselwörter

Technologie-Scorecard, strategische Technologieplanung, Technologiefrühaufklärung, Technology Intelligence

1 Einleitung und Überblick

Die Auseinandersetzung mit technologischen Entwicklungen fordert von dem Unternehmer die Transformation der allgemeinen Erkenntnisse auf das eigene Unternehmen. Dabei gilt es, die beiden wesentlichen Stoßrichtungen Market Pull und Technology Push zu berücksichtigen.

- **Market Pull** steht für die Beschreibung der gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen aus Branchen- und Marktsicht, wobei auch die Beschreibung spezifischer Anforderungen unterschiedlicher Kundensegmente verstanden wird.
- **Technology Push** steht für Veränderungen aus dem technologischen Umfeld. Dies sind zum Beispiel innovative substituierende Fertigungstechnologien, Verbesserungen von bestehenden Technologien bzw. Neuerungen auf dem Gebiet der Werkstoffe, die den Einsatz neuer Technologien zulassen und somit die Befriedigung neuer komplexer Kundenanforderungen ermöglichen.

Bei dem Management von Technologien in Unternehmen kommt es auf die Berücksichtigung gegenwärtiger sowie zukünftiger Technologietrends an. Die technologische Beurteilung der Umfeldentwicklungen wird durch die Komplexität und Dynamik der Märkte erschwert [Lic00, S. 1].

Für die Umsetzung der Ideen und Konzepte der frühen Phasen der Produktentstehung, reicht es nicht aus, ökonomische, gesellschaftliche oder technische Aspekte bei der Werkstoff- und Technologieauswahl isoliert zu betrachten. Vielmehr kommt es auf eine systematische und ganzheitliche Betrachtungsweise an.

1.1 Grundlagen der strategischen Technologieplanung

Die strategische Technologieplanung ist ein systematischer Ansatz, mit dem Potenziale aus Wettbewerb, Markt, Technologien und Werkstoffen zu verwertbarem Wissen für Unternehmen aufgebaut wird. Dabei werden sechs Phasen durchlaufen (Bild 1-1): Unternehmensanalyse, Umfeldprognose, Technologieprognose, Strategieentwicklung, Strategieumsetzung und das Strategiecontrolling. Bei erstmaligem Durchlauf wird mit der »Analyse« begonnen. In zukünftigen Planungsperioden erfolgt aufgrund der Ergebnisse des Controllingprozesses eine fallweise Bearbeitung einzelner Zyklusschritte.

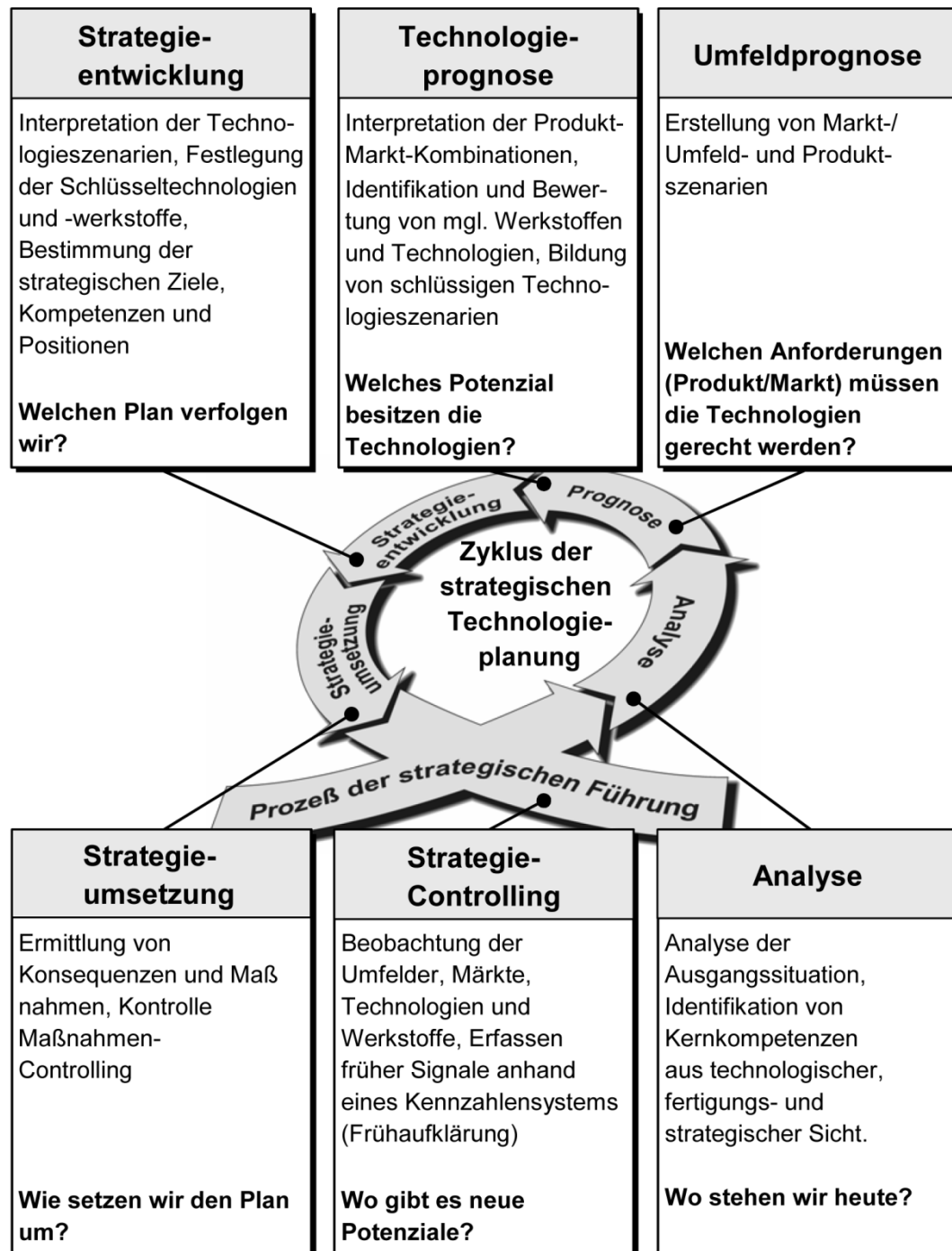


Bild 1-1: Sechs Phasen des Zyklus der strategischen Technologieplanung [Gri04, S. 23]

Die sechs Schritte werden im Folgenden kurz erläutert:

1.1.1 Analyse

Dieser Schritt umfasst die Festlegung der Ziele, die Identifikation der strategischen Ausrichtung bzw. Positionierung des Unternehmens. Anschließend werden die vorhandenen Kompetenzen identifiziert. Die Analysephase wird durch die Festlegung des Gestaltungsfeldes (des Handlungsrahmens) beendet. Durch die Beschreibung des Gestaltungsfeldes wird der Handlungsrahmen der Aktivitäten abgesteckt.

Durch die anschließende Zielfestlegung wird definiert, was mit der strategischen Technologieplanung erreicht werden soll. Diese Ziele resultieren aus der übergeordneten Unternehmensstrategie. Das bedeutet, dass sie konform zu den später zu entwickelnden Technologiestrategien laufen müssen, um Reibungsverluste bei der Umsetzung der geplanten Ziele zu vermeiden.

1.1.2 Umfeld- und Technologie-Prognose

Während der **Umfeldprognose** werden in einer strategischen Vorausschau Markt- und Umfeldszenarien für zukünftige Absatzmärkte entwickelt. Parallel dazu werden künftige Produktszenarien formuliert [GFS96, S.127]. Diese stellen eine Mischung aus technischen und ökonomischen Kundenanforderungen dar. Die Zusammenführung von Markt- und Produktszenarien ergeben Kombinationen, die das Gestaltungsfeld für die Technologieszenarien spezifizieren. Für die weitere Betrachtung werden eine oder wenige Produkt-Markt-Kombinationen als Voraussetzung festgehalten.

Die **Technologieprognose** befasst sich mit der Erstellung von Technologieszenarien für die Umsetzung, bzw. Erfüllung der Anforderungen aus den Markt-Produkt-Kombinationen. Technologieszenarien sind in sich schlüssige, kompatible Kombinationen von Werkstoffen und Technologien, die alle geforderten Nebenbedingungen sehr gut erfüllen.

1.1.3 Strategieentwicklung

An dieser Stelle geht es um die Formulierung von Technologiestrategien. Sie beschreiben die Schlüsseltechnologien bzw. Schlüsselwerkstoffe, die die Grundlage für den zukünftigen Erfolg darstellen sollen. Die strategische Ausrichtung des Unternehmens beschreibt die Umsetzung der Ziele durch geplante Vorgehensweisen. Die Strategie ist demnach der Weg dahin [GF99, S. 270]. Die Umsetzung der Strategie basiert zum einen auf der Bestimmung der Wettbewerbsarena, in der das Unternehmen tätig werden möchte und zum anderen auf der Festlegung der Kompetenzen, mit denen das Unternehmen aktiv werden möchte.

Die Technologiestrategie beantwortet folgende grundsätzliche Fragestellung: **Welche** Technologie aus **welcher** Quelle soll **wann**, auf **welchem** Leistungsniveau zu **welchem** Zweck genutzt werden? [Wol91, S. 118]

Technologiestrategien können für Unternehmen sowie auch für einzelne Geschäftsfelder bestimmt werden. Dabei müssen diese unternehmensweite technologiepolitische Leitlinien einhalten. Die Entscheidung für ein Engagement in der einen oder anderen Technologie hängt somit von Grundsatzentscheidungen auf bestimmten Technologiegebieten ab.

1.1.4 Strategieumsetzung

Der Wandel im Unternehmen wird durch die Strategieumsetzung gesteuert. Für den Veränderungsprozess werden die strategischen Ziele durch untergeordnete Teilziele detailliert. Daraus werden entsprechend Konsequenzen und Maßnahmen abgeleitet. Die Umsetzung wird durch ein Kennzahlensystem, welches die Zielerreichung der Maßnahmen überwacht und steuert, begleitet (Durchführungskontrolle). Die Operationalisierung der Ziele kann mit einer Balanced Scorecard [KN97, S. 26ff] oder durch das Value Based Management [Bru99, S. 131ff] erfolgen.

1.1.5 Strategie-Controlling

Der Strategieprozess ist kein einmaliger Prozess. Die Technologien, die Werkstoffe, die Technologie- sowie Markt- und Umfeldszenarien müssen regelmäßig überwacht werden. Schwache Signale, die gravierende Veränderungen anzeigen, müssen erkannt und interpretiert werden. Durch ein strategisches Frühaufklärungssystem werden die Beobachtungsfelder (Szenarien, Werkstoffe, Technologien) operationalisiert. Durch ein zentrales Aufklärungssystem wird die Sammlung, die Bewertung und das Reporting aller Signale ermöglicht. Im Unternehmen verteilte Mitarbeiter, die bestimmte Fachgebiete betreuen, sog. Scanner oder fallweise hinzugezogene externe Experten übernehmen die Befüllung.

Das Strategie-Controlling wird kontinuierlich durchgeführt. Aus diesem Prozess erfolgt situativ der Anstoß für eine erneute Bearbeitung einer Phase des Zyklus der strategischen Technologieplanung.

1.2 Technologiefrühaufklärung

Die Technologiefrühaufklärung ist die systematische Beschaffung, Bewertung und Kommunikation von Informationen über technologische Trends mit dem Ziel, Chancen und Gefahren rechtzeitig zu erkennen [Lic00, S. xv]. Dabei ist der

Begriff der Frühaufklärung bewusst gewählt. In der Literatur werden die drei wesentlichen Entwicklungsstufen unterschieden [KMS93, S. 21]:

- **Frühwarnsystem** – Im Sinne des Erkennens schwacher Signale geht es lediglich darum, vor Bedrohungen zu warnen, falls festgelegte Toleranzbereiche von Indikatoren verlassen werden.
- **Früherkennungssysteme** gehen über die Warnung hinaus und spüren auch potenzielle Chancen auf.
- **Frühaufklärungssysteme** erkennen Chancen und Gefahren, können diese zusätzlich daraufhin bewerten, welche Auswirkungen diese schwachen Signale für das Unternehmen bedeuten.

Die Beschäftigung mit technologischen Trends und Umfeldentwicklungen wird in der Literatur durch synonyme Begriffe wie: Technology Intelligence, Technology Forecasting, Technology Scouting, Technology Watch dargestellt [Lic00, S. 2].

In diesen frühen Phasen der Technologiebeurteilung kommt es darauf an, die Ergebnisse systematisch und vergleichbar zu dokumentieren. Dazu wird im Laufe des Beitrages die Technologie-Scorecard vorgestellt.

1.3 Technologiebewertung – Technikbewertung – Technologiefolgenabschätzung

“Technology cannot be studied by itself. It occurs in a context of social, political, financial, personnel and educational factors that must be considered.” [PRM+91, S. 250]

Die VDI-Richtlinie 3780 stellt die allgemein gültigen, übergeordneten und wichtigen Zusammenhänge der Technikbewertung dar. Dabei werden nicht nur wis-senschaftlich-technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte, sondern auch Wertegesichtspunkte im Umgang mit Technik dargestellt [VDI3780, S. 5ff]. Die in der Richtlinie beschriebene Beurteilung von Technologien legt den Schwerpunkt nicht auf die rein technische, sondern stärker auf die politisch-gesellschaftlich orientierte Perspektive. Dies hat zur Folge, dass zunächst gesellschaftspolitisch geprägt über die Gefahren von Technik, bzw. Technologien gesprochen wird und weniger über die Chancen [vWe97].

In diesem Zusammenhang spielten die Technologiefolgenabschätzungen (TA) eine große Rolle. Sie wurden und werden überwiegend für politische Entscheidungsträger erstellt und liefern umfassende Analysen über kurz- und langfristige Folgen von technologischen Entwicklungen. Darüber hinaus werden Ursache- und Wirkungszusammenhänge aufgezeigt und alternative Handlungsmöglichkeiten beschrieben. Maßgebliches Kennzeichen der TA ist, wie der Name zeigt, das Aufzeigen von negativen Einflüssen bestimmter Technologien mit der besonderen

Pointierung von qualitativem statt quantitativem Wachstum. Die inhärenten Chancen bleiben zunächst meist unbeachtet. Aufgrund der Gefahr der „Chancen-Blindheit“ [Zei90, S. 163], ist die TA für die strategische Technologieplanung in Unternehmen annähernd unbedeutend geworden.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass die umfassende Bewertung von Technologien aus technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Aspekten die zielführende Basis für strategische Entscheidungen in Unternehmen darstellt.

2 Technologie-Scorecard

Erfahrungen zeigen, dass bei der Auseinandersetzung mit Technologien und Werkstoffen selten mehr als das altbekannte Technologieportfolio zum Einsatz kommt. Für die Darstellung zukünftiger Potenziale ist es auf Grund der starren Portfoliostruktur denkbar ungeeignet.

Die Kommunikation der Ergebnisse der Technologiefrühaufklärung sowie das Monitoring der Ergebnisse der strategischen Technologieplanung muss transparent im Unternehmen erfolgen. Dabei stehen gibt es unterschiedliche „Kunden“ / Nutzer der Ergebnisse mit differenzierten Anforderungen. Diese gilt es, auf einfachem Weg zu befriedigen. Eine Lösung stellt die Technologie-Scorecard dar. Sie ermöglicht durch eine variable Struktur die Zusammenstellung von Informationen für unterschiedliche Empfänger.

Im Vergleich zu einer Balanced Scorecard (BSC) [KN97, S.22ff] werden auf den Technologiesteckbriefen weit mehr, als reine Kennzahlen dokumentiert. Sie beinhalten alle Informationen, die im Bewertungsprozess der Technologieplanung generiert werden [Gri03, S. 424].

Der Einsatz von Technologie-Scorecards in der strategischen Technologieplanung bezieht Personen des gesamten Unternehmens in die Planungsprozesse mit ein. Es werden nicht nur die Kaufleute mit der betriebswirtschaftlichen Beurteilung von Technologien und Werkstoffen beauftragt, auch die Ingenieure, die oft das technologisch Machbare als ihr Ziel ansehen und gut und gern am Markt vorbei forschen. Dabei werden die Werkstoffe und Technologien nach unterschiedlichen Perspektiven (angelehnt an die Perspektiven einer Balanced Scorecard [HP01, S. 26]) – z.B. Finanzen, Mitarbeiter, Strategie, Zeit und Reife – bewertet.

2.1 Perspektiven der strategischen Technologieplanung

Der Zyklus der strategischen Technologieplanung betrachtet im gesamten Bearbeitungszeitraum unterschiedliche Anforderungen und Ziele. Das sind zum

Bei-spiel der kosteneffiziente Einsatz von Ressourcen oder die Verwendung von vorhandenem Know-how.

„Die große Komplexität des Systems „Unternehmung“ erlaubt es in der Regeln nicht, alle entscheidungsrelevanten Tatbestände in einer einzelnen Kennzahl zu verdichten. So wird [...] eine Reihe von Kennzahlen benötigt, die, sofern sie in sachlich sinnvoller Beziehung zueinander stehen, in einem Kennzahlensystem zusammengefasst werden können.“ [Kon85, S. 18]

Für die Technologie-Scorecard werden die in Bild 2-1 dargestellten Perspektiven und die zugeordneten Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen berücksichtigt. Die einzelnen Perspektiven bilden technische, wirtschaftliche, ökologische und ergonomische Anforderungen ab [BK97, S. 18], [Bro82, S.347], [ZB92, S. 6].

Die Bewertung der jeweiligen Perspektiven kann sehr akribisch erfolgen. Die Wahl der Anzahl der Merkmale und des Detaillierungsgrades müssen immer vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen (Zeit, Geld, Mitarbeiter) stehen. Daraus folgt, dass der Aufwand für die Beschaffung der Informationen in einem angemessenen Verhältnis zu der Qualität der Ergebnisse (also ggf. dem Informationsgewinn zusätzlicher Recherchen) stehen sollte [BK97, S. 6ff].

Die Zuordnung der identifizierten Merkmale und Ausprägungen zu den Perspektiven (Bild 2-1) gilt als Hilfestellung und ist nicht zwingend verbindlich. Aufgrund der Komplexität der Fragestellungen treten zwangsläufig Merkmale auf, die mehreren Perspektiven zugewiesen werden können. Wichtig dabei ist nicht die Zuordnung, sondern die Nennung an sich.

Eine neutrale Ausrichtung des Merkmalskataloges ist von herausragender Bedeutung. D.h. die Merkmalsausprägungen müssen somit einen sehr breiten Bereich abdecken. Denkbare Produkt-Markt-Kombinationen (aus der Phase der Umfeldprognose) können bei der Suche nach den richtigen Merkmalen bzw. alternativen Ausprägungen helfen. Generell soll der Merkmalskatalog die Beschreibung der Anforderungen beliebiger Produkt-Markt-Kombinationen ermöglichen.

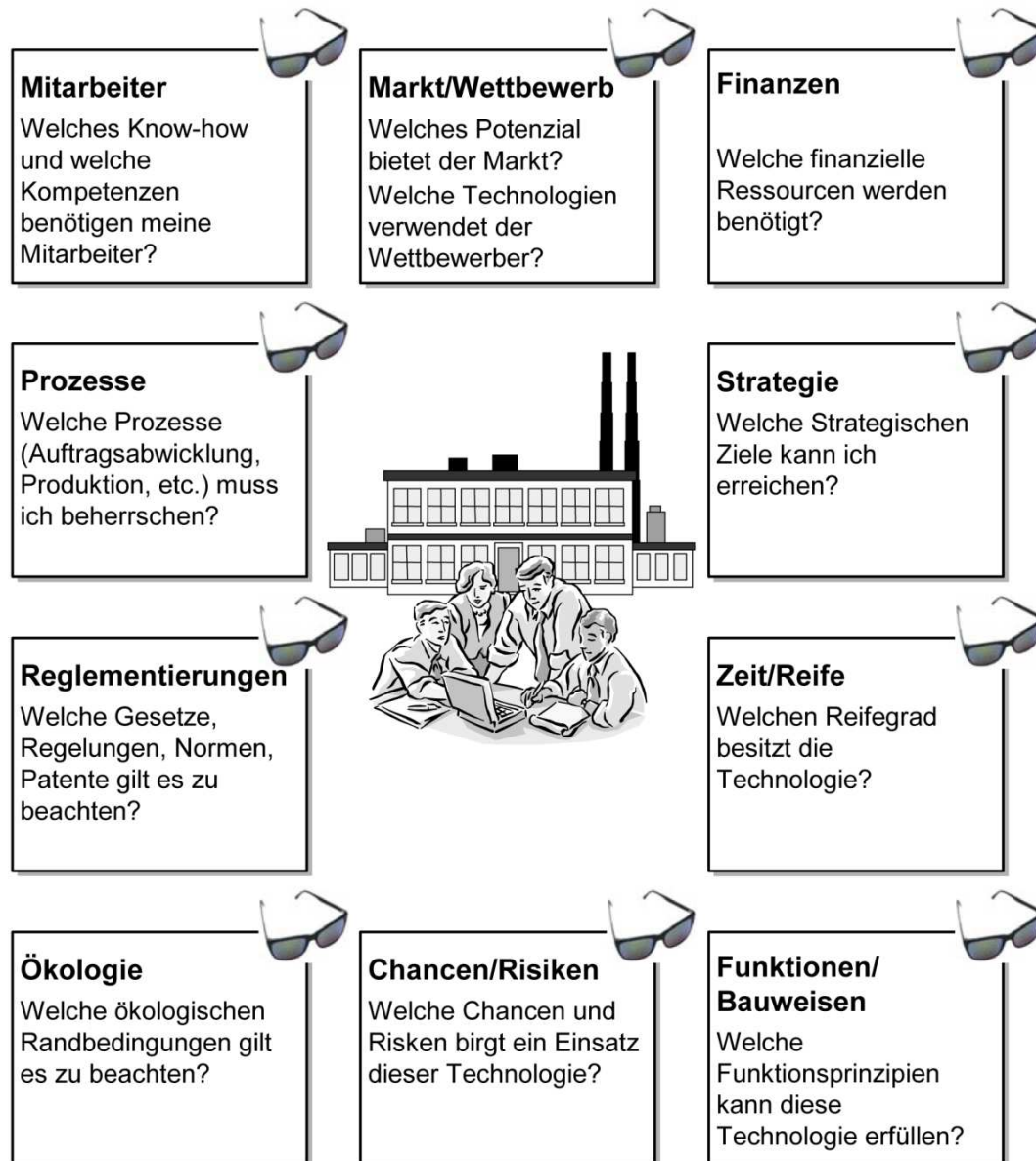


Bild 2-1: Perspektiven der strategischen Technologieplanung

Im Folgenden werden die zehn Perspektiven beschrieben:

- **»Markt und Wettbewerb«** – Technologien besitzen in ihrer Entwicklung eine Eigendynamik (technology push) getrieben vom Forscherdrang der Ingenieure oder von technischen Neuerungen und bestimmen den Know-how-Bedarf des Anwenders. Parallel dazu werden sie durch marktseitige Einflussgrößen maßgeblich beeinflusst (market pull). Umfeldszenarien beschreiben die Marktseite. Sie enthalten indirekte Einflüsse wie volkswirtschaftliche oder gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Gleichzeitig werden Nachfrage, Wettbewerbssituationen sowie Gesetze und Normen beschrieben, die direkten Einfluss auf die Entwicklung aus-

üben [GSZ02, S. 111]. Auf beiden Seiten (Markt bzw. Forschung und Entwicklung) entsteht spezifischer Bedarf, der entweder durch Produkte oder durch Wissen gedeckt werden muss. Erfolgsfaktoren sind die Merkmale der Perspektive »Markt und Wettbewerb«. Das sind Faktoren, die für den Erfolg des Geschäftes von entscheidender Bedeutung sind [GFS96, S. 65]. Ein Beispiel für einen Erfolgsfaktor ist die „geringe Entwicklungstiefe“.

- In der Perspektive »**Kosten und Finanzen**« werden vorwiegend finanzielle Aspekte (im Hinblick auf das Produkt, die Herstellung, den Betrieb oder notwendige Investitionen) möglicher Produkt-Markt-Kombinationen betrachtet. Diese Kombinationen beschreiben detaillierte Anforderungen an die Kostenstruktur zukünftiger Produkte. Merkmale für den Anforderungskatalog können bspw. die Herstellungskosten sein. Nach WÖHE setzen sich diese aus einer Vielzahl von Kosten zusammen, die bei der Erstellung eines Produktes anfallen [Wöh93, S. 1111].
- »**Strategie**« – Die Analysephase des Zyklus der strategischen Technologieplanung (Kapitel 1.1.3) identifiziert die übergeordnete Unternehmensstrategie (Positionierung und Kompetenzen). In der Perspektive »Strategie« wird die übergeordnete Ausrichtung des Unternehmens für bestimmte Produkt-Markt-Kombinationen dokumentiert. Dazu werden Angaben zu unterschiedlichen Markteintrittsstrategien (Pionier, früher Folger, Imitator etc.), Wettbewerbsstrategien (Kostenführer, Spezialist, Technologieführer etc.), FuE-Strategien (vorwettbewerbliche Forschung, Lizaustausch, etc.) [Sei98, S. 140ff] oder Marktpositionierungen nach Ansoff (Marktdurchdringung, Differenzierung, etc.) [GF99, S. 233] getroffen, was bspw. maßgeblichen Einfluss auf die Anwendung von Technologien bezüglich ihres Reifegrades hat.
- Die Perspektive »**Zeit und Reife**« beschreibt die Fähigkeit der Märkte, bzw. der Umfeldler, die Produkte anzunehmen. Innovationen können revolutionär sein, jedoch der Kunde ist noch nicht bereit in solche Produkte zu investieren. Die Reifegrade von Märkten oder Produkten lassen sich durch Lebenszykluskonzepte beschreiben. Ein Beispiel, bei dem eine ausgereifte Technologie auf einen unreifen Markt gelang, ist der VW-Golf Ecomatic. Die Schwungnutzautomatik schaltet den Motor bei der Nichtbenutzung (an der Ampel, Bergabfahrt etc.) ab. Die Innovation war einmalig und hat die gewünschten Energiespareffekte erbracht, doch der Markt war zu jung und die Kunden augenblicklich nicht bereit für den Kauf [Lew01-01]. Das Beispiel zeigt, dass ebenso Märkte einen Lebenszyklus besitzen, wobei zunächst eine kritische Masse von Kunden gewonnen werden muss, damit der Markt die Produkte annimmt und die Nachfrage am Markt überproportional steigt. Die Bestimmung der Reife von Märkten, Werkstoffen oder Technologien kann bspw. durch Daten-

bankabfragen unterstützt werden. Bild 2-2 zeigt den Ausschnitt einer Internet-Datenbankrecherche. Die Suche wurde für den Begriff „Mechatronik“ durchgeführt. Die Balkengrafik zeigt die Häufigkeit der Nennungen in dieser Datenbank. Daraus lassen sich anschließend Zugehörigkeiten zu Lebenszyklusphasen ableiten.

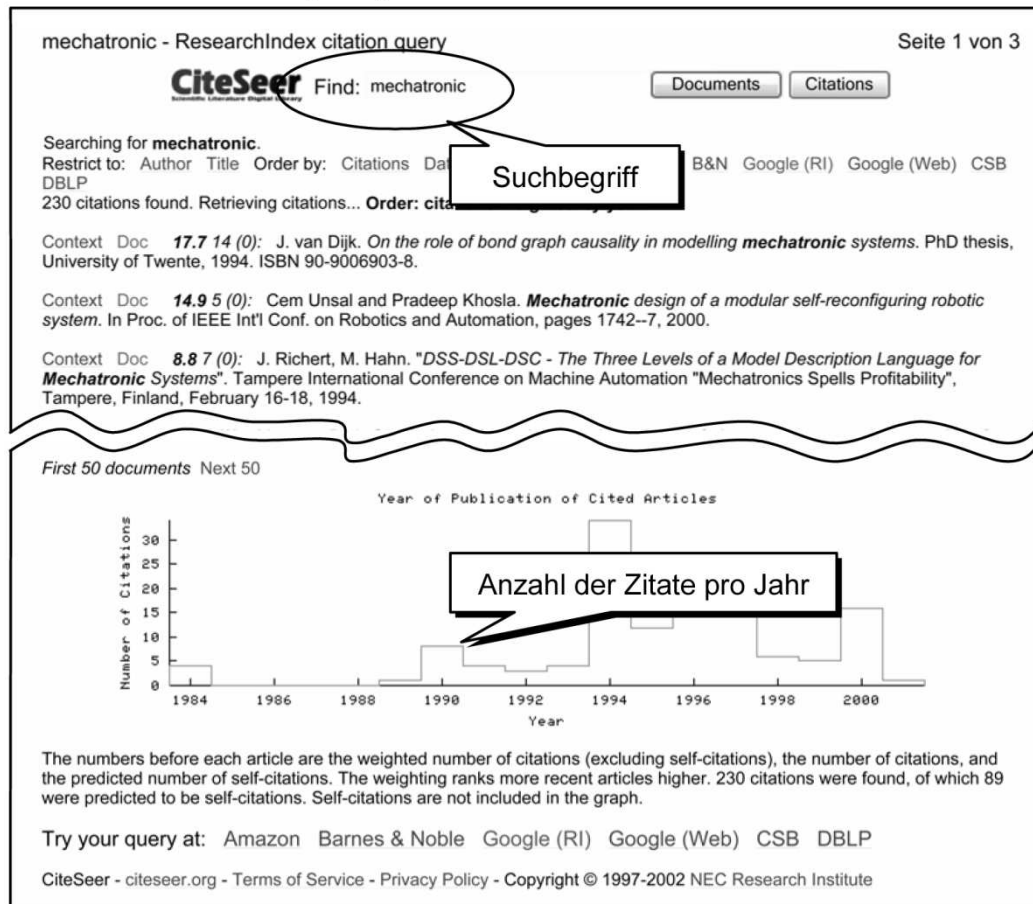


Bild 2-2: Ergebnis einer Datenbankrecherche zur Ermittlung des Reifegrades [Cit03-ol]

- »Chancen und Risiken« – Die Eroberung neuer technologischer Wachstumsfelder ist gekoppelt an Chancen und Risiken. Gefahren, aber auch Potenziale, werden durch vielschichtige Ausprägungen, wie Differenzierungs- sowie Kostenvorteile gegenüber dem Wettbewerb schnell deutlich. Der Einsatz von neuen Technologien ist demnach von ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Trends und Treibern abhängig. Im Gegensatz zu den Erfolgsfaktoren (siehe Perspektive »Markt und Wettbewerb«) sind die Treiber Merkmale, die eine Produktion zukünftig maßgeblich beeinflussen können, wie bspw. „Fachkräftemangel“. Die Bearbeitung erfolgt vergleichbar zu den Erfolgsfaktoren. Die Treiber

werden beschrieben und im Lichte der Produkt-Markt-Kombination bewertet.

- Die Perspektive »**Funktionen und Bauweisen**« beschreibt auf der einen Seite die funktionale Abstraktion der zu betrachtenden Produkt-Markt-Kombination. Auf der anderen Seite können unterschiedliche Bauweisen angegeben werden, mit denen die Produkt-Markt-Kombination realisiert werden soll. Hilfreich für diesen Schritt ist das morphologische Denken nach ZWICKY [Zwi89, S. 13].

HUANG empfiehlt, das zukünftig gewünschte oder denkbare Produkt durch eine Funktionssynthese, in Funktionen und Funktionsstrukturen zu detaillieren [Hua02, S. 6]. Die Frage dazu lautet: Welche Funktionen wünscht der Kunde und welche nicht? Grundsätzlich können alle geforderten Angaben dem Pflichtenheft entnommen werden (soweit es für das Produkt schon vorhanden ist). Darin sind Fest-, Mindest-, und Wunschforderungen genau beschrieben.

- In der Perspektive »**Prozesse**« wird der Wertschöpfungsprozess von der Entwicklung über die Fertigung bis zum Vertrieb betrachtet. Der Schwerpunkt liegt in der Fertigung. Aufgrund der gegebenen Märkte und Produkte können hier Aussagen zu Fertigungskonzepten getroffen werden. Folgende Fragestellungen, bzw. Anforderungen werden bspw. in dieser Perspektive dokumentiert: Welche Fertigungsart (Häufigkeit der Leistungswiederholung), welche Ablaufart der Fertigung (räumliche Anordnung) oder welche Fertigungsstruktur (Aufeinanderfolge von Arbeitsvorgängen) soll verwendet werden? [ES99, S. 14-62f] Neben der Fertigung ist ebenfalls die Reparatur von entscheidender Bedeutung. Dazu können Kriterien wie Reparaturfähigkeit oder Reparaturaufwand betrachtet werden.
- »**Mitarbeiter**« – Der Mensch ist nach BULLINGER zentraler Leistungsträger im Unternehmen. Die Produktivität, die Produkt- und Prozessinnovationen sowie die Umsetzung strategischer Konzepte sind somit maßgeblich von der menschlichen Leistungsfähigkeit und -bereitschaft abhängig [BL97, S.27]. Die Perspektive »Mitarbeiter« beschreibt die notwendigen Fähigkeiten der Mitarbeiter, die Voraussetzung für hohe Leistungsbereitschaft und Qualität sind. Merkmale einer Arbeitskraft werden als Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten bezeichnet. Im Angelsächsischen wird ebenso der Begriff „skills“ verwendet, welcher zwei Arten von skills vereint: hard und soft skills.
- Die Perspektive »**Ökologie**« beschreibt das Produkt ganzheitlich anhand von Merkmalen. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus (Gewinnung, Verwendung, Verwertung) betrachtet. Bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung ist es zwingend erforderlich, ökologische Fragestellungen

gen mit ökonomischen Zielsetzungen in Einklang zu bringen. Merkmale für diese Perspektive sind z.B. die Umweltverträglichkeit der Produktion oder der Aufwand für Demontage.

- **»Reglementierungen«** – In einem Pflichtenheft werden unter anderem konzeptbeeinflussende Größen, wie Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien festgehalten [ES99, S. 7-137]. Vor dem Hintergrund zunehmender Globalisierung der Märkte müssen umfangreiche Gesetze etc. mit unterschiedlichen Gültigkeitsgebieten beachtet werden. Diese zeigt die Perspektive »Reglementierungen« auf. Bei der Planung und Einrichtung von Fertigungsstätten, bzw. allgemein bei der Schaffung von Voraussetzungen zur Anwendung der Werkstoffe und Technologien, sind eine Reihe von Vorschriften, Gesetzen und Richtlinien, bspw. Unfallverhütungsvorschriften (UVV) oder Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) [SS86, S. 201] zu beachten.

2.2 Bewertungsdokumentation

Durch ausgewählte Produkt-Markt-Kombinationen wird aus dem Merkmalskatalog durch spezifische Ausprägungen der Merkmale ein Anforderungskatalog. Dieser muss durch die identifizierten Werkstoffe und Technologien erfüllt werden.

Die Bewertungen der Werkstoffe und Technologien werden in den oben beschriebenen Steckbriefen dokumentiert. Wesentlicher Bestandteil sind die Polardiagramme als „Landkarte der Bewertung“ (Bild 2-3). Jede Achse des Diagramms repräsentiert eine Perspektive. Auf Basis der Merkmalsgewichtung werden die Merkmale zu einer Kennzahl je Perspektive aggregiert.

Das Anforderungsprofil (Sollprofil) wird durch die Angabe „100%“ dargestellt. Die innere Fläche repräsentiert die Anforderungserfüllung durch den Werkstoff oder die Technologie (Istprofil).

Neben der Merkmalerfüllung werden weitere Informationen, wie eine Kurzbeschreibung der Technologie, ein Übersichtsbild sowie der Verweis auf Know-how-Träger dargelegt. Die Zusammenstellung der Inhalte erfolgt in Abhängigkeit von der anzusprechenden Berichtsebene. Für übersichtliche Managementinformationen reichen die Kurzbeschreibung, die Lebenszyklusangabe sowie wenige ausgewählte Merkmale hinreichend aus. Für die umfassende Dokumentation von Werkstoffen und Technologien als Basis für einen breiten Einsatz im Unternehmen, müssen wesentlich mehr Informationen vorgehalten werden. Dazu gehören unter anderem auch Relevanzbewertungen für unterschiedliche Geschäftsfelder (siehe Beispielanwendungen Kapitel 2.5).

Die Dokumentation bzw. das Reporting von wesentlichen Informationen der strategischen Technologieplanung erfolgt idealerweise auf einem Blatt, was durch die Steckbriefe möglich wird. Sie stellen die elementare Grundlage für das Monitoring und das Reporting der strategischen Technologieplanung dar.

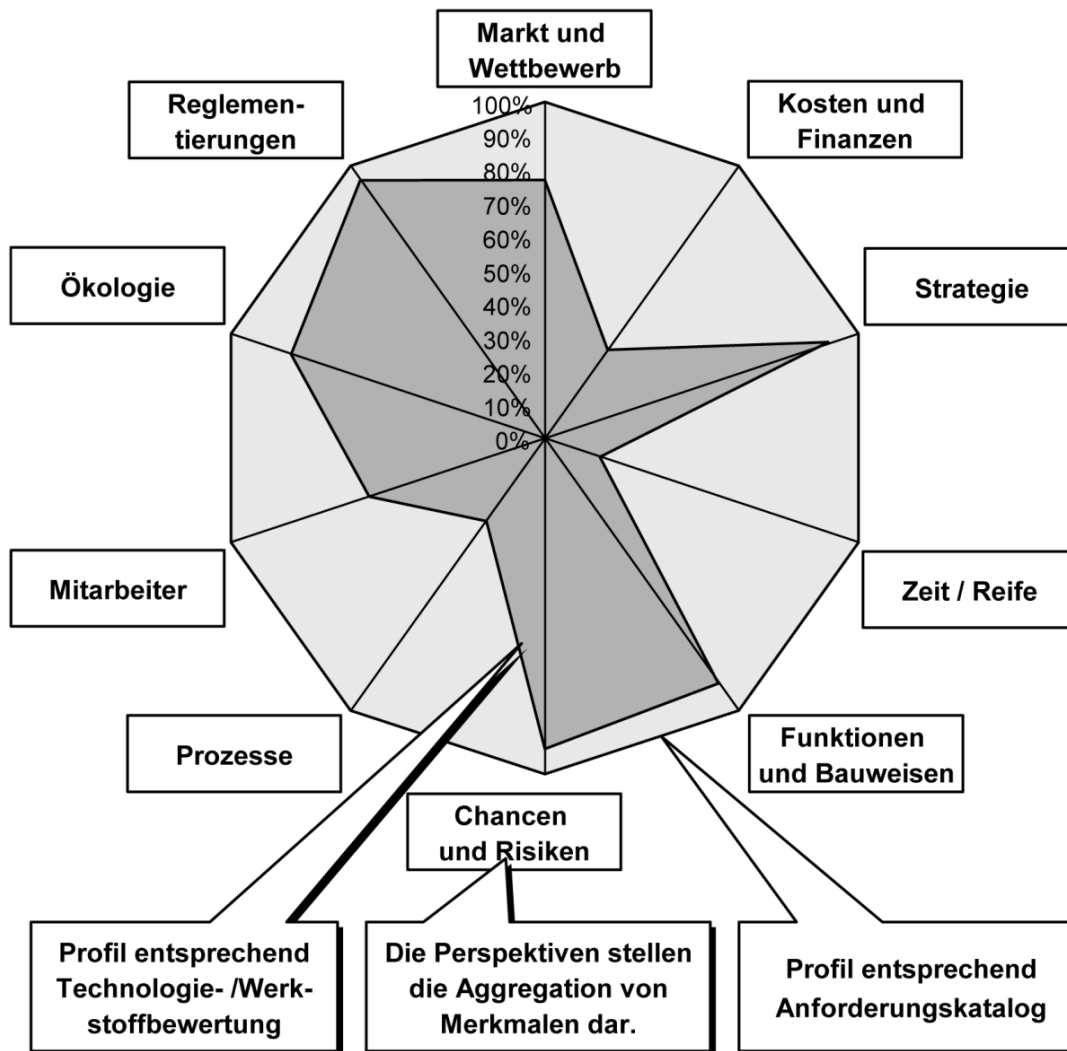


Bild 2-3: Beispiel für eine „Landkarte der Bewertung“

2.3 Reporting

Im Zyklus der strategischen Technologieplanung werden viele Informationen gesammelt und zu neuem Wissen kombiniert. Die Informationen über Technologien, Werkstoffe, Ziele und Randbedingungen verändern sich stetig. Diese Veränderungen werden durch das Reporting an die Entscheidungsträger weitergegeben. Aufgrund der Vielzahl der Informationen müssen für unterschiedliche Entscheidungsebenen eines Unternehmens differenziert aggregierte Berichte zur

Verfügung stehen. Grundsätzlich unterscheiden BÜRCEL et al. bei der Aufbereitung zwei Kriterien:

- **Welche Informationen werden weitergegeben?** In erster Linie sind es Neuigkeiten über die Technologien oder Werkstoffe. Parallel dazu werden die Merkmale und deren Ausprägungen ständig überprüft. Die Informationen dazu ergeben sich bspw. aus E-Mails, Memos, Messebesuchen, Tagungen, Zeitschriften, Trenddatenbanken, Zukunftsstudien, Zukunftworkshops oder Szenarien [BRA02, S.34].
- **Wer ist der Adressat?** Die Informationen können unterschiedlichen Bereichen und Ebenen eines Unternehmens zur Verfügung gestellt werden. Das sind bspw. Forschung und Entwicklung, Forschungsvorstand, Chief-Technology-Officer (CTO), Strategie- oder Technologierunden [BRA02, S.34].

2.4 Organisation der Technologie-Scorecard

Zum einen sollte die Technologie-Scorecard als strategisches Instrument in den Prozessen der Organisation etabliert werden. Zum anderen empfiehlt sich eine rechnerbasierte Umsetzung in Form einer Datenbankapplikation.

2.4.1 Prozessgestaltung

Die Befüllung und Pflege der Scorecard-Inhalte muss so organisiert sein, dass ein Redakteur den Gesamtüberblick behält. Für die Technologien und Werkstoffe werden verantwortliche Mitarbeiter ausgewählt. Diese scannen regelmäßig die übertragenen Themen und aktualisieren sie bei Bedarf. In der Regel beschäftigen sich die Mitarbeiter zwangsläufig durch ihr Tagesgeschäft mit den vertrauten Aufgaben. Andererseits erhalten die Inhalte der Scorecard ein „Verfallsdatum“, nach dessen Ablauf die Inhalte auf jeden Fall aktualisiert werden müssen.

Neben dem internen Aufbau von technologischem Wissen gilt es regelmäßig auf externe Expertennetzwerke zurückzugreifen [Pei92, S. 289].

2.4.2 Informationstechnik

Die rechnergestützte Umsetzung der Technologie-Scorecard bietet den Vorteil der zentralen Ablage aller Informationen in einer Datenbank. Aus dieser können anschließend spezifische Darstellungsformen für unterschiedliche Empfänger generiert werden. Das obere Management erhält hoch aggregierte Informationen, um einen schnellen Überblick über Reifegrade oder Innovationspotenzial zu

bekommen. Der Sachbearbeiter in der Forschung kann dagegen sehr detaillierte Scorecard-Kataloge erhalten.

2.5 Beispielanwendungen

Als Beispiele werden zwei Arten von Scorecards vorgestellt.

Die „einfachere“ von beiden ermöglicht einen schnellen Überblick über die Technologie (Bild 2-4). Lediglich eine Kurzbeschreibung, ein Bild, die Lebenszykluszuordnung und ausgewählte Merkmalsbewertungen geben Auskunft über den derzeitigen Stand der Technologie. Diese einfache Struktur ermöglicht den Vergleich von Technologien nach gleichem Muster. Ergebnis kann eine Präsentation oder ein ausgedruckter Katalog sein, der schnell einen Überblick über den Stand der Technik gibt.

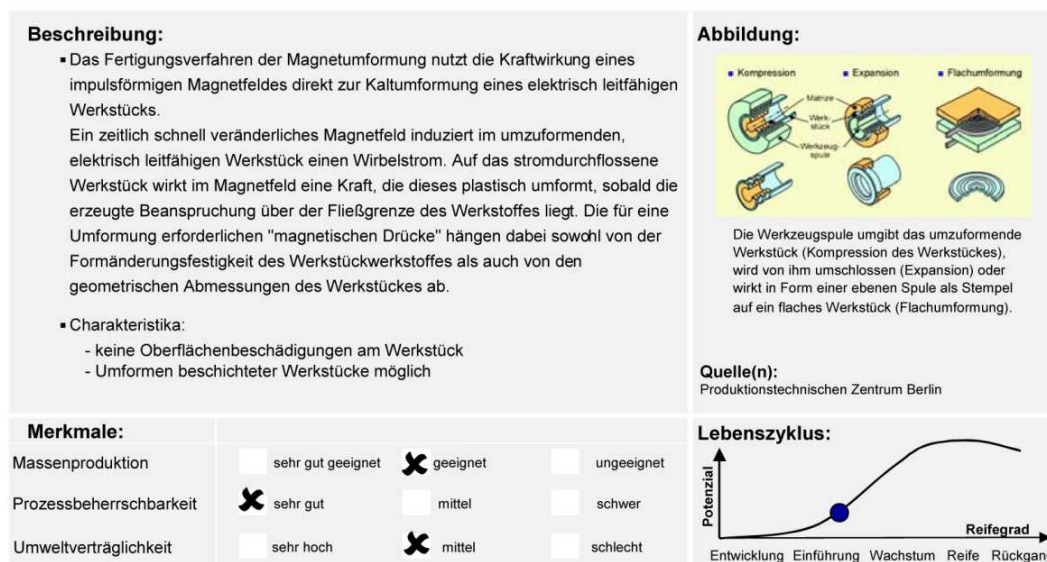


Bild 2-4: Beispiel-Scorecard für Magnetumformen

Ein detaillierteres Beispiel stellt die zweiseitige Scorecard (Bild 2-5) dar, die auf der ersten Seite allgemeine Angaben zur Technologie abbildet, wie oben dargestellt und auf der zweiten Seite den Bezug der Technologie zum Unternehmen fokussiert.

Die erste Seite hat eher definitiven Charakter und beschreibt allgemein gültige Entwicklungspfade. Die zweite Seite ist dagegen öfter zu aktualisieren, da sie gleichzeitig die Aktivitäten im Umfeld der Technologien dokumentiert.

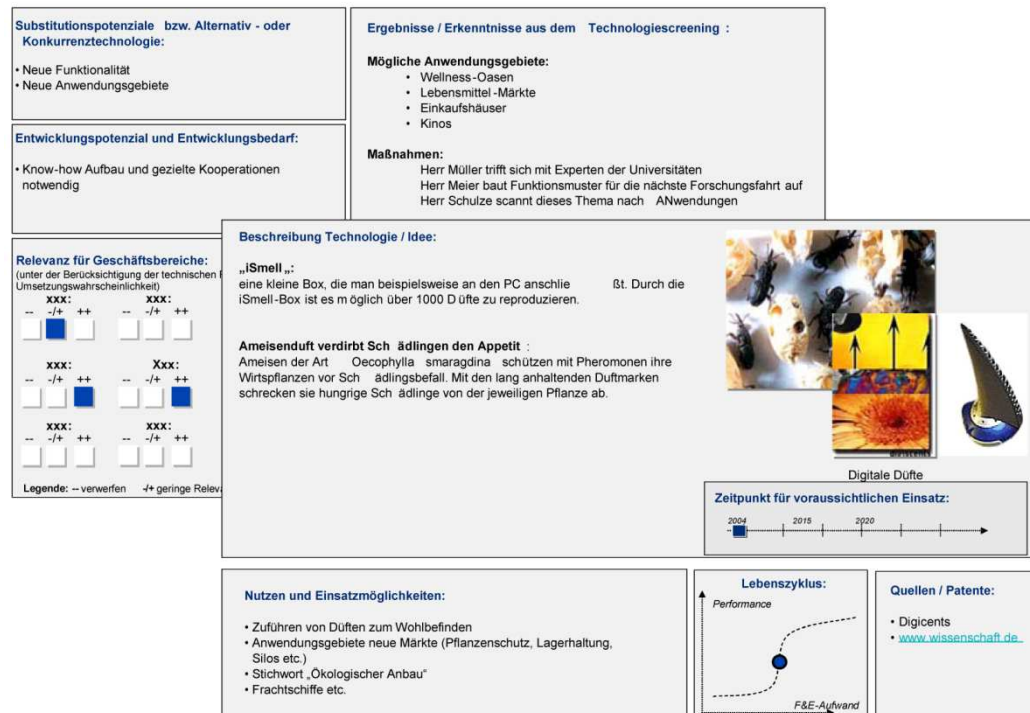


Bild 2-5: Beispiel einer Technologie-Scorecard mit zwei Seiten

3 Fazit

Diese ganzheitliche Vorgehensweise setzt bereits in der frühen Phase des Auftauchens von schwachen technologischen Potenzialen an. Die ausgewogenen Bewertungen von Technologien und Werkstoffen erlauben eine fundierte Entwicklung von Technologieplattformen als maßgebliche technologische Kernkompetenzen und Technologiestrategien. Diese Plattformen und Strategien gelten nicht ewig. Auf Grund der teilweise rasant verlaufenden Entwicklung überwacht das Strategie-Controlling auf Basis der Technologie-Scorecards stetig die technologischen Entwicklungspfade. Aus der Bewertung der Überwachungen heraus werden spezifische Phasen der Technologieplanung erneut angestoßen und die erarbeiteten Prämissen kritisch hinterfragt.

Die umfassende Bewertung der Technologien und Werkstoffe legen die Basis für die Kombination zu sog. Technologieszenarien, die Prozessketten einer zukünftiger Produktion darstellen. Diese Kombinationen gekoppelt mit den Angaben der Perspektive „Zeit und Reife“ und den Aussagen aus der Perspektive „Funktionen und Bauweisen“ ermöglichen sehr einfach eine andere Sicht auf die Technologien – die Technologie-Roadmap zu generieren. Sie stellt die zeitliche Verfügbarkeit von Technologieszenarien grafisch übersichtlich dar.

Die Technologie-Scorecards müssen nicht aufwendig aufgebaut sein. Der Charme und Mehrwert liegt in der Einfachheit des Aufbaus und der Anwendung. Erfah-

rungen zeigen, dass sowohl Konzernforschung als auch mittelständisch geprägte Technologiearbeitskreise mit vergleichbaren Strukturen arbeiten können.

Literatur

- [BK97] BREIING, A.; KNOSALA, R.: Bewerten technischer Systeme – Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen. Berlin: Springer, 1997.
- [BL97] BULLINGER, H.-J.; LOTT, C.-U.: Target Management – Unternehmen zielorientiert gestalten und ergebnisorientiert führen. Frankfurt-Main: Campus, 1997.
- [BRA02] BÜRGEL, H. D.; REGER, G.; Ackel-Zakour, R.: Technologie-Früherkennung in multinationalen Unternehmen: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin: Springer, 2002.
- [Bro82] BROSE, P.: Planung, Bewertung und Kontrolle technologischer Innovationen. Berlin: Erich Schmidt, 1982.
- [Bru99] BRUNNER, J.: Value-based Performance-Management: wertsteigernde Unternehmensführung: Strategien – Instrumente – Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler, 1999.
- [Cit03-ol] mechatronic – ResearchIndex citation query. unter: <http://citeseer.nj.nec.com>, Dezember, 2003.
- [ES99] EVERSHEIM, W.; SCHUH, G.: Produktion und Management - Betrieb von Produktionssystemen. Bd. 4 Berlin: Springer, 1999.
- [GF99] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.: Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Model zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser, 1999.
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien. München: Carl Hanser, 1996.
- [Gri03] GRIENITZ, V.: Erschließen von technologischen Erfolgspotenzialen – Technologieszenarien in der strategischen Technologieplanung. In: ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (2003), Nr. 9, S. 421-426.
- [Gri04] GRIENITZ, V.: Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. Paderborn, Universität, Fachbereich Maschinentechnik (in der Fakultät Maschinenbau – ab 1. Okt. 2002), Dissertation, 2004, HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 151.
- [GSZ02] GESCHKA, H.; SCHAUFFELE, J.; ZIMMER, C.: Explorative Technologie-Roadmaps – Eine Methodik zur Erkundung technologischer Entwicklungslinien und Potenziale. In: MÖHRLE, M. G.; ISENMANN, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin: Springer, 2002.
- [HP01] HORVATH & PARTNER: Balanced Scorecard umsetzen. 2. überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2001.
- [Hua02] HUANG, M.: Funktionsmodellierung und Lösungsfindung mechatronischer Produkte. Karlsruhe, Universität (TH), Fakultät für Maschinenbau, Dissertation, 2002.

- [KMS93] KRYSTEK, U.; MÜLLER-STEWENS, G.: Frühaufklärung für Unternehmen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1993.
- [KN97] KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P.: Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.
- [Kon85] KONEN, W.: Entwicklung und Einsatz eines kennzahlengestützten Verfahrens zur Analyse und Reorganisation von physischen Distributionssystemen. Aachen, Technische Hochschule, Dissertation, 1985.
- [Lew01-ol] LEWANDOWSKI, J.: Und immer wieder springt der Motor an. Online-Artikel unter: <http://www.sueddeutsche.de/automobil/artikel/149/149/>, 30. September 2001.
- [Lic00] Lichtenthaler, E.: Organisation der Technology Intelligence – Eine empirische Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven Großunternehmen. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Dissertation, 2000, Technology, Innovation an Management, Band 5.
- [Pei92, S. 289] Peiffer, S.: Technologie-Frühaufklärung. Universität Duisburg, Dissertation, 1991, Duisburger betriebswirtschaftliche Schriften; Bd. 3.
- [PRM+91] PORTER, A. L.; ROPER, A. T.; MASON, T. W.; ROSSINI, F. A.; BANKS, J.; WIEDERHOLT, B. J.: Forecasting and Management of Technology. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- [Sei98] SEIBERT, S.: Technisches Management – Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement. Stuttgart: Teubner, 1998.
- [SS86] SPUR, G.; STÖFERLE, T.: Handbuch der Fertigungstechnik. Band 5 (Fügen, Handhaben und Montieren) München: Carl Hanser, 1986.
- [VDI3780] VDI-Richtlinie 3780: Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf: VDI, 1991.
- [vWe97] GRAF VON WESTFALEN; R.: Technikfolgenabschätzung als politische Aufgabe. München: Oldenbourg, 1997.
- [Wol91] WOLFRUM, B.: Strategisches Technologiemanagement. Wiesbaden: Gabler, 1991.
- [Wöh93] WÖHE, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. München: Vahlen, 1993.
- [ZB92] ZAHN, E.; BRAUN, F.: Identifikation und Bewertung zukünftiger Technik-trends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung. In: VDI TECHNOLOGIEZENTRUM (Hrsg.): Technologiefrühaufklärung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1992.
- [Zei90] ZEIDLER, G.: Technikfolgenabschätzung als unternehmerische Aufgabe. In: ROPOHL, G.; SCHUCHARDT, W.; WOLF, R. (Hrsg.): Schlüsseltexte zur Technikbewertung. Dortmund: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS), 1990.
- [Zwi89] ZWICKY, F.: Morphologische Forschung. 2. Aufl. Glarus: Baeschlin, 1989.

A 14 [Gri06]

Technologiestrategie – das wesentliche Element in der strategischen Technologieplanung

Dr.-Ing. Volker Grienitz

UNITY AG

Lindberghring 1, 33142 Büren

Tel. 02955 743250, Fax: 02955 743299

E-Mail: volker.grienitz@unity.de

Zusammenfassung

Die transparente Bearbeitung der technologischen Potenziale eines Unternehmens durch die strategische Technologieplanung findet ihre Dokumentation in der Technologiestrategie. In der Literatur werden bisher betriebswirtschaftlich motivierte Ansätze zur Struktur von Technologiestrategien dargestellt.

Der vorliegende Beitrag zeigt, wie sich aus dem Zusammenspiel von Markt und Technologie die Technologiestrategie ableiten und somit der Weg zur nachhaltigen Sicherung des profitablen Wachstums über Technologieplattformen beschreiben lässt.

Schlüsselwörter

Technologiestrategie, strategische Technologieplanung, strategische Technologieplattform, strategische Position

1 Einleitung und Überblick

Unternehmen befinden sich heute in einem globalen Wettbewerb mit hoher Dynamik und Komplexität der Rahmenbedingungen, Prozesse und Produkte. Neben der Notwendigkeit internationaler Präsenz sind die Unternehmen gefordert, nachhaltig Wettbewerbsvorteile zu schaffen. Hierzu müssen die Herausforderungen der Märkte aber auch die der Technik gemeistert werden. Der Plan für die Eroberung der Chancen von morgen wird u.a. in der Technologiestrategie festgehalten. Die Erarbeitung von Technologiestrategien erfordert die Einbeziehung aller Einflussbereiche des Unternehmens. Grob strukturiert lassen sich diese einerseits durch den Markt – also den Bedarf und andererseits durch die Technologien – also die Befähiger für zukünftige Produkte und Dienstleistungen darstellen. Diese beiden wesentlichen Stoßrichtungen werden als Market Pull und Technology Push beschrieben:

- **Market Pull** steht für die Beschreibung der gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen aus Branchen- und Marktsicht, wobei auch die Beschreibung spezifischer Anforderungen unterschiedlicher Kundensegmente verstanden wird.

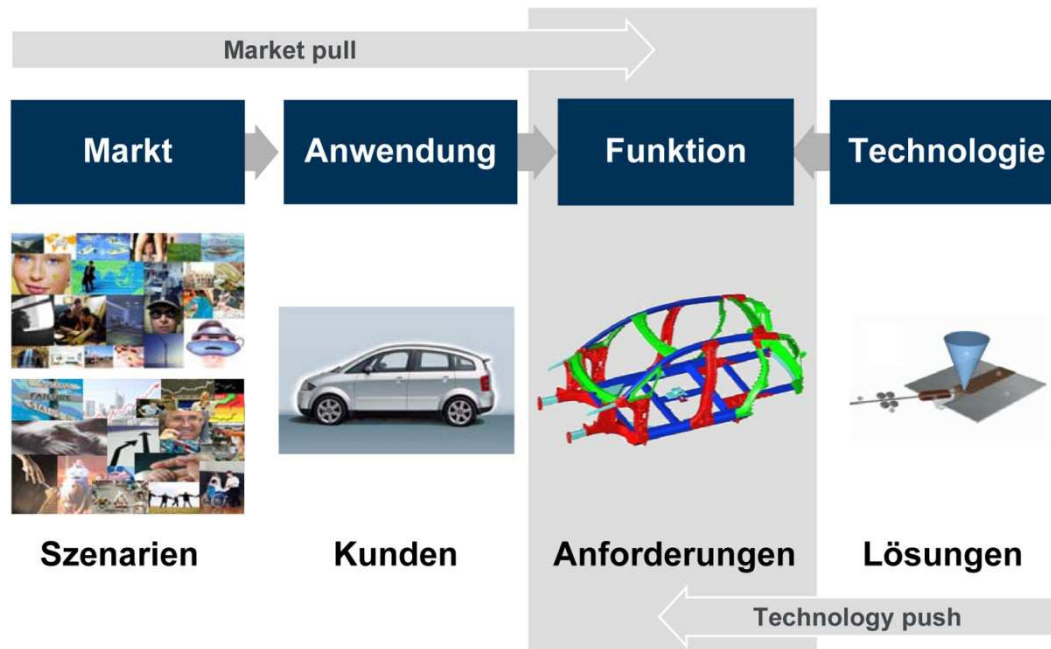


Bild 1-1: Zusammenspiel von Market Pull und Technology Push (Bildquellen: Audi AG, www.tecnologix.de)

- **Technology Push** steht für Veränderungen aus dem technologischen Umfeld. Dies sind zum Beispiel innovative substituierende Fertigungstechnologien, Verbesserungen von bestehenden Technologien bzw. Neuerungen auf dem Gebiet der Werkstoffe, die den Einsatz neuer Technologien zulassen und somit die Befriedigung neuer komplexer Kundenanforderungen ermöglichen.

Bei dem Management von Technologien in Unternehmen kommt es auf die Berücksichtigung gegenwärtiger sowie zukünftiger Technologietrends an. Die technologische Beurteilung der Umfeldentwicklungen wird durch die Komplexität und Dynamik der Märkte erschwert [Lic00, S. 1].

2 Grundlagen der strategischen Technologieplanung

Die strategische Technologieplanung ist ein systematischer Ansatz, mit dem Potenziale aus Wettbewerb, Markt, Technologien und Werkstoffen zu verwertbarem Wissen für Unternehmen aufgebaut wird. Dabei werden sechs Phasen durchlaufen (Bild 2-1): Unternehmensanalyse, Umfeldprognose, Technologieprognose, Strategieentwicklung, Strategieumsetzung und das Strategiecontrolling. Bei erstmaligem Durchlauf wird mit der »Analyse« begonnen. In zukünftigen Planungsperioden erfolgt aufgrund der Ergebnisse des Controlling-Prozesses eine fallweise Bearbeitung einzelner Zyklusschritte. Die sechs Schritte werden im Folgenden kurz erläutert:

2.1 Analyse

Dieser Schritt umfasst die Festlegung der Ziele, die Identifikation der strategischen Ausrichtung bzw. Positionierung des Unternehmens. Anschließend werden die vorhandenen Kompetenzen identifiziert. Die Analysephase endet mit der Festlegung des Gestaltungsfeldes (des Handlungsrahmens). Durch die Beschreibung des Gestaltungsfeldes wird der Handlungsrahmen der Aktivitäten abgesteckt.

Durch die anschließende Zielfestlegung wird definiert, was mit der strategischen Technologieplanung erreicht werden soll. Diese Ziele resultieren aus der übergeordneten Unternehmensstrategie. Das bedeutet, dass sie konform zu den später zu entwickelnden Technologiestrategien laufen müssen, um Reibungsverluste bei der Umsetzung der geplanten Ziele zu vermeiden.

2.2 Umfeldprognose

Während der Umfeldprognose werden in einer strategischen Vorausschau Markt- und Umfeldszenarien für zukünftige Absatzmärkte entwickelt. Parallel dazu sind künftige Produktszenarien zu formulieren [GFS96, S.127]. Diese stellen eine Mischung aus technischen und ökonomischen Kundenanforderungen dar. Die Zusammenführung von Markt- und Produktszenarien ergeben Kombinationen, die das Gestaltungsfeld für die Technologieszenarien spezifizieren.

2.3 Technologie-Prognose

Die Technologieprognose befasst sich mit der Erstellung von Technologieszenarien für die Umsetzung, bzw. Erfüllung der Anforderungen aus den Markt-Produkt-Kombinationen. Technologieszenarien sind in sich schlüssige, kompatible Kombinationen von Werkstoffen und Technologien, die alle geforderten Nebenbedingungen sehr gut erfüllen.

2.4 Strategieentwicklung

An dieser Stelle geht es um die Formulierung von Technologiestrategien. Sie beschreiben die Schlüsseltechnologien bzw. Schlüsselwerkstoffe, die die Grundlage für den zukünftigen Erfolg darstellen sollen. Die strategische Ausrichtung des Unternehmens beschreibt die Umsetzung der Ziele durch geplante Vorgehensweisen. Die Strategie ist demnach der Weg dahin [GF99, S. 270]. Die Umsetzung der Strategie basiert zum einen auf der Bestimmung der Wettbewerbsarena, in der das Unternehmen tätig werden möchte und zum anderen auf der Festlegung der Kompetenzen, mit denen das Unternehmen aktiv werden möchte.

Die Technologiestrategie beantwortet folgende grundsätzliche Fragestellung: **Welche** Technologie aus **welcher** Quelle soll **wann**, auf **welchem** Leistungs-niveau zu **welchem** Zweck genutzt werden? [Wol91, S. 118]

2.5 Strategieumsetzung

Der Wandel im Unternehmen wird durch die Strategieumsetzung gesteuert. Für den Veränderungsprozess werden die strategischen Ziele durch untergeordnete Teilziele detailliert. Daraus werden entsprechend Konsequenzen und Maßnahmen abgeleitet. Die Umsetzung wird durch ein Kennzahlensystem, welches die Zielerreichung der Maßnahmen überwacht und steuert, begleitet (Durchführungs-

kontrolle). Die Operationalisierung der Ziele kann mit einer Balanced Scorecard [KN97, S. 26ff] oder durch das Value Based Management [Bru99, S. 131ff] erfolgen.

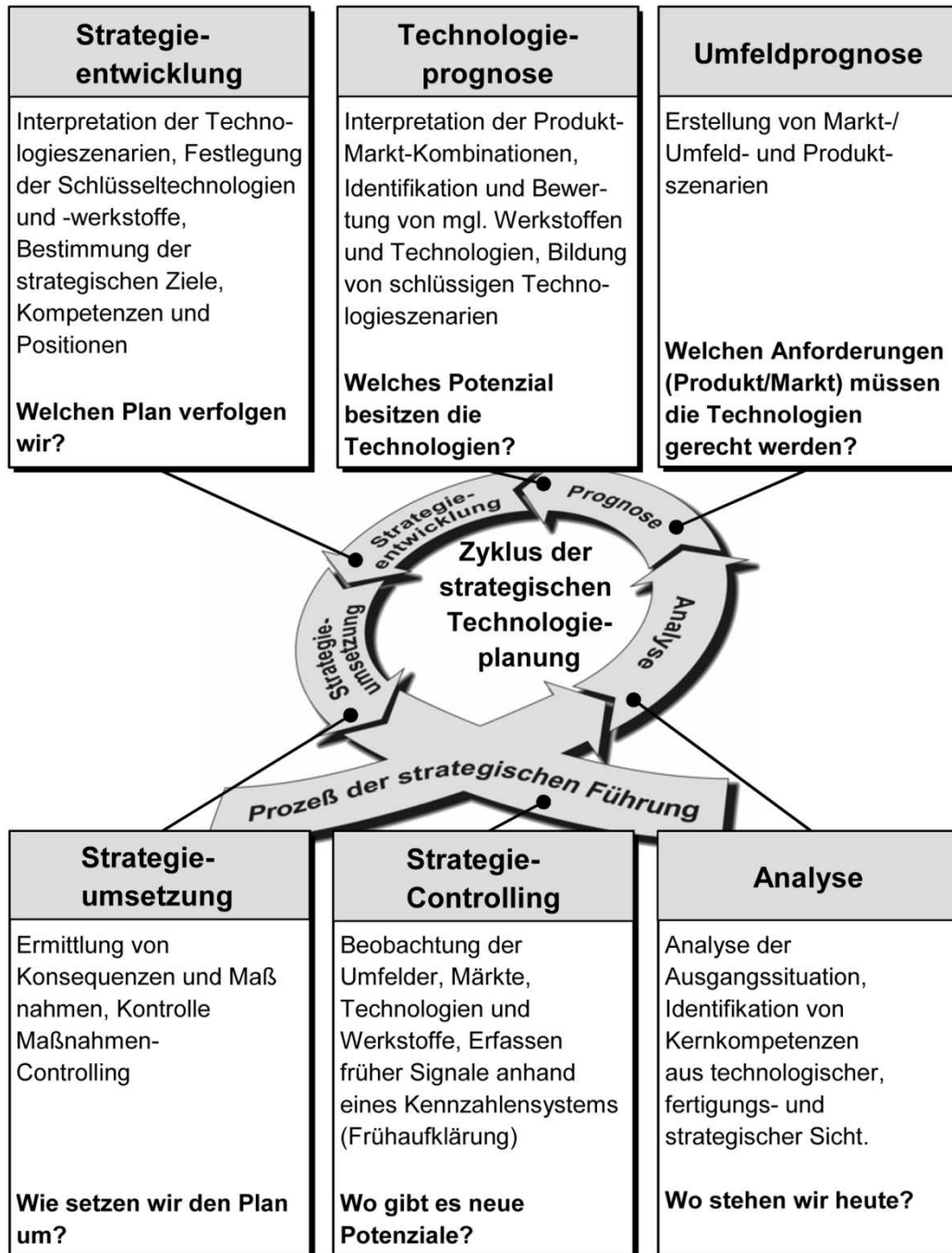


Bild 2-1: Sechs Phasen des Zyklus der strategischen Technologieplanung [Gri04, S. 23]

2.6 Strategie-Controlling

Der Strategieprozess ist kein einmaliger Prozess. Die Technologien, die Werkstoffe, die Technologie- sowie Markt- und Umfeldszenarien müssen regelmäßig überwacht werden. Schwache Signale, die gravierende Veränderungen anzeigen, müssen erkannt und interpretiert werden. Durch ein strategisches Frühaufklärungssystem werden die Beobachtungsfelder (Szenarien, Werkstoffe, Technologien) operationalisiert. Durch ein zentrales Aufklärungssystem wird die Sammlung, die Bewertung und das Reporting aller Signale ermöglicht. Im Unternehmen verteilte Mitarbeiter, die bestimmte Fachgebiete betreuen, sog. Scanner oder fallweise hinzugezogene externe Experten übernehmen die Befüllung.

Das Strategie-Controlling wird kontinuierlich durchgeführt. Aus diesem Prozess erfolgt situativ der Anstoß für eine erneute Bearbeitung einer Phase des Zyklus der strategischen Technologieplanung.

3 Struktur von Technologiestrategien

Technologiestrategien können für Unternehmen sowie auch für einzelne Geschäftsfelder bestimmt werden. Technologiestrategien besitzen somit einen Querschnittcharakter und müssen unternehmensweite technologiepolitische Leitlinien einhalten (Bild 3-1).

Für das Verständnis des Aufbaus einer Technologiestrategie erfolgt zunächst die Darstellung der Struktur der übergeordneten Unternehmensstrategie.

3.1 Struktur einer Unternehmensstrategie

Die Unternehmensstrategie gilt als Leitlinie für das tägliche Handeln [GF99, S. 157]. Sie ist immer ein Brückenschlag zwischen den Marktanforderungen und den Unternehmensfähigkeiten [ZB92, S. 6].

Die drei wesentlichen Strategieelemente: Leitbild, strategischen Kompetenzen und strategische Positionierung bilden in ihrer Konstellation die unternehmerische Vision (Bild 3-2).

- Ein **Leitbild** ist die Beschreibung der vorstellbaren, wünschenswerten, fassbaren Ziele des Unternehmens. Es ist dazu fokussiert ausgerichtet, flexibel genug, um Änderungen der Rahmenbedingungen zu ermöglichen und leicht kommunizierbar [GF99, S. 254].

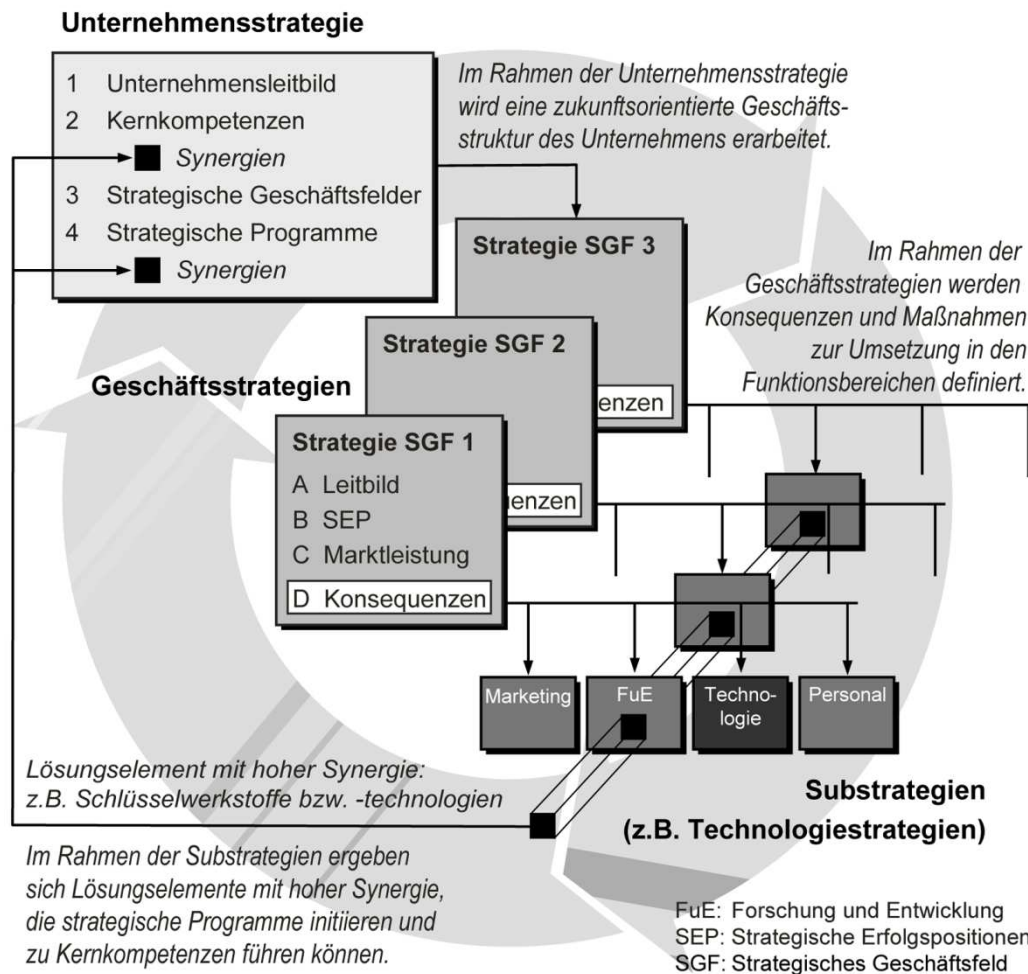


Bild 3-1: Einbindung der Technologiestrategien in die Strategieebenen eines Unternehmens und das Wechselspiel der entsprechenden Strategien [GF99, S. 158]

- **Strategische Positionen** stellen die Definition der Wettbewerbsarena dar. Sie repräsentieren herausragende strategische Geschäftsfelder als Marktleistungs-Markt-Kombinationen [GF99, S. 272].
- **Strategische Kompetenzen** sind wichtige und dominierende Fähigkeiten, die es dem Unternehmen ermöglichen im Vergleich zum Wettbewerb langfristig überdurchschnittliche Ergebnisse zu erzielen [Püm83, S. 34].

Darüber hinaus enthält die Strategie Aussagen zur Umsetzung und zur Etablierung einer strategiekonformen Kultur. Der Schwerpunkt dieses Beitrages bezieht sich auf die unternehmerische Vision.

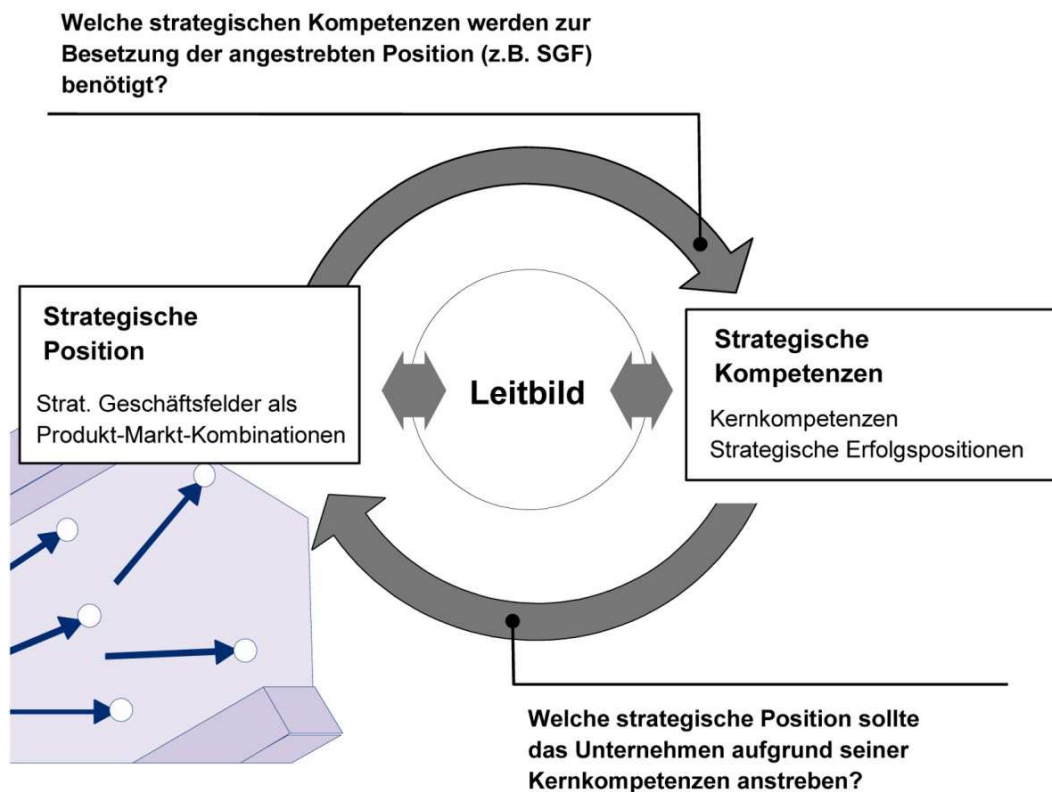


Bild 3-2: Unternehmerische Vision als Verbindung aus Leitbild sowie strategischen Kompetenzen und Positionen [GF99, S. 251]

3.2 Übersicht Technologiestrategien und -elemente in der Literatur (Auswahl)

Die Technologiestrategie stellt einen integralen Bestandteil der Unternehmensstrategie dar. GERPOTT definiert Technologiestrategien wie folgt:

„Unter Technologiestrategien sind dabei explizit unter Beachtung der technologischen Unternehmensumwelt formulierte, langfristig und proaktiv ausgerichtete und bewusst vereinfachte auf wesentliche Eckpunkte konzentrierte Handlungskonzeptionen zu unternehmensinternen oder -externen Beschaffungs- sowie Einsatzintensitäten und -zeitpunkt von Technologiekompetenzen zu verstehen.“ [Ger99, S. 63]

DOWLING und HÜSIG (2002) definieren die Technologiestrategie wie folgt:

„Technologiestrategie definiert als integrative Komponente der Geschäftsfeld- und Unternehmensstrategie die Rolle der Technologie bei der Erzielung von Wettbewerbsvorteilen.“ [DH02, S. 377ff]

Technologiestrategien berühren alle innovationsrelevanten Funktionsbereiche eines Unternehmens (Forschung und Entwicklung, Marketing und Produktion), so dass ein erheblicher Koordinationsbedarf bei der Umsetzung technologiestrategischer Vorgaben zu erwarten ist. Generell dürfen dennoch unternehmensweite technologiepolitische Leitlinien nicht verletzt werden [Wol95, S. 245], um Reibungsverluste bei der Umsetzung zu vermeiden [Gri03, S. 421ff].

Technologiestrategien sollten aber keinesfalls mit F&E-Strategien, die sich ursächlich mit der Gewinnung technischen Wissens befassen, gleichgesetzt werden.

Die Bedeutung der Technologiestrategie im gesamten Strategiegefüge der Unternehmung heben MAIDIQUE und FREVOLA wie folgt hervor:

„... technological strategy cuts across such functional policies as manufacturing marketing, finance, R&D, as well as corporate wide policies regarding product-market focus, personnel resource allocation and control.“ [MF88, S. 234]

Wie in der Einleitung dargestellt, kommt es auf den Abgleich von Market Pull und Technology Push an (Bild 1-1). Hierbei müssen die Wettbewerbsstrategien mit den Technologiestrategien abgestimmt werden [IN92, S. 120ff].

Die Vielzahl der Definitionen zeigt die Unklarheit über die genaue Abgrenzung, was Bestandteil einer Technologiestrategie und worauf sich diese konzentriert. Im folgen wird die oben dargestellte Definition von GERPOTT als grobe Abgrenzung zu Grunde gelegt.

Der Aufbau von Technologiestrategien wird durch eine Reihe von Autoren unterschiedlich dargestellt. In der Regel entspringen die Strukturen wettbewerbsstrategischem Kalkül. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Darstellung der Positionierung im Wettbewerb (Wettbewerbsstrategie) sowie des Zeitpunkt des Eintritts in den Markt (Timingstrategie) gelegt.

In Bild 3-3 werden die Elemente einer Technologiestrategie ausgewählter Autoren aufgelistet:

Autor(en)	Entscheidungsdimensionen der Technologiestrategie	Strategische Ebene/ Geltungsbereich
Ansoff, Steward (1967)	<ul style="list-style-type: none"> - Forschung vs. Entwicklung - Integration mit Fertigung und Marketing (coupling) - Länge der Produktlebenszyklen - F&E – Investitionsniveau - Nähe zum <i>state of the art</i> 	Unternehmen, Funktion Forschung und Entwicklung, Technologie und Produkt
Brockhoff (1999)	F&E – Strategie: <ul style="list-style-type: none"> - Defensiv vs. Offensiv - Imitierend vs. Innovierend - Allgemein vs. Spezialisiert - Entwicklungs- vs. forschungsorientiert - Prozess- vs. produktorientiert - Schrittweise vs. radikal 	Funktion Forschung und Entwicklung, Technologie
Brodbeck (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Auswahl - Beschaffung - Verwertung 	Technologie
Burgelman, Rosenbloom (1998)	Wettbewerbsorientierung: <ul style="list-style-type: none"> - Technologieauswahl - Technologisches Führen - Timing - Lizenzvergabe Wertkettenorientierung: <ul style="list-style-type: none"> - Technologische Breite/ Kerntechnologien (<i>scope</i>) Ressourcenorientierung: <ul style="list-style-type: none"> - Tiefe der Technologiestrategie/ Ressourceneinsatz Managementorientierung: <ul style="list-style-type: none"> - Organisatorischer Fit 	Unternehmen, Geschäftsbereich, Funktion F&E, Technologie und Produkte
Chiesa, Manzini (1998)	Technologiebeschaffung: <ul style="list-style-type: none"> - Interne F&E - Technologiekauf - Allianzen, (Joint) Ventures, Lizenznahme 	Technologie
Clarke et al. (1995) ; Ford/ Thomas (1997)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologiebeschaffung - Technologiemanagement - Technologieverwertung - Interne vs. externe Dimension 	Unternehmen
Dowling, Hüsigg (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologieauswahl - Technologiequelle - Höhe und Ort der Investitionen - Technologiekompetenz/ Leistungsfähigkeit - Technologietiming - Technologievermarktung 	Unternehmen, Geschäftsbereich. Funktion F&E, Technologie und Produkt

Bild 3-3a: Teil 1(2) Auswahl von in der Literatur berücksichtigten Entscheidungsdimensionen der Technologiestrategie [Wöh05, S. 52f]

Technologiestrategie – das wesentliche Element in der strategischen Technologieplanung Seite 11

Autor(en)	Entscheidungsdimensionen der Technologiestrategie	Strategische Ebene/ Geltungsbereich
Friar, Horwitch (1986)	<ul style="list-style-type: none"> - Wettbewerb vs. Kooperation - Intern vs. extern - Zentrale F&E vs. dezentrale F&E/ Venturing 	Unternehmen
Maidique, Patch (1978)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologieauswahl, -spezialisierung und -einsatz - Kompetenzniveau - Technologiequelle - Niveau der F&E-Investitionen - Timing - F&E-Organisation 	Unternehmen, Geschäftsbereich, Funktion F&E, Technologie und Produkt
Malekzadeh, Brickford, Spital (1989)	<ul style="list-style-type: none"> - Produkt/ Prozess Mix - Technologieportfolio - Kompetenzniveau - Technologiequellen - Niveau der F&E-Investitionen 	Unternehmen
Miller (1988)	<ul style="list-style-type: none"> - Produktionsmethode - Innovationsraten - Ausgestaltung des Produkts (product sophistication) 	Produkt
Porter (1985)	<ul style="list-style-type: none"> - Prioritäten in F&E - Technologisches Führen bzw. Folgen - Lizenzvergabe - Externe Technologiebeschaffung 	Unternehmen, Geschäftsbereich, Technologie
Rieck, Dickson (1983)	<ul style="list-style-type: none"> - Branchen- und Technologieauswahl - Forecasting - Positionierung/ Leistungsniveau - Technologiequelle - Technologiebeschaffung - Technologiemanagement 	Unternehmen, Technologie
Weisenfeld-Schenk (1995)	<ul style="list-style-type: none"> - Interne Akquisition von Know-how - Externe Akquisition von Know-how - Innovationstätigkeit (inkrementell/ radikal) - Wahl der Investitionszeitpunkte 	Unternehmen, Geschäftsbereich, Produkt
Wolfrum (1995)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologisches Leistungsniveau - Timingprobleme - Technologiequelle - Verwertung der Technologie 	Unternehmen, Geschäftsbereich, Technologie, Produkt
Zahra, Sisodia, Das (1994)	<ul style="list-style-type: none"> - Technologische Grundhaltung - Technologische Stoßrichtung und Ziele - Globalisierung der Technologiestrategie - Technologiebeschaffung - Technologie-Investitionen - Organisation 	Unternehmen, Funktionsbereich F&E

Bild 3-3b: Teil 2(2) Auswahl von in der Literatur berücksichtigten Entscheidungsdimensionen der Technologiestrategie [Wöh05, S. 52f]

3.3 Elemente einer Technologiestrategie

Ziel der strategischen Technologieplanung ist die Wahrnehmung einer strategischen Technologieposition des eigenen Unternehmens im Wettbewerb, die über einen längeren Zeitraum (nachhaltig) und in erheblichem Ausmaß (signifikant) zur Sicherung und Verbesserung der wirtschaftlichen Erfolgsposition des Unternehmens beiträgt. Ergebnis einer systematischen strategischen Technologieplanung ist die schriftlich dokumentierte Technologiestrategie für ein Unternehmen, dessen Geschäftsfelder und Funktionsbereiche. Die Technologiestrategie stellt in diesem Zusammenhang einen integralen Bestandteil der Unternehmensstrategie dar (siehe Bild 3-1).

Übergeordnet steht die Unternehmensstrategie für eine zukunftsorientierte Geschäftsstruktur. Die untergeordneten Geschäftsstrategien bilden die Voraussetzungen für die Funktionalstrategien (FuE-Strategie, Personalstrategie, Technologiestrategie etc.) [GF99, S. 158].

Die Strategieerstellung ist ein systematischer aber auch rekursiver Prozess. Die notwendigen Iterationen entstehen durch neue Erkenntnisse der Forschung und Entwicklung oder aufgrund veränderter Rahmenbedingungen z.B. durch Marktsegmentverschiebungen. Ebenso verhält es sich mit der Gesamtunternehmensstrategie. Sie ist nicht unwiderruflich. Zeigen Umfeldentwicklungen, Trends oder technologische Reifegradentwicklungen Potenziale auf, kommt es zu Rückkopplungen mit der gesamtstrategischen Ausrichtung.

DRUCKER stellt drei Kernfragen, deren Beantwortung die technologische Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens darstellen:

„[...] what to concentrate on“

“What are we going to do ourselves?“

“[...] what to bring in from others, and at what stage.“ [Dru69, S. 48f]

Im Wesentlichen ist der Aufbau einer Technologiestrategie mit der Unternehmensstrategie vergleichbar (siehe Kapitel 3.1). Die beiden Kernfragen:

- Wo will ich aktiv sein?
- Was will ich können?

sind Bestandteile der Technologievision. Es findet lediglich eine Transformation auf die spezifische Fragestellung statt. Wie in Bild 3-4 ersichtlich, besteht die technologische Vision unter anderem aus den beiden Stoßrichtungen Market Pull und Technology Push.

Technologiestrategie – das wesentliche Element in der strategischen Technologieplanung Seite 13

Darüber hinaus enthält die Technologiestrategie Aussagen zur **Strategieumsetzung** und zur **Etablierung einer strategiekonformen innovativen Kultur**. Der Schwerpunkt dieses Beitrages bezieht sich auf die technologische Vision.

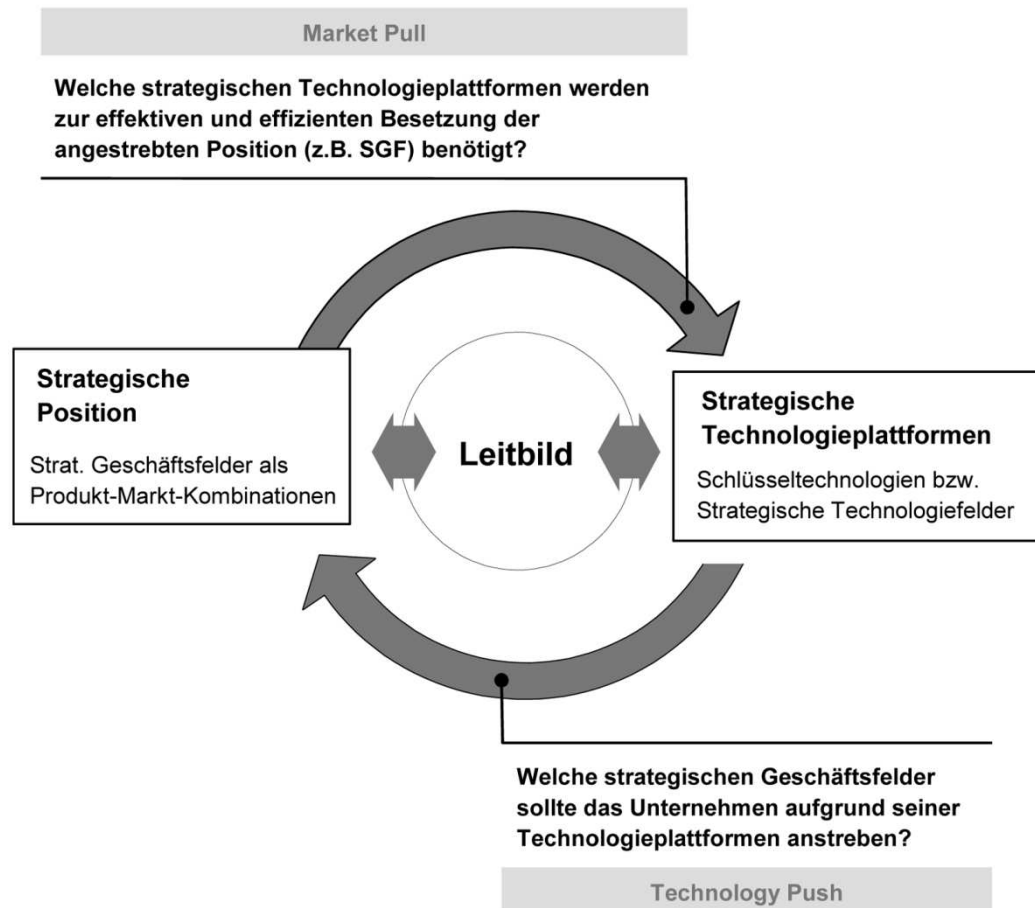


Bild 3-4: Technologische Vision als Verbindung aus technologischem Leitbild sowie strategischer Positionierung und strategischen Technologieplattformen

3.3.1 Leitbild

Das technologische Leitbild beschreibt das Selbstverständnis und das grundsätzliche Ziel des Unternehmens aus technologischem Blickwinkel. Im Folgenden sind vier Kernelemente des Leitbilds mit möglichen Ausprägungen dargestellt. Diese stehen orthogonal zu dem Wesen eines Leitbildes, wie in Kapitel 3.1 erläutert [Sei98, S. 139]:

- **Innovationsausrichtung** – Welche Art der Innovation wird angestrebt. Zum einen können inkrementale Innovationen erfolgen, wie Marktdurchdringung oder Markterweiterung. Auf der anderen Seite stehen die radikalen Innovationen, wie Programmiererweiterungen oder Diversifikation.
- **Wettbewerbsausrichtung** – Welche Position nimmt das Unternehmen im technologischen Wettbewerb ein (Kostenführung, Differenzierung oder Spezialisierung)?
- **Markteintrittsausrichtung** – Die Eintrittsorientierung spiegelt den zeitlichen Aspekt der Marktbesetzung wider. Dabei können die Pioniere den Markt erschaffen mit den Vorteilen der Preisgestaltung und dem Risiko des Mislingens. Eine weitere Positionierung wäre die schnelle Folge (Fast Follower) oder die bewusste zeitliche Zurückhaltung des Unternehmens als Late-to-the-market. Mit dem Vorteil, dass die Prozesse und Technologien ihre Reife erwiesen haben und dem Nachteil, dass der Wettbewerb sehr hoch ist und Potenziale nur noch durch Effizienzvorteile zu heben sind.
- **Know-how-Erwerb** – Die Berücksichtigung des Zugangs, bzw. des Erwerbs von Informationen oder Wissen kann über unternehmenseigene Forschung und Entwicklung sichergestellt werden. Darüber hinaus gibt es Kooperationen mit anderen Unternehmen (vorwettbewerbliche Kooperation) oder die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Letztendlich ist der Erwerb über Unternehmenskauf ebenso denkbar.

Diese vier Schwerpunkte stellen in ihrer gemeinsamen Konstellation im Leitbild eine unternehmensspezifische Ausrichtung dar. Die beiden folgenden Kapitel stellen die Promotoren bzw. Grundlagen zur Erreichung des Leitbildes dar.

3.3.2 Strategische Position – Wo will ich aktiv werden?

Die strategische Position gibt die strategischen Geschäftsfelder (SGF) als Festlegung der Wettbewerbsarena an. Die SGF stellen in diesem Zusammenhang eine Kombination von heute angebotenen Produkten und Dienstleistungen für homogene Kundengruppen dar. Diese Matrix kann um zusätzliche zukunftssträchtige Segmente (zukünftige Produkte, zukünftige Kunden) ergänzt werden, so dass sich markterweiternde oder programmiererweiternde Geschäftsfelder ergeben. Die Kombination von zukünftigen Produkten und Kunden ergeben neue Geschäftsfelder – die sog. Diversifizierung.

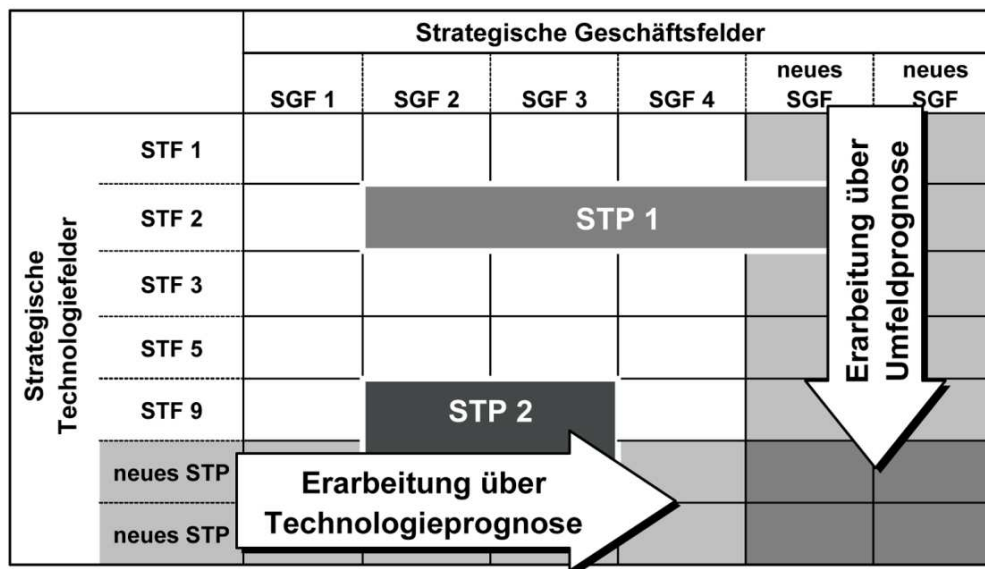
3.3.3 Strategische Technologieplattformen - Was will ich können?

Strategischen Technologieplattformen stellen herausragende Anwendungsgebiete für strategische Technologiefelder in Erfolg versprechenden strategischen Geschäftsfeldern dar.

Die strategischen Technologieplattformen prägen die technologische Identität des Unternehmens und sichern somit nachhaltig den Bestand und Erfolg.

Für Bildung einer Technologiestrategie ist die Kenntnis der Struktur des eigenen Geschäfts von elementarer Bedeutung. Klarheit schafft hier die Ansoff-Matrix durch die strategischen Kundengruppen den Produkten und Dienstleistungen gegenübergestellt werden. Als Ergebnis ergeben sich attraktive Markt-Produkt-/ Dienstleistungskombinationen, welche als Strategische Geschäftsfelder (SGF) bezeichnet werden (siehe Kapitel 3.1 und 3.3.2).

Werden diese SGF wiederum ausgewählten Strategischen Technologiefeldern (STF) gegenüber gestellt, so können Strategische Technologieplattformen identifiziert werden (siehe Bild 3-5).



SGF: Strategisches Geschäftsfeld: Geschäftsfeld, in dem ein nachhaltiger Erfolg möglich ist

STF: Strategische Technologiefeld: Technologiefeld mit hoher wettbewerbsstrategischer Bedeutung in dem herausragende Technologiekompetenz besteht

STP: Strategische Technologie-Plattform: Strategische Technologiekompetenz, die profitables Wachstum über mehrere SGF ermöglicht

Bild 3-5: Identifikation von Strategischen Technologieplattformen auf Basis von strategischen Technologiefeldern und strategischen Geschäftsfeldern

Diese stellen herausragende Fähigkeiten des Unternehmens dar und definieren sich durch folgende sechs Punkte:

- hohes Differenzierungspotenzial im Wettbewerb,
- hohe Nachhaltigkeit, bspw. fest verwurzeltes Unternehmens-Know-how,
- durch die Wahrnehmung vom Kunden als ein einzigartiger Nutzen,
- eine schwere Imitierbar- und Substituierbarkeit,
- durch die Anwendbarkeit in mehreren Geschäftsfeldern,
- und Skalierbarkeit in der Anwendung.

Erfolgreiche Unternehmen besitzen mindestens eine Technologieplattform.

4 Beispiele

Im Folgenden werden zwei ausgewählte Beispiele Hilti Gruppe und Airbus S.A.S. dargestellt.

4.1 Hilti Gruppe

Die Hilti Gruppe ist ein weltweit führendes Unternehmen in Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von qualitativ hochwertigen Produkten, die den professionellen Kunden in der Baubranche und in der Gebäudeinstandhaltung Mehrwert bieten [Hil06-ol].

Das Hilti Angebot umfasst die Produktlinien Bohr- und Abbautechnik, Direktbefestigung, Diamanttechnik, Dübeltechnik, Brandschutz- und Schaumssysteme, Installationstechnik, Positioniersysteme, Schraubtechnik sowie Trenn- und Schleiftechnik. Schlüsselstärken sind herausragende Innovation, höchste Qualität, direkte Kundenbeziehungen und modernes Marketing [Hil06-ol].

Die Unternehmensstrategie der Hilti Gruppe ist auf das Wesentliche reduziert und lautet „Champion 3C“ [Buc04, S. 4ff]:

- **Customers:** *We want to be our customers' best partner. Their requirements drive our actions*
- **Competency:** *We are committed to excellence in innovation, total quality, direct customer relationships and effective marketing*
- **Concentration:** *We focus on products and markets where we can achieve and sustain leadership positions*

Technologiestrategie – das wesentliche Element in der strategischen Technologieplanung Seite 17

Die Strategie „Champion 3C“ wird konkret durch die drei Stossrichtungen „Product Leadership“, „Market Reach“ und „Operational Excellence“. Das Unternehmen konzentriert sich auf Produkte und Märkte, mit denen und in denen es Führungspositionen erlangen und halten kann. Die Vertriebskanäle richten sich stets auf maximalen Kundennutzen aus. Um die bereits hohe Zufriedenheit der Kunden, aber auch die interne Effizienz weiter zu steigern, hat Hilti weltweit einheitliche Geschäftsprozesse definiert [Hil06-01].

Die Technologiestrategie ist eng mit der Unternehmensstrategie verknüpft. Grundsätzlich lässt sich zu der technologischen Vision folgendes ableiten [Buc04, S. 4ff]:

- **Leitbild** – Die Hilti Gruppe verfolgt eine klare Marktausrichtung für bestehende Kunden. Neue Marktsegmente werden nur erschlossen, wenn diese durch führende Position besetzt werden können. Hilti wählt als Wettbewerbsausrichtung die Qualitäts- und Innovationsführerschaft.
- **Strategische Positionierung** – Die Fokussierung auf wenige Produktlinien legt die Basis für den Führungsanspruch den in besetzten Märkten.
- **Strategische Technologieplattformen** – Herausragende technologische Plattformen bestehen zu dem Thema Bohren, Verbindungstechnik sowie Vermaßungen im Baugewerbe.

4.2 AIRBUS

Seit dem Jahr 1970 hat sich das Unternehmen Airbus durch seine einzigartige Kombination von europäischen Entwicklungs- und Fertigungsstandorten zu einem der erfolgreichsten Flugzeughersteller der Welt entwickelt. Airbus baut Flugzeuge für Passagiere und Cargo für Kurz-, Mittel- und Langstrecke.

Die Technologiestrategie ist eng mit der Unternehmensstrategie verknüpft. Grundsätzlich lässt sich zu der technologischen Vision folgendes ableiten [Air06-01]:

- **Leitbild** – Das Leitbild für Innovationen lautet: „Passengers at heart. Airline in mind“. Neue Innovationen müssen einen erkennbaren Mehrwert für die Kunden (Fluggesellschaften) und den Kunden der Kunden (Passagiere) erbringen. Die Kundenbedürfnisse der Zukunft werden antizipiert und in kreative innovative Produkte umgesetzt, welche den höchsten Sicherheitsstandard mit dem optimalen Mix modernster Technologien erfüllen.

- **Strategische Positionierung** – Die Fokussierung auf 14 Flugzeugtypen erfüllen die besonderen Herausforderungen des Passagier- und Cargobedarfes.
- **Strategische Technologieplattformen** – Herausragende technologische Kompetenzen bestehen zu den Themen Fly-by-wire sowie Fertigung von Strukturbauteilen durch glasfaserverstärkte Werkstoffe (composite materials).

Beispielhaft wird im Folgenden „Fly-by-wire“ als die Airbus-Technologieplattform näher erläutert: Der Flugzeughersteller Airbus hat eine bahnbrechende Innovation im Cockpit hervorgebracht. Durch den intelligenten Aufbau des Cockpits sowie die neuartige Organisation der Arbeitsabläufe während des Betriebes kann einerseits die Besatzungsanzahl reduziert werden und andererseits diese eine Cockpitvariante in verschiedenen Flugzeugtypen genutzt werden. Der wesentliche Befähiger für diese Tatsache war die Anwendung der Fly-by-wire-Technologie, der elektronischen Steuerung des Flugzeuges ohne eine direkte mechanische Verbindung zwischen dem Cockpit und den Rudern. Durch das neue Cockpit konnte gegenüber dem Flugzeughersteller Boeing deutlich an Marktanteilen aufgeholt werden, so dass Airbus heute ein gleichwertiger Akteur im Wettbewerb ist [Air06-ol].

Im Jahr 1988 wurde das erste Flugzeug (A320) mit der Fly-by-wire-Technologie vorgestellt. Boeing zog erst Mitte der 90er Jahre nach. Die Nachhaltigkeit ist auf jeden Fall erfüllt, da ganze Entwicklungsteams an der Verwirklichung der Idee mitgearbeitet haben. Die Wahrnehmung durch den Kunden ist zweifellos gegeben, da Airbus seit der Einführung dieser Technologie anhaltend Marktanteile gewonnen hat. Die Schulung der Piloten für neue oder anderen Flugzeugtypen ist in der Airbus-Flotte sehr schnell möglich. Dadurch können die Kunden (Fluggesellschaften) im Gegensatz zum Wettbewerb die Piloten vielseitiger einsetzen [Air06-ol].

Die Tatsache, dass Boeing über 10 Jahre für ein Pendant benötigte, spricht für sich, so dass die Imitierbarkeit ohne Frage erfüllt ist. Substituierbar ist dieses Cockpit aus heutiger Sicht schwer, da derzeit nur sehr schwache Signale für neue Technologien erkennbar sind. Die Bandbreite der Anwendbarkeit über verschiedene Flugzeugtypen (A320, A330/340, A380) zeigt, wie skalierbar und breit die Anwendbarkeit dieses Cockpits ist [Air06-ol].

Somit ist diese Technologieplattform nachweisbar eine Basis für nachhaltigen Unternehmenserfolg.

5 Fazit

Die transparente Bearbeitung der technologischen Potenziale eines Unternehmens durch die strategische Technologieplanung findet ihre Dokumentation in der Technologiestrategie. Die vergleichbare Struktur zur Unternehmensstrategie sichert bei der Erstellung und Umsetzung einen schnellen Zugang zu allen notwendigen Informationen.

Die Fokussierung eines Unternehmens auf strategische Technologieplattformen bildet die Basis für nachhaltige Differenzierung vom Wettbewerb und Sicherung des profitablen Wachstums.

Literatur

- [Air06-ol] „The Airbus way“ 2006;
http://www.airbus.com/store/mm_repository/pdf/att00007006/media_object_file_The_Airbus_Way_2005_the_corporate_brochure.pdf
- [Bru99] BRUNNER, J.: Value-based Performance-Management: Wertsteigernde Unternehmensführung: Strategien – Instrumente – Praxisbeispiele. Wiesbaden: Gabler, 1999.
- [Buc04] BUCHER, P.: Technology Planning at Hilti. In Tagungsband: Technologieplanung, 29. April 2004, Fraunhofer Institut Produktionstechnologie, Aachen, 2004.
- [DH02] DOWLING, M, HÜSIG, S.: Technologiestrategie. In: Technologiemanagement-Lexikon. Specht, D., Möhrle, M.G. (Hrsg.), Wiesbaden: Gabler, 2002.
- [Dru69] DRUCKER, P.F.: The age of Discontinuity. Guidelines to our changing society. New York: Harper & Row, Publishers, 1969.
- [Ger99] GERPOTT, T. J.: *Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1999.
- [GF99] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.: Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Model zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung. München: Carl Hanser, 1999.
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien. München: Carl Hanser, 1996.
- [Gri03] GRIENITZ, V.: Erschließen von technologischen Erfolgspotenzialen – Technologieszenarien in der strategischen Technologieplanung. In: ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (2003), Nr. 9, S. 421-426.
- [Gri04] GRIENITZ, V.: Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Bd. 151, 2004.
- [Hil06-ol] Unternehmensdarstellung,
http://www.hilti.de/holde/modules/editorial/edit_singlepage.jsp?contentOID=84662, Juli, 2006
- [IN92] ITAMI, H., NUMAGAMI, T.: Dynamic Interaction between strategy and Technology. In: Strategic Management Journal, Volume 13, 1992

-
- [KN97] KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P.: Balanced Scorecard – Strategien erfolgreich umsetzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1997.
- [Lic00] LICHTENTHALER, E.: Organisation der Technology Intelligence – Eine empirische Untersuchung der Technologiefrühaufklärung in technologieintensiven Großunternehmen. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Dissertation, 2000, Technology, Innovation an Management, Band 5.
- [MF88] MAIDIQUE, M. A., FREVOLA, A. L.: Technology Strategy. In: BURGELMANN, R. Strategic Management of Technology and Innovation, Honewood: 1988, page 233-235.
- [Püm83] PÜMPIN, C.: Management strategischer Erfolgspositionen. Das SEP-Konzept als Grundlage wirkungsvoller Unternehmensführung; 2. Auflage.; Bern: 1983.
- [Wol91] WOLFRUM, B.: Strategisches Technologiemanagement. Wiesbaden: Gabler, 1991.
- [Wol95] WOLFRUM, B.: *Alternative Technologiestrategien*. In: ZAHN, E.: *Handbuch Technologiemanagement*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1995.
- [ZB92] ZAHN, E.; BRAUN, F.: Identifikation und Bewertung zukünftiger Techniktrends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung. In: VDI TECHNOLOGIEZENTRUM (Hrsg.): *Technologiefrühaufklärung*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1992.

A 15 [GS09]

Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz

*Universität Siegen, Fachbereich Maschinenbau
Institut für Fertigungstechnik, Industrial Engineering
Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen
Tel.: +49 271 740 2520, Fax.: +49 171 41 79 673
E-Mail: volker.grienitz@uni-siegen.de*

André-Marcel Schmidt

*Universität Siegen, Fachbereich Maschinenbau
Institut für Fertigungstechnik, Industrial Engineering
Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen
Tel.: +49 2741 949093, Fax.: +49 2741 972850
E-Mail: marcel.schmidt@uni-siegen.de*

Zusammenfassung

Die Szenariotechnik ist ein Werkzeug zur Reduktion von Komplexität im Umgang mit der Zukunft. Sie reduziert zukünftig denkbare Umfeldkonstellationen auf eine handhabbare Anzahl von Zukunftsszenarien. Diese sind in einer vergleichbar einfachen Struktur aufgebaut.

Die Szenarien werden auf Basis von Konsistenzbewertungen berechnet. Die Herausforderungen bei der Auswertung der Konsistenzmatrix liegen in unterschiedlichen Bereichen. Zum einen stößt der bisherige Algorithmus bei ungünstigen Konstellationen, wie bspw. einer großen Anzahl von Einflussfaktoren und Zukunftsprojektionen an die heutigen Grenzen der Rechenleistung. Zum anderen ist es aus heutiger Sicht nicht möglich, die Berechnung der Zukunftsszenarien an spezifische Randbedingungen, wie bspw. das unbedingte Auftreten einer Projektion, zu knüpfen.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Szenariotechnik leisten. Es wird ein neuer Konsistenzalgorithmus, basierend auf evolutionären Strategien, vorgestellt.

Schlüsselwörter

Konsistenzanalyse, Evolutionäre Algorithmen, Szenariotechnik

1 Motivation

Dieses Kapitel beschreibt die Hauptbeweggründe für Erstellung des vorliegenden Artikels und des darin behandelten Forschungsthemas.

1.1 Szenariotechnik

Im Rahmen der Unternehmensführung stellt insbesondere die langfristige Planung einen wichtigen Einflussfaktor für den zukünftigen Erfolg eines Unternehmens dar. Es gilt, strategische Entscheidungen zu treffen, die in ihrem Wesen zumeist Veränderungen in der Zukunft hervorrufen. Dabei werden diese Entscheidungen in Mehrzahl unter der Berücksichtigung der heutigen Rahmenbedingungen getroffen. Allerdings unterliegen diese einem steten Wandel. Im Sinne einer Risikoreduktion wäre es daher wünschenswert, die zukünftigen Rahmenbedingungen zu kennen.

An dieser Stelle unterstützt die Szenariotechnik. Sie ermöglicht es, methodisch fundiert, zukünftige Entwicklungen heutiger Einflussfaktoren des betrachteten Systems vorauszudenken, und somit die Rahmenbedingungen der Zukunft zu antizipieren und strategische Entscheidungen zu validieren.

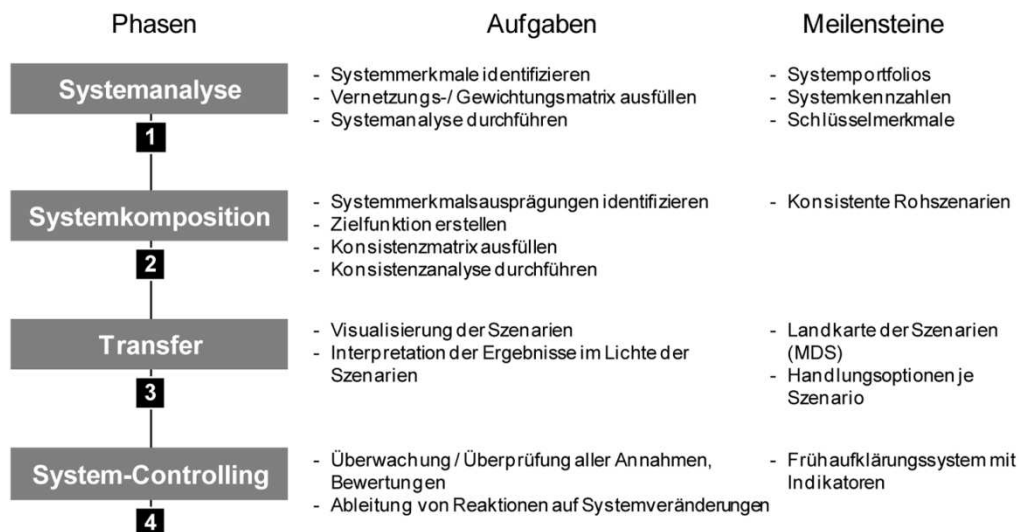


Bild 1: Systematik bei der Erstellung von Szenarien nach dem „Paderborner Ansatz“ in Anlehnung an [GPW09, S. 63].

Dabei wird die Szenarioerstellung im Wesentlichen in vier Phasen unterteilt (Bild 1). Im Rahmen der ersten Phase, der Systemanalyse, erfolgt die Identifikation und Beschreibung der wesentlichen Einflussfaktoren sowie deren Vernetzung. Die Systemkomposition bildet als zweite Phase den Rahmen der hier betrachteten

des Transfers (Phase drei) erfolgt eine Clusterung der Rohszenarien zu Szenarien sowie deren anschließende Visualisierung zwecks Ableitung der Handlungsempfehlungen. Das System-Controlling dient als letzte Phase der stetigen Überwachung und Überprüfung aller Annahmen und Bewertungen des Systems im Rahmen eines Frühaufklärungssystems.

1.2 Restriktionen der aktuellen Methode

Die Konsistenzanalyse übernimmt in der Szenariotechnik die Rolle der Komplexitätsreduktion, sodass nach einer anschließenden Clusteranalyse eine handhabbare Anzahl von Szenarien¹ für die Interpretation zur Verfügung steht.

Aus der umfangreichen Anzahl möglicher Kombinationen von Projektionen gilt es, diejenigen Lösungen zu bestimmen, die in sich widerspruchsfrei sind und einen guten Konsistenzwert² besitzen. An diesem Punkt der Methode ergibt sich folgender Forschungsbedarf:

Die Methoden der Lösungsfindung aktueller Ansätze der Szenariotechnik basieren zu einem Großteil auf Methoden der begrenzten Enumeration. Je nach Anspruch an Güte- und Prozesskriterien können diese daher einen im heutigen Kontext nicht zu bewältigen Rechenaufwand in sich bergen. Zudem ist insbesondere im Rahmen des hier betrachteten Paderborner Ansatzes³ keine Berücksichtigung von Nebenbedingungen oder eine vom Optimum differenzierte Betrachtung möglich.

Nachfolgende Aufzählung gibt einen Überblick über geforderten Nebenbedingungen, welche im Wesentlichen im aktuellen Ansatz nicht implementiert sind:

- 1) **Unbedingtes Auftreten aller Projektionen:** Alle für die Schlüsselfaktoren entwickelten Projektionen sollen zwingend in mindestens einem Szenario enthalten sein.
- 2) **Unbedingtes Auftreten einer oder mehrerer Projektionen:** Ausgewählte Projektionen oder Gruppen von Projektionen sollen zwingend in den Szenarien vorkommen.
- 3) **Auffinden der Optimalszenarien, die ausgewählte Projektionen enthalten:** Suche nach Szenarien mit den höchsten Konsistenzwerten (sog.

¹ GAUSEMEIER, FINK und SCHLAKE verstehen unter einem Szenario *eine allgemeinverständliche Beschreibung einer möglichen Situation in der Zukunft, die auf einem komplexen Netz von Einflussfaktoren beruht*. [GFS96, S. 90]. Im Folgenden soll unter einem Szenario eine mögliche Kombination von Projektionen der einzelnen Einflussfaktoren verstanden werden.

² Der Konsistenzwert eines Szenarios spiegelt dessen innere Stimmigkeit wider. Je höher der Konsistenzwert, desto stimmiger ist dabei das aus den Projektionen gebildete Szenario.

³ Hauptbegründer des Paderborner Ansatzes sind GAUSEMEIER, FINK und SCHLAKE.

spezifischer Projektionen.

- 4) **Bestimmung der Szenarien mit den niedrigsten Konsistenzwerten:** Suche nach Rohszenarien mit den niedrigsten Konsistenzwerten bzw. Berechnung der Szenarien, welche auch Inkonsistenzen (sog. „1-er Bewertungen“ zwischen zwei Projektionen) enthalten.
- 5) **Berücksichtigung von komplexen Nebenbedingungen:** Suche und Überprüfung der ausschließenden Inkonsistenzen, welche zum Nichtauftreten von ausgewählten Projektionen innerhalb der Szenarien führen.
- 6) **Überprüfung der Lösungsmenge auf bessere Konsistenzwerte - aufgrund anderer Optimierungspfade:** Suche nach Lösungen unabhängig von der Reihenfolge der betrachteten Schlüsselfaktoren und zugehörigen Projektionen.

Nebenbedingung 6 (Reihenfolgeproblem) beschreibt einen wesentlichen Kritikpunkt der bisherigen Methode. Hierbei kann die Ergebnisqualität der Optimierung von der Reihenfolge des sukzessiven Hinzufügens der einzelnen Projektionen zum Projektionsbündel abhängen. Dieser Aspekt wird in Abschnitt 2.1 aufgegriffen und näher erläutert.

Darüber hinaus sind Nebenbedingungen 2) und 4) für bestimmte Stakeholder-Analysen unter dem Aspekt der Risikobetrachtungen von besonderem Interesse.

1.3 Einsatzpotenziale naturanaloger Algorithmen

Die Umstände, dass zur optimalen Lösungsfindung entweder vollständig enumeriert werden müsste bzw. dass der bisherige Algorithmus Einschränkungen aufweist, waren die wesentlichen Treiber für das Thema dieser Arbeit. Warum letztendlich die evolutionären Algorithmen, als Teilgebiet der naturanalogen Verfahren, eine bessere Lösung des Optimierungsproblems darstellen, soll nachfolgend erläutert werden. Grundlagen und allgemeine Vorgehensweise der Evolutionären Algorithmen und Strategien werden im Kapitel 2.2 erläutert.

Insbesondere die vielseitige Einsatzfähigkeit der Evolutionären Algorithmen ist ein wesentliches Argument vieler Autoren für deren Einsatz. So bezeichnen GERDES, KLAWONN und KRUSE Evolutionäre Algorithmen als Werkzeuge, die relativ universell einsetzbar sind, für die keine aufwendige mathematische Modellierung erforderlich ist und die mit Parametern oder Strategien operieren, die relativ einfach verständlich und steuerbar sind [GKK04, S. V].

Optimierungsprozess einfließen zu lassen, als eine weitere Besonderheit Evolutionärer Algorithmen:

„Einige der vorgestellten Probleme stellen komplexe Probleme dar, die mit anderen Optimierungsverfahren nicht oder nur schwer zu lösen gewesen wären. Insbesondere die einfache Art und Weise, mit der bei Evolutionären Algorithmen problem-spezifisches Wissen in den Optimierungsprozess eingebunden werden kann, stellt ein Vorteil für die Lösung dieser Probleme dar [Poh00, S. 5]“.

WEICKER nennt weitere Aspekte, die für den Einsatz Evolutionärer Algorithmen sprechen [Wei07, S. 1ff]:

- Nebenbedingungen lassen sich relativ leicht über die Zielfunktion und die Fitness-Zuweisungen in die Optimierung integrieren.
- Wie im vorliegenden Fall bieten sich Evolutionäre Algorithmen insbesondere dann an, wenn kein exaktes Verfahren zur Verfügung steht.
- Es besteht die Möglichkeit der Parallelisierbarkeit von Rechenvorgängen über einen Ansatz des Genflusses⁴ über Populationsgrenzen⁵ hinweg.
- Aufgrund der einfachen Struktur sind die Ansätze gut verständlich und daher schnell umsetzbar.

Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft der Evolutionären Algorithmen stellt die „Building-Block-Hypothese“ dar. Grundlage dieser Hypothese stellen sogenannte vermehrende Bausteine (sog. Building-Blocks) dar, die sich aufgrund ihrer Überlegenheit im Sinne der Lösungsfindung bilden. Diese werden im Rahmen reellwertig arbeitenden Evolutionären Algorithmen auch Formae⁶ genannt. Die Quintessenz der Building-Block-Hypothese ist, dass sich durch diesen Vorgang der Rekombination überlegene Individuen herausbilden. Gute Einzellösungen im Sinne der Kombinatorik überleben auf diese Weise häufig und tragen so zu einer sehr guten Konvergenz und Qualität der Lösungsfindung bei. Daher eignen sich Evolutionäre Algorithmen insbesondere für kombinatorische Probleme [Wei07, S. 84ff].

Allerdings sind Evolutionäre Algorithmen anderen Algorithmen im Sinne eines universellen Optimierers nicht allgemeingültig überlegen. In der Szenariotechnik können diese Vorteile jedoch hervorragend zum Einsatz gelangen. Grundsätzlich

⁴ Genfluss: Zu- oder Abwanderung von Individuen (gültige Einzellösungen) einer anderen Population derselben Art (gültige Lösungen). Vgl. hierzu auch [Wei07, S. 12f].

⁵ Population: Eine Menge an gültigen Einzellösungen.

⁶ Formae sind die Verallgemeinerung der Schemata - Hintereinanderliegende, definierte Positionen eines binären Genoms (Lage und Anzahl) [Wei07, S. 86].

dem anderen überlegen ist [Wei07, S. 115ff].

2 Stand der Technik

Dieser Abschnitt gibt einen wesentlichen Überblick über Methoden sowie aktuelle Entwicklungen. So wird zum einen das grundsätzliche Vorgehen der Konsistenzanalyse im Paderborner Ansatz erläutert. Zum anderen erfolgt ein Überblick über den Stand der Technik in Bezug auf die evolutionären Algorithmen.

2.1 Konsistenzanalyse

Die Konsistenzanalyse stellt einen wesentlichen Baustein der Szenariotechnik dar. Mit ihrer Hilfe werden aus denkbaren Zukunftsentwicklungen komplexe, widerspruchsfreie sowie verständliche Zukunftsszenarien.

In der Phase der Systemkomposition stellt die Konsistenzanalyse einen wesentlichen Berechnungsschritt dar. Sie liefert die Basis für die Rohszenarien, welche anschließend zu den Szenarien geclustert werden. Diese werden in der Landkarte der Zukunft visualisiert. Das Ergebnis der Clusteranalyse liefert die Ausprägungsliste als spezifische „DNA“ jedes Szenarios, welche für die Interpretation zwingend notwendig ist.

Aus der Konsistenzanalyse werden diejenigen Szenarien mit der besten inhärenten Stimmigkeit und damit Glaubwürdigkeit weiterverarbeitet. Sie stehen im Mittelpunkt der Anstrengungen. Diese Stimmigkeit berechnet sich aus der Summe der paarweisen Konsistenz der Projektionen, welche in Form einer Matrix angegeben werden. Die Konsistenzbewertung erfolgt nach folgendem Schema [GFS96, S. 256]:

- 1 = **Totale Inkonsistenz**, d.h. ein gemeinsames Auftreten in einem Szenario ist nicht denkbar und glaubwürdig, da sich beide Projektionen gegenseitig absolut ausschließen.
- 2 = **Partielle Inkonsistenz**, d.h. ein gemeinsames Auftreten beider Projektionen in einem Szenario beeinflusst dessen Glaubwürdigkeit negativ. Beide Projektionen widersprechen einander.
- 3 = **Neutral oder unabhängig**, d.h. ein gemeinsames Auftreten in einem glaubwürdigen Szenario ist möglich. Beide Projektionen beeinflussen sich hierbei nicht gegenseitig.
- 4 = **Gegenseitiges Begünstigen**, d.h. das beidseitige Auftreten der Projektionen begünstigt die Glaubwürdigkeit des Szenarios positiv.
- 5 = **Sehr starke gegenseitige Unterstützung**, d.h. bei einem Auftreten der einen Projektion im glaubwürdigen Szenario ist auch mit dem Auftreten der anderen Projektion im Szenario zu rechnen.

bzw. Projektionsbündel mit möglichst hohen Konsistenzwertsummen zu suchen sind. Bild 2 zeigt den Ausschnitt einer Konsistenzmatrix.

Konsistenzmatrix
Fragestellung: „Wie verträgt sich Zukunftsprojektion A (Zeile) mit Zukunftsprojektion B (Spalte)?“

Konsistenzwert
 1 = totale Inkonsistenz
 2 = partielle Inkonsistenz
 3 = neutral oder unabhängig
 4 = gegenseitiges Begünstigen
 5 = starke gegenseitige Unterstützung

		Branchenstruktur					Gesch.mod. der Zul.		Bed. Elektr.	
		Tierkette wird aufgebrochen	Zeitliche Zusammenarbeit	Strategische Partnerschaften	Wenige mächtige Zulieferer	Zulieferer wird 0,5-Tier	Verlängerte Werkbank	Emanzipation nach vorn	...	Maschinenbau verpasst den Trend
		1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B	...	28C
Branchenstruktur	...									
Geschäftsmodelle d. Zulieferer	2A	Verlängerte Werkbank	2	5	2	2	3			
	2B	Emanzipation nach vorn	4	2	3	5	5			
	⋮	⋮								
Bed. von Elektronik	28C	Maschinenbau verpasst den Trend	4	2	2	5	5	5	1	

Bild 2: Ausschnitt aus einer Konsistenzmatrix [GLS09, S. 18f].

Hierbei ist zu beachten, dass nur eine Hälfte der Matrix auszufüllen ist. Die Beziehungen der Projektionen sind im Rahmen der Konsistenzanalyse ungerichtet, da nur das gemeinsame Auftreten bewertet wird. Wechselseitige Beziehungen, wie sie im Rahmen der Einflussanalyse verwendet werden, sind hier nicht von Interesse.

Die Konsistenzanalyse verwendet zur Lösungsfindung ein Verfahren der begrenzten Enumeration auf Basis eines „Branch-and-bound-Algorithmus“. Diese Algorithmen können den Verfahren der „kombinatorischen Optimierung“ zugeordnet werden und sind ihrem Wesen nach Entscheidungsbaumverfahren [Miß93, S. 95f], [GFS96, S. 253ff], [Zim08, S. 252ff].

Durch geschicktes Verzweigen einerseits (Bounding) und Terminieren (Branching) andererseits, wird versucht, so früh wie möglich ganze Teilmengen von Szenarien (Lösungen) von der Optimierung auszuschließen. Dabei kommen im Wesentlichen folgende Terminierungsregeln zum Einsatz [GFS96, S. 253ff], [Miß93, S. 95f]:

1. Ausschluss aller Teilbäume, bei denen im Laufe der Optimierung ein Projektionspaar mit einer Konsistenzbewertung unterhalb einer gewissen

bewertungen mit „1“ Anwendung.).

2. Ausschluss eines Teilbaumes, dessen Konsistenzsumme unter Berücksichtigung von Regel 1 darüber hinaus unterhalb einer festgelegten Schranke liegt.

Selbstverständlich könnten weitere Regeln im Rahmen eines solchen Algorithmus zum Einsatz kommen bzw. obige Regeln modifiziert werden. Bild 3 zeigt beispielhaft die Vorgehensweise bei der Projektionsbündelung anhand eines Entscheidungsbaumes. Nachdem eine erste Projektion für den Aufbau des Entscheidungsbaumes ausgewählt wurde, geht es in der nächsten Ebene des Entscheidungsbaumes darum, eine weitere Projektion zum Projektionsbündel hinzuzufügen.

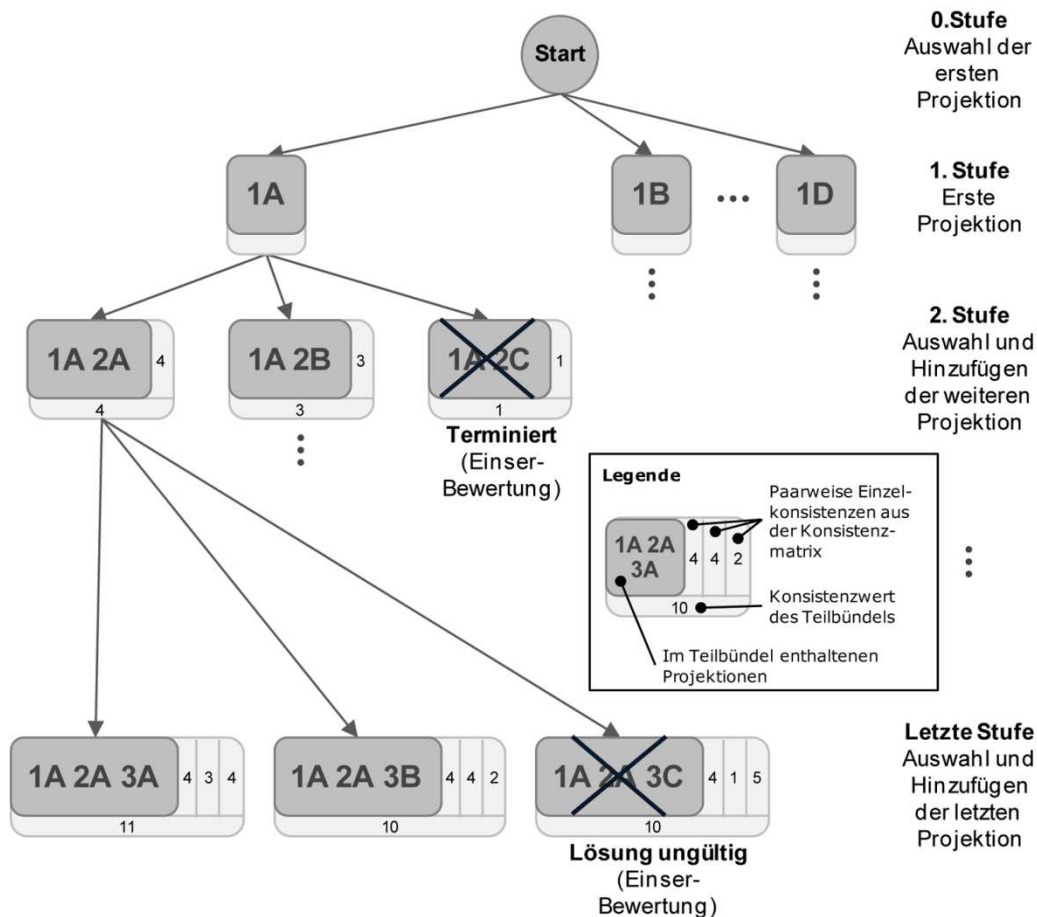


Bild 3: Beispieldarstellung der Projektionsbündelung anhand eines Entscheidungsbaumes mit drei Schlüsselfaktoren.

Anhand der Terminierungsregeln werden Entscheidungen über das Weiterverfolgen oder Abschneiden bestimmter Äste bzw. Lösungswege getroffen. Wurden schließlich alle nicht interessanten Äste terminiert, werden die paarweisen

hinzuaddiert. Diese Vorgehensweise wird für jede Ebene des Entscheidungsbaumes solange wiederholt, bis auf der letzten Ebene des Baumes die jeweils letzte mögliche Projektion zu den Projektionsbündeln hinzugefügt wurde.

Es fällt auf, dass bereits während der ersten Schritte der Lösungsfindung, der Aufbau des Entscheidungsbaums von den ausgewählten Projektionen abhängt. Werden bestimmte Äste abgeschnitten, die unterhalb einer „schlechten“⁷ Projektion liegen, jedoch im weiteren Verlauf sehr gute Lösungen liefern könnten, so finden diese und die darin enthaltenen sehr guten Lösungen keine Berücksichtigung.

Beginnt der Lösungspfad innerhalb des Baumes hingegen mit einer anderen Projektion, kann es sein, dass diese sehr guten Lösungen oberhalb einer „schlechten“ Projektion liegen und im Rahmen der Optimierung als Lösungen identifiziert werden.

Zudem kann keine Aussage darüber getroffen werden, welche Reihenfolge bei der Auswahl der Projektion für das „Branch-and-Bound“ optimal ist. Dies ist die wesentliche methodische Schwäche dieses Verfahrens, die bereits in Abschnitt 1.2 angesprochen wurde.

2.2 Evolutionäre Algorithmen – Strategien

Die ersten Arbeiten, die sich mit der Übertragung (natural analoger) evolutionärer Prinzipien auf die Lösung von Optimierungsproblemen beschäftigten, wurden in den 1950er Jahren veröffentlicht. So nutzte z.B. FRIEDMANN in seiner Arbeit von 1956 die natürliche Selektion, um Schaltkreise zu optimieren. Auch BOX, FRIEDBERG und BREMERMAN veröffentlichten erste Ansätze zum Thema der Optimierung anhand natural analoger Verfahren. Diese Ansätze sind jedoch als Einzelthemen zu betrachten und wurden zumeist nicht weiter verfolgt [Wei07, S. 44]. Bild 4 zeigt zusammenfassend diese zeitlichen Entwicklungen auf einen Blick.

Erst die Arbeiten von BIENERT, RECHENBERG und SCHWEFEL (ab 1964, Evolutionäre Strategien), FOGEL, OWENS und WALSH (ab 1965, Evolutionäres Programmieren), sowie HOLLAND (ab 1969, Genetische Algorithmen) legten die Grundsteine des Evolutionary Computing. 1992 begründete KOZA ein weiteres Teilgebiet: das Genetische Programmieren [Wei07, S. 44f].

⁷ Eine schlechte Projektion kann im Sinne der Terminierungsregeln bspw. eine „1“-Konsistenzbewertung zu anderen Projektionen im vorhandenen Projektionsbündel besitzen.

schwärme sowie kulturelle Algorithmen bilden letztendlich das fünfte Teilgebiet des Evolutionary Computing [Wei07, S. 46].

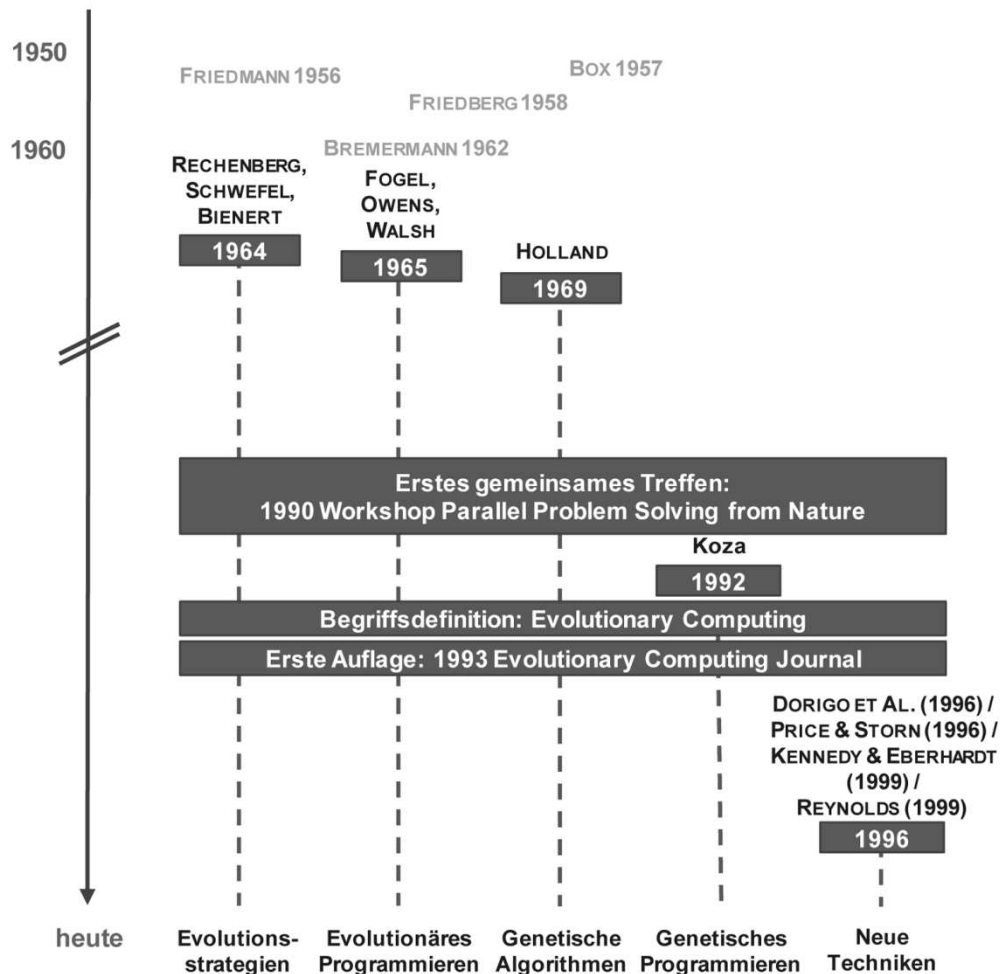


Bild 4: Zeitliche Entwicklung Evolutionärer Algorithmen. In Anlehnung an [Wei07, S. 14].

Im Folgenden soll eine Übersicht von Grundlagen und Definitionen zum Bereich der Evolutionsstrategien gegeben werden (siehe Bild 4 links unten). Einige Begriffe wurden zur Einführung ins Thema bereits kurz erläutert, sollen aber an dieser Stelle weiter detailliert werden. Andere Begriffe werden neu eingeführt und daher ausführlich beschrieben.

2.2.1 Begriffe der Evolutionsstrategien

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Begriffe sowie deren Bedeutung sowohl für die Evolutionären Strategien, als auch für die Szenariotechnik im speziellen.

[Nis98, S. 56]

Ausdruck	Bedeutung für Evolutionsstrategien	Bedeutung für Szenariotechnik
Genom	Konglomerat aller Parameter, die zur Lösung eines Problems erforderlich sind	Rechnerkompatible, kodierte Struktur des Projektionsbündels inkl. Nebenbedingungen
Individuum	Struktur (Repräsentation einer Einzellösung durch ein Genom)	ein Projektionsbündel
Population (von Individuen) P(t)	Menge von Strukturen (Lösungsalternativen)	Menge von Projektionsbündeln (Projektionsbündelkatalog)
Allel	spezifische Lösungsrepräsentation einer Position innerhalb eines Individuums	ausgewählte Projektion für einen Schlüsselfakt
Eltern (μ)	zur Reproduktion ausgewählte Individuen	zur Reproduktion ausgewählte Projektionsbündel
Elter	ein Reproduktionsindividuum	ein Reproduktions-Projektionsbündel
Fitness	Lösungsqualität hinsichtlich relevanter Zielkriterien	Lösungsqualität in Bezug auf Konsistenzwert und zusätzliche Restriktionen
Nachkommen, Kinder (λ)	die aus Eltern erzeugte Individuen	die aus Eltern erzeugten Projektionsbündel
Generation t	Verfahrensiteration	
Mutation	Suchoperator, der ein Individuum modifiziert	Operator, der ein Projektionsbündel modifiziert
Rekombination / Crossover	Suchoperator der Elemente mehrerer Individuen vermischt	Operator, der mehrere Projektionsbündel miteinander vermischt
Selektion	Auswahloperator, der anhand der Fitness die zur Reproduktion bestimmten Eltern auswählt oder diejenigen Kinder bestimmt, die die Eltern der vorherigen Generation ersetzen	Operator, der anhand der Fitness die zur Reproduktion bestimmten Projektionsbündel auswählt oder diejenigen Projektionsbündel bestimmt, die die Projektionsbündel der vorherigen Generation ersetzen

2.2.2 Generische Evolutionsstrategie

Bevor in einem nächsten Schritt die wesentlichen Aspekte der evolutionären Operatoren umrissen werden, wird zuerst deren übergeordneter Zusammenhang hergestellt. Ihr Zusammenspiel ist letztendlich die Grundlage jeder Evolutionsstrategie. Dabei hat die Arbeitsweise einen zyklischen Charakter, in dem je Generation die Population und deren Individuen auf gleiche Weise manipuliert werden.

„Man beginnt mit einer häufig stochastisch generierten Startpopulation (Ausgangspopulation) von Lösungsalternativen. Für diese werden Fitnesswerte (Gütwerte) bestimmt. Es folgt ein iterativer Zyklus, in dem immer wieder aus den alten Lösungen neue, modifizierte Lösungsvorschläge erzeugt werden. [...] Im Rahmen der Erzeugung von Nachkommen wird die in den Eltern enthaltene Lösungsinformation kopiert (Replikation) und durch Anwendung mehrerer Lösungsinformationen, [...] wie Mutation oder Crossover verändert [...]. Die sich ergebenden Nachkommen bewertet man und wählt dann aus, welche Individuen in

leben). Dabei können [...] auch Eltern mit ihren Nachkommen ums Überleben konkurrieren [Nis98, S. 59]."

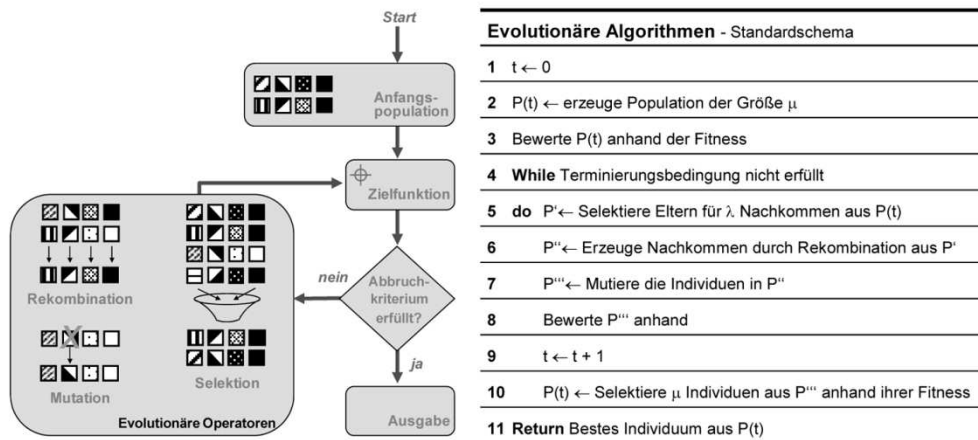


Bild 5: Generischer Ablauf Evolutionärer Strategien als vereinfachter Programmablauf bzw. Pseudo-Code [Gri04, S. 15]

2.2.3 Evolutionäre Operatoren

Dieser Abschnitt stellt die wesentlichen evolutionären Operatoren vor. Dabei erhebt diese Übersicht in keinsten Weise Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll vielmehr den Methodenbaukasten der Evolutionsstrategien umreißen, um die grundlegende Arbeitsweise der Operatoren darzustellen.

Bei Evolutionsstrategien müssen nicht zwangsläufig immer alle Operatoren im zum Einsatz kommen. Vielmehr kommt es auf eine geschickte Kombination und Parametrisierung der Operatoren an.

In der Literatur sind bereits vereinzelt Heuristiken für die Verwendung evolutionären Operatoren (bspw. in Bezug auf das Verhältnis Eltern zu Kindern von 1/5 bis 1/7) aufgeführt [Rec73, S. 123], [Nis97, S. 157].

2.2.3.1 Rekombination

Die Rekombination ist im Sinne DARWINS der Variation zuzuordnen [Dar59, S. 1ff]. Zwei oder mehrere Eltern werden neu kombiniert und ergeben auf diese Weise mindestens einen Nachkommen. WEICKER nimmt an, dass durch Rekombination erzeugte Veränderungen für den Evolutions- bzw. Optimierungsprozess wichtiger angesehen werden können, als solche die durch Mutation bedingt sind [Wei07, S. 11].

je nach vorliegendem Problem auszuwählen und zu parametrisieren sind. Ein wesentlicher Aspekt der Rekombination ist die Erhaltung der Diversität einer Population. Diese spiegelt die Vielfalt an Allelen innerhalb einer Population wider. In der Szenariotechnik bedeutet dieser Umstand bspw. das Vorhandensein möglichst vieler Projektionen in der Gesamtheit der Projektionsbündel.

Bild 6 zeigt die grundsätzliche Arbeitsweise eines Rekombinationsoperators anhand eines Single-Point-Crossovers zweier Individuen zwecks Erzeugung zweier Nachkommen. Die wesentliche Aufgabe der Rekombination ist die Erforschung des Suchraumes.

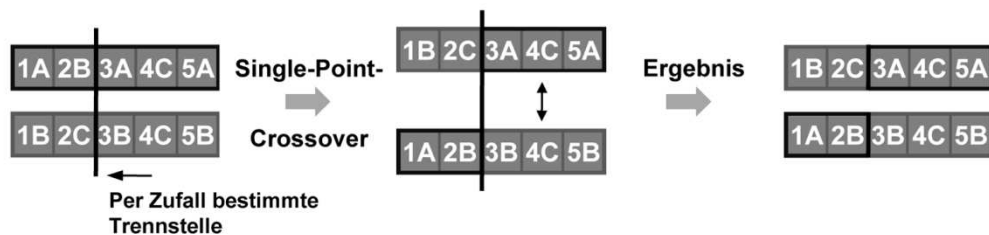


Bild 6: Single-Point-Crossover zweier Projektionsbündel zur Erzeugung zweier Nachkommens-Projektionsbündel.

Im Gegensatz zum evolutionären Operator *Mutation*, können durch die Rekombination zumeist nur Bereiche des Lösungsraumes gefunden werden, die bereits in den Individuen der zugrunde gelegten Population enthalten sind [Wei07, S. 80]. Eine Ausnahme bilden Rekombinationsoperatoren mit interpolierenden Eigenschaften. Diese vermischen die Eigenschaften der Eltern derart, dass ein neues Individuum mit neuen Charakteristika entsteht, die zwischen denen der Eltern liegen [Wei07, S. 81].

2.2.3.2 Mutation

Die Mutation kann als einer Variation einzelner Stellen des Individuums verstanden werden. Die durch die Mutation hervorgerufene Veränderung eines Individuums entspricht je nach Umfang und Stärke verschiedenen Zielsetzungen.

Zum einen kann die Mutation der Erforschung des möglichen Lösungsraumes dienen. Durch eine überdurchschnittlich starke Mutation - sowohl in Häufigkeit, als auch in der Breite können gezielt weiter entfernte Bereiche des Lösungsraumes durchsucht werden. Das Ziel ist stets die Suche nach nicht entdeckten lokalen Optima [Wei07, S. 58f].

Zum anderen kann die Mutation eine Feinabstimmung des Individuums im Zuge der Optimierung ermöglichen. Über gezielte kleine Veränderungen, sowohl in

mutierenden Individuum versucht, das in dessen Nähe liegende Optimum zu finden [Wei07, S. 58f].

Bild 7 zeigt beispielhaft die grundlegende Arbeitsweise eines Mutationsalgorithmus anhand der Mutation eines Projektionsbündels mit einer Länge von vier Schlüsselfaktoren.



Bild 7: Binäre Mutation eines Projektionsbündels

Dabei können durch bestimmte Mutationsoperatoren auch Individuen erzeugt werden, die keine gültigen Lösungen darstellen. Daher ist die Auswahl des Mutationsoperators stets auf den vorliegenden Problemfall zu beziehen.

Es gibt auch Ansätze der Evolutionären Strategien, in denen nur der Mutationsoperator Verwendung findet. Dieser übernimmt dann beide Aufgaben: Erforschung und Feinabstimmung [Wei07, S. 58f].

2.2.3.3 Selektion

Die Selektion hat zum einen die Aufgabe, eine Auswahl spezifischer Individuen zu treffen und zum anderen die Vielfalt innerhalb der nächsten Elterngeneration sicherzustellen. Die Selektion der Individuen erfolgt in der Regel direkt, oder indirekt über deren Fitness.

"Statt eines übergeordneten Ziels wird [...] die Anpasstheit im Moment angestrebt [Wei07, S. 12]".

Die Selektion nimmt somit zwei Aufgaben wahr:

1. Selektion derjenigen Individuen, die zur Erzeugung der Nachkommen herangezogen werden (Paarungsselektion).
2. Selektion derjenigen Nachkommen, die Individuen der Elterngeneration ersetzen (Umweltselektion).

Häufig kommen beide Selektionsmöglichkeiten gleichzeitig zum Einsatz. Bild 8 zeigt schematisch die grundlegende Arbeitsweise der Selektion am Beispiel einer „Bestenselektion“. Dabei handelt es sich um die Auswahl der Individuen mit den besten Fitnesswerten.

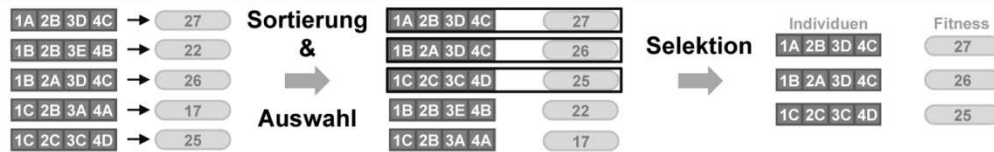


Bild 8: Bestenselektion innerhalb eines Projektionsbündelkataloges

2.2.3.4 Systemische Wirkung der evolutionären Operatoren

WEICKER stellt die Vernetzung der evolutionären Operatoren sowie weiterer Elemente der Evolutionären Strategien in Bild 9 übersichtlich dar.

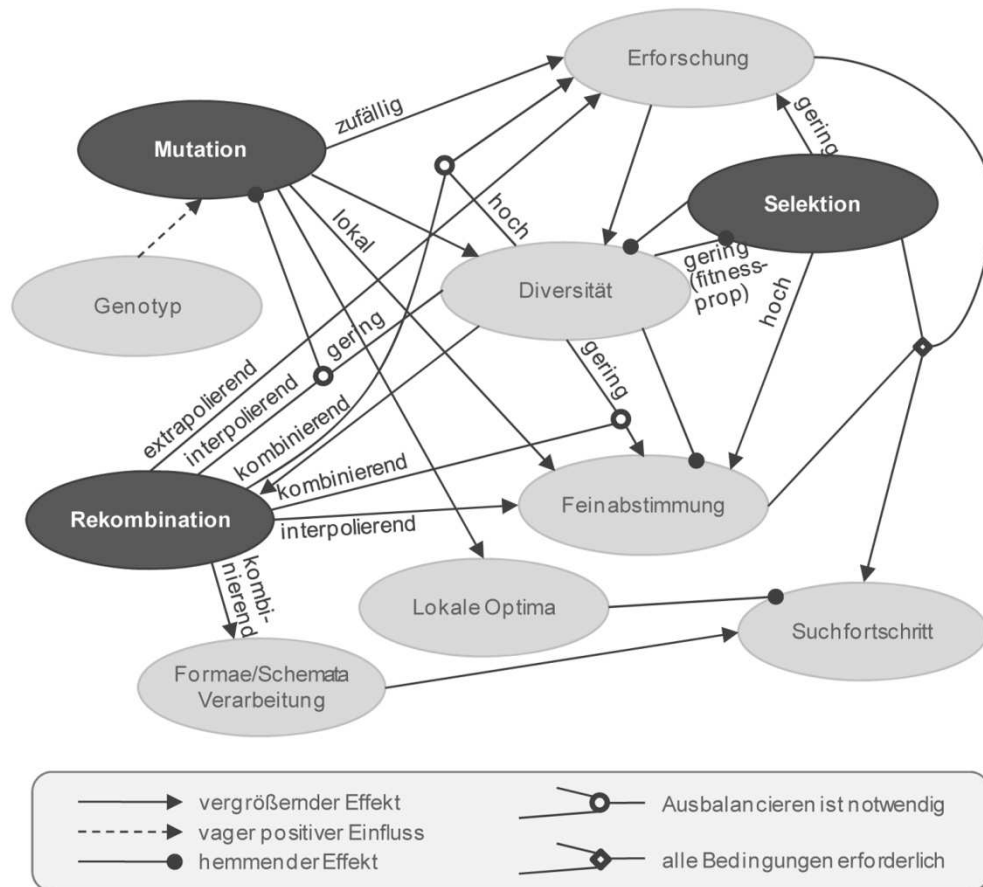


Bild 9: Vernetzung der evolutionären Operatoren [Wei07, S. 116].

Die wesentliche Anforderung bei der Adaption Evolutionärer Strategien für die Konsistenzanalyse besteht in der Anpassung der evolutionären Operatoren auf den besonderen Lösungsraum der Konsistenzanalyse. Hierbei sind alle Dimensionen (Schlüsselfaktoren) nominal skaliert, d.h. Ränge oder Differenzen zwischen den Projektionen lassen sich nicht bestimmen, bzw. existieren nicht. Zudem ist der Lösungsraum diskret und somit unstetig.

Zur Bearbeitung des vorliegenden Problems wurden konkret die Evolutionären Strategien gewählt. Warum dieses Gebiet der Evolutionären Algorithmen gewählt wurde beantwortet Abschnitt 3.1.

Abschnitte 3.2 und 3.3 stellen den entwickelten Algorithmus vor. Um dessen Anwendbarkeit sowie Grenzen aufzuzeigen, befassen sich anschließend die Abschnitte 3.4 und 3.5 mit der Anwendung auf Grenzfälle sowie der Anwendung auf ein Praxisbeispiel.

3.1 Evolutionäre Strategien im Vergleich zu Genetischen Algorithmen

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Genetischen Algorithmen (GA) und Evolutionäre Strategien (ES) liegt im unterschiedlichen Hauptoperator begründet. Während bei den GA als Hauptoperator die Rekombination zum Einsatz kommt, wurde dieser bei den ersten Implementierungen der Evolutionären Strategien nicht verwendet. Der Hauptoperator der Evolutionäre Strategien hingegen ist die Mutation [Wei07, S. 134], [Wei07, S. 146].

Evolutionäre Strategien eignen sich für die Bearbeitung kombinatorischer Optimierungsprobleme. Im Vergleich zu den Genetischen Algorithmen sprechen folgende Argumente insbesondere für den Einsatz Evolutionäre Strategien:

- Selbstadaption der Strategie- bzw. Steuerungsparameter (Evolutionäre Strategien) [SHF94, S. 219ff].
- Schnellere Konvergenz der Fitnessfunktion [SHF94, S. 234].
- Genetische Algorithmen eignen sich nicht für das Auffinden von Optima, die von vielen schlechten Lösungen umgeben sind [SHF94, S. 217]. Dies ist allerdings charakteristisch für das vorliegende Problem.
- Reellwertige Codierung der Individuen. Auf diese Weise entfällt das für genetische Algorithmen notwendige Umcodieren in die dort verwendete binäre Kodierung.

Bild 10 zeigt die Phasen und Meilensteine des neu entwickelten Algorithmus zur Konsistenzberechnung auf Basis Evolutionärer Strategien. Bild 10 zeigt darüber hinaus, dass im Gegensatz zum traditionellen Ansatz der Evolutionsstrategien der Rekombinationsoperator ebenso zum Einsatz kommt. Dieser Umstand ist u.a. dem speziellen Lösungsraum zuzurechnen.

Aufgrund der Unstetigkeit in allen Dimensionen ist streng genommen keine Feinabstimmung eines Projektionsbündels hinsichtlich der Fitness möglich. Eine Änderung nur einer Projektion (bspw. durch Mutation) kann eine große Abweichung der Konsistenzwertsumme und damit der Fitness hervorrufen.

Das bedeutet, dass sich der Lösungsraum sehr inhomogen darstellt: Sehr gute, gute und schlechte Projektionsbündel füllen den Lösungsraum extrem ungleichmäßig. So kann eine sehr gute Lösung bspw. direkt neben einer sehr schlechten Lösung liegen (d.h. zwei Projektionsbündel unterscheiden sich lediglich an einer Stelle – einer Projektion). Um daher viele gute Lösungen finden zu können, wird es zum einen notwendig sein, den Lösungsraum in großen Schritten zu durchsuchen. Diese Aufgabe kommt dem Rekombinationsoperator zu. Zum anderen übernimmt der Mutationsoperator weniger ein „Feintuning“, sondern vielmehr ein punktuelles „Durchforsten“ des Lösungsraums.

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des Konsistenzalgorithmus erläutert:

- In der *ersten Phase* des Algorithmus, der Initialisierung, werden zu Beginn alle erforderlichen globalen Variablen mit Startwerten belegt. Insbesondere gilt es, die Größe der Eltern- und der Kindpopulation festzulegen, die Anzahl der Generationen anzugeben sowie die Zielfunktion inklusive der Nebenbedingungen, wie z.B.
 - Auswahl zwischen Maximierung oder Minimierung der Fitness der Individuen,
 - Explizite Berücksichtigung von maximal fünf Projektionen, die zwingend enthalten sein müssen.
 - Berücksichtigung von Projektionsbündeln, die eine Inkonsistenzbewertung („1“) aufweisen. Zudem muss ein Startwert für die sich adaptiv anpassende Schrittweite des Mutationsoperators angegeben werden.

Sind diese notwendigen Punkte abgearbeitet, wird pseudo-zufällig eine Ausgangspopulation erzeugt. Deren Fitnesswerte werden anhand der Zielfunktion berechnet und anschließend nach absteigenden Fitnesswerten sortiert. Im Rahmen dieser Zielfunktion erfolgt zudem die Berücksichtigung der Nebenbedingungen.

Als Resultat liegt die nach Fitness sortierte Ausgangspopulation vor.

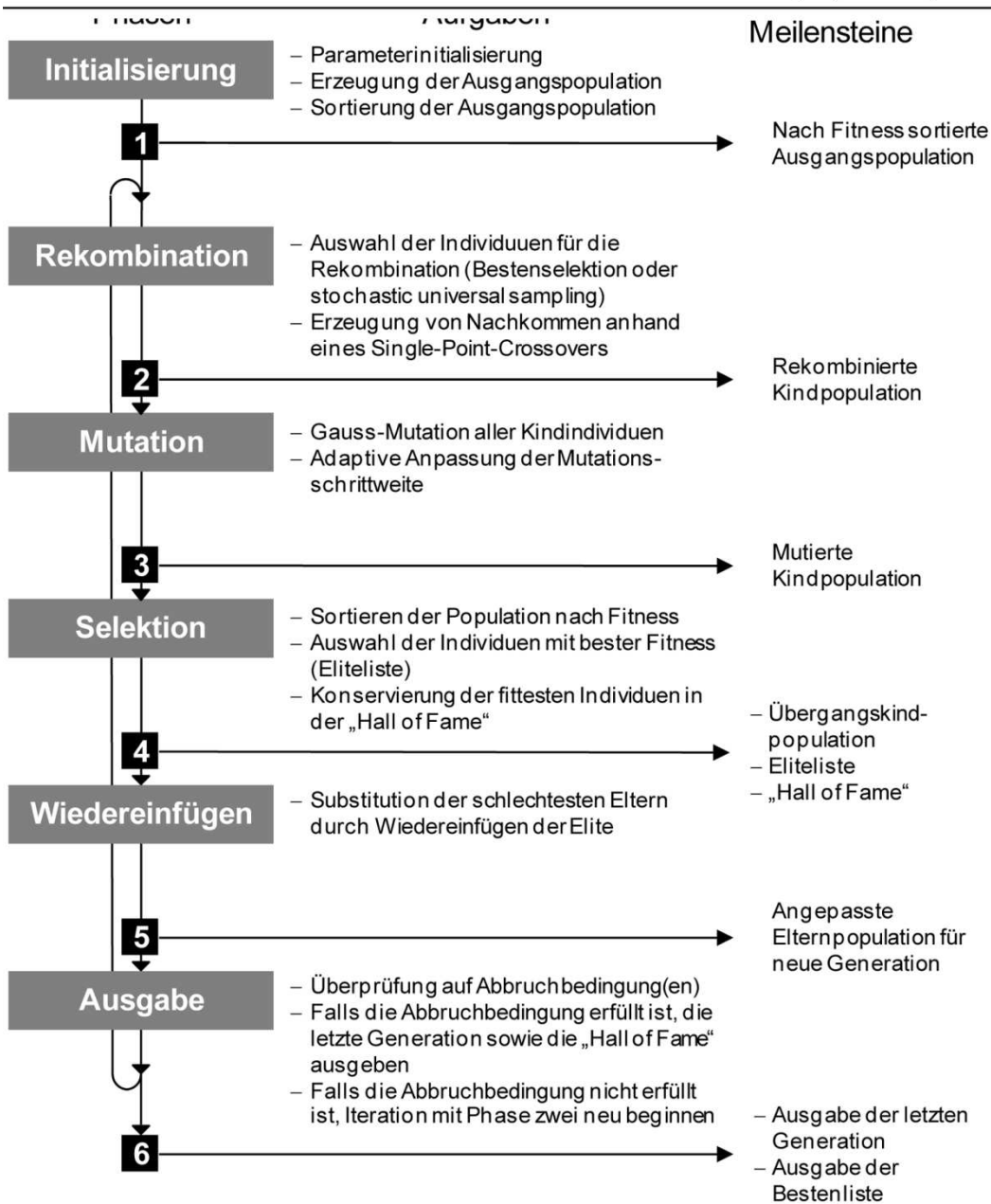


Bild 10: Konzeption des entwickelten Evolutionären Algorithmus auf Basis Evolutionärer Strategien

- Mit der *Phase zwei* des Algorithmus, der Rekombination, beginnt der eigentliche Zyklus. Solange das definierte Abbruchkriterium (bspw. „Anzahl von Generationen“⁸) nicht erfüllt ist, beginnt jede weitere Iteration an dieser Stelle.

Zu Beginn dieser Phase erfolgt die Auswahl der Individuen, die zur Er-

⁸ Weitere Kriterien lassen sich einfach in den Algorithmus integrieren.

sollen. Hierzu sind zwei Selektionsoperatoren implementiert. Zum einen können im Sinne einer Bestenselektion diejenigen Projektionsbündel mit der höchsten Fitness herangezogen werden. Dies hat den Vorteil, dass sich sehr gute Lösungen sehr schnell herausbilden. Zum anderen kann ein „stochastic universal sampling“⁹ stattfinden. Der Vorteil dieser Variante ist, dass jedes Individuum die gleiche Auswahlwahrscheinlichkeit aufweist und zudem die Diversität (gewisser Grad an Inhomogenität) der Projektionsbündel der Population eher erhalten bleibt.

Die Rekombination erfolgt mithilfe eines „Single-Point-Crossover“-Rekombinationsoperators. Es werden aus zwei Projektionsbündeln genau zwei Nachkommens-Projektionsbündel erzeugt.

Als Resultat liegt die rekombinierte Kindpopulation vor.

- *Phase drei* des Algorithmus nutzt den Mutationsoperator, um eine lokale „Durchforstung“ des Lösungsraumes vorzunehmen. Hierbei kommt die Gauss-Mutation mit einer sich adaptiv anpassenden Schrittweite zur Anwendung.

Die Schrittweite gibt hierbei an, wie viele Stellen des Individuums stochastisch verändert werden. So wird eine normal verteilte Anzahl an Stellen (mit dem Erwartungswert von null Stellen und der Standardabweichung, die der Schrittweite entspricht) mutiert. Die eigentliche Mutation entspricht aufgrund der nominalen Skalierung einer gleichverteilt zufälligen Auswahl einer Projektion des betreffenden Schlüsselfaktors.

Als Resultat liegt die mutierte Kindpopulation vor.

- Im Rahmen der *vierten Phase* erfolgt die Selektion, d.h. die Bewertung der Kindpopulation anhand der Zielfunktion, die Sortierung nach Fitness, die Auswahl der Individuen, welche in die Elternpopulation übernommen werden (z.B. durch Bestenselektion) sowie die „Konservierung“ der besten gefundenen Lösungen in einer Bestenliste in der „Hall of Fame“. Sie dient dem Zweck, die besten Lösungen zu erhalten, die im Laufe der Iterationen gefunden werden. Dies ist deshalb nötig, da sehr gute Individuen in der nächsten Generation wieder einer Rekombination unterzogen werden und daher „Verloren gehen“ können.

Als Resultat liegt die Übergangskindpopulation, die Eliteliste sowie die „Hall of Fame“ vor.

- In der *Phase fünf* werden die schlechtesten Projektionsbündel der Elternpopulation durch die besten Projektionsbündel der Kindpopulation (Elite-liste) substituiert (sog. „Elitest-Wiedereinfügen“). Der Anteil an Substitutionen kann hierbei anhand einer festzulegenden Wiedereinfügerate eingestellt werden.

⁹ Für weitere Informationen siehe [Poh00, S. 25f].

Generation vor.

- Nach jeder Generation wird in der *sechsten Phase* eine Überprüfung hinsichtlich der zuvor definierten Abbruchbedingung(en) vorgenommen. Ist bzw. sind diese erfüllt, besteht nun die Möglichkeit die letzte angepasste Elterngeneration der letzten Generation bzw. diejenigen Projektionsbündel auszugeben, die in der „Hall of Fame“ gespeichert wurden.

Anderenfalls beginnt der Zyklus wieder mit Phase zwei.

Ein wichtiger Aspekt bei der Erzeugung neuer Projektionsbündel durch Rekombination bzw. Mutation, der an dieser Stelle noch erwähnt werden muss, ist die Überprüfung auf Doppelung. So werden Lösungen verworfen, die bereits in der Population existieren, d.h. keine Lösung kann mehrfach auftreten.

3.3 Parameter

Die Parametrisierung des neuen Konsistenzalgorithmus auf Basis Evolutionärer Strategien und insbesondere der hierbei verwendeten evolutionären Operatoren stellt eine besondere Herausforderung dar. An dieser Stelle gilt es, Heuristiken zu finden, anhand deren eine Parametrisierung je nach vorliegender Situation bzw. Problemstellung erfolgen kann.

Dabei bildet die Anwendung des Algorithmus auf Grenzfälle sowie vorher vollständig enumerierten Problemfälle eine große Hilfestellung. Die Verfeinerung und Validierung der Heuristiken erfolgte an mehreren Beispielen, bzw. vorhanden und bereits bearbeiteten Problemfällen.

- **Populationsgröße**

Hinsichtlich der Populationsgrößen gilt es, mehrere Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen darf die Populationsgröße bei einer geringen Gesamtanzahl an Projektionen (weniger als 20) nicht zu groß gewählt werden, da sich der Algorithmus aufgrund der geringen Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten und der stochastischen Erzeugung der neuen Individuen in Verbindung mit der steten Überprüfung auf Doppelung in unendlicher Berechnung terminieren kann. Zum anderen sollte die Größe der Kindpopulation stets derart gewählt werden, dass genügend Nachkommen erzeugt werden, um einen gewissen Grad an Diversität sowie Selektionsdruck aufrechtzuerhalten.

Wie bereits in Abschnitt 2.2.3 beschrieben existiert insbesondere für das Verhältnis „Anzahl Eltern zu Anzahl Kinder“ im Rahmen der Evolutionären Strategien eine Heuristik, die ein optimales Verhältnis zwischen 1/7 und 1/5 angibt. Im Rahmen der Validierung des neuen Algorithmus hat sich diese Spannbreite als sinnvoll erwiesen.

Während der ersten Generationen im Laufe der Lösungsfindung sollte die Mutation durch die Rekombination bei der Durchforstung des gesamten Lösungsraums um eine zufällige Komponente erweitern werden.

Erst wenn durch Rekombination und Mutation gute Lösungen gefunden wurden, bzw. durch diese Operatoren die Fitness signifikant gesteigert werden konnte, erfolgt eine adaptive Anpassung der Schrittweite. Als guter Startwert für die Mutationsschrittweite hat sich die Hälfte der Anzahl an Schlüsselfaktoren erwiesen.

- **Wiedereinfügerate für das „Elitest-Wiedereinfügen“**

Die Wiedereinfügerate gibt den zu substituierenden Prozentsatz der Elterngeneration durch die sog. „Elite“ an. Ersetzt werden Eltern mit einem schlechten Fitnesswert.

Die Wiedereinfügerate von „0,5“ und einer Elterngröße von 50 bedeutet somit, dass die schlechtesten 25 Individuen der Eltern durch die besten 25 Individuen der Übergangskindpopulation ersetzt werden. Eine Rate von „1“ bedeutet, dass alle Eltern der aktuellen Generation durch Kinder dieser Generation ersetzt werden – es findet ein kompletter Austausch statt.

Die Validierung des neuen Algorithmus bestätigte eine sinnvolle Wiedereinfügerate zwischen 0,5 und 1.

- **Anzahl der Iterationsstufen (Generationen)**

Die benötigte Anzahl an Iterationsstufen bis zu einer Konvergenz der Lösungsfindung hängt insbesondere von der Gesamtanzahl der Projektionen ab.

Die Validierung des neuen Algorithmus zeigt, dass die Anzahl der Generationen mindestens dreifache Anzahl Schlüsselfaktoren betragen sollte.

Anwendung des neuen Konsistenzalgorithmus auf Grenzfälle sowie bekannte Problemstellungen

Zunächst wurden Beispielkonsistenzmatrizen entworfen. Für diese wurden *alle* Projektionsbündel berechnet. In diesem Fall handelt es sich um eine vollständig enumerierte Lösungsfindung.

Parallel dazu wurden mit dem neuen Algorithmus dieselben Konsistenzmatrizen berechnet, um die Ergebnisse vergleichen zu können. Auf Basis der Vergleichsergebnisse wurden anschließend die oben beschriebenen Parameterausprägungen variiert, sodass lokale Optima sowie das globale Optimum erreicht werden konnten. Im weiteren Vorgehen wurden spezifische Grenzfälle, wie bspw. ein hoher Anteil an Inkonsistenzbewertungen in der Konsistenzmatrix berechnet.

Um eine Validierung des entwickelten Algorithmus im Lichte eines Praxis-einsatzes zu ermöglichen, erfolgte die Anwendung des erstellten Algorithmus auf bestehende und bereits durchgeführte Szenarioprojekte. Grundlage dieser Projekte war die Software „Szenario-Manager“ des Heinz-Nixdorf-Instituts, bzw. der UNITY AG in Paderborn. Da die Darstellung aller Ergebnisse (Ausprägungslisten, Landkarten der Zukunft etc.) den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, wird exemplarisch ein ausgewähltes Beispiel dargestellt.

Es handelt sich dabei um die Branchenstudie „Gießerei 2010“, in der Markt- und Umfeldszenarien für die deutsche Gießereiindustrie vorausgedacht wurden [GBG02, S. 336ff]. Diese enthält 20 Schlüsselfaktoren sowie insgesamt 54 Projektionen. Aufgrund dieser Konstellation existieren 272.097.792 mögliche Projektionsbündel.

Tabelle 2 zeigt einen Ausschnitt der 100 besten Lösungen des ausgewählten Beispiels. Beim Vergleich dieser Lösungen fällt auf, dass die schlechtesten Lösungen, welche durch den neuen Konsistenzalgorithmus gefunden wurden, den gleichen Konsistenzwert aufweisen wie die besten Lösungen der Software „Szenario-Manager“. So wurden im Detail 68 Projektionsbündel anhand des neuen Konsistenzalgorithmus gefunden, die einen höheren Konsistenzwert aufwiesen, als das beste durch den bisherigen Algorithmus gefundene Projektionsbündel.

Tabelle 2: Ergebnisse der Konsistenzwertberechnung des vorliegenden Szenarioprojektes „Gießerei 2010“.

Rang des Projektionsbündels	Konsistenzwert „Szenario-Software“	Konsistenzwert „Neuer Konsistenzalgorithmus“
1	647	652
...
6	647	651
...
10	646	650
...
100	635	647

Damit findet der neue Konsistenzalgorithmus zwar nicht signifikant bessere Lösungen als der bisherige Algorithmus, aber von der Anzahl her wesentlich mehr gute Lösungen. Allerdings zeigt sich durch den neuen Algorithmus auch ein neues Problem. Aufgrund des Durchsetzens sehr guter Teillösungen, der sog. Building-

Projektionsbündel. Im Ausblick wird kurz darauf eingegangen.

Um abschließend die sehr gute Konvergenz des erarbeiteten Algorithmus darzustellen, zeigt Bild 11 den durchschnittlichen Konsistenzwert der Population in Bezug auf die Generationen als Verlauf der Optimierung.

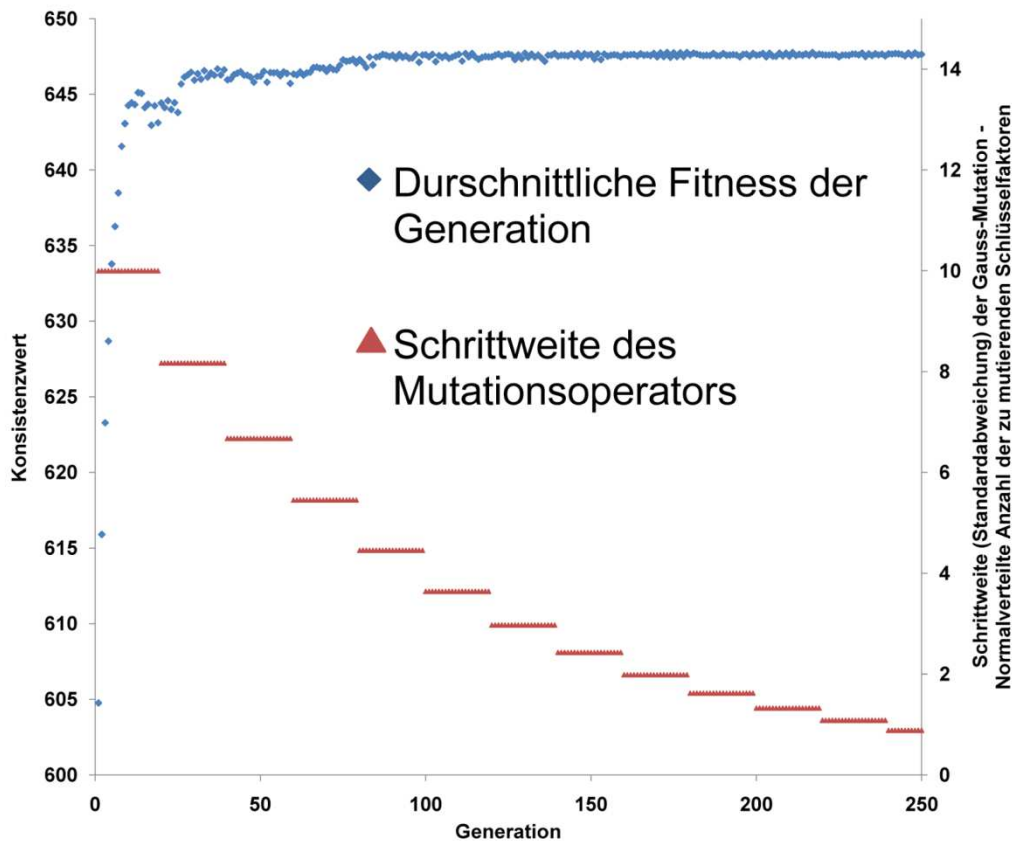


Bild 11: Konvergenzverhalten des neuen Konsistenzalgorithmus anhand eines Praxisbeispiels (20 Schlüsselfaktoren, 54 Projektionen) – inkl. Verlauf der adaptiven Mutationsschrittweite

Die Parameter des Algorithmus wurden hierbei anhand der oben beschriebenen Heuristiken gewählt.

4 Ausblick

Die wesentliche Zielsetzung, die Auflösung der derzeitigen Restriktionen der Konsistenzanalyse, konnte durch den neuen Konsistenzalgorithmus auf Basis Evolutionärer Strategien erreicht werden. So ermöglicht die derzeitige Implementierung des Algorithmus die Berücksichtigung sämtlicher in Abschnitt 1.2 beschriebenen Nebenbedingungen. Damit wurde eine wesentliche Steigerung der Lösungsqualität erreicht.

bessere Lösungen gefunden werden. Zudem bewegen sich Laufzeit des Algorithmus sowie dessen Handhabung in sinnvollen und praxisnahen Dimensionen.

Einzig der Punkt mangelnder Diversität zwischen den letztendlich zur Verfügung stehenden Lösungen scheint ein Kritikpunkt zu sein. Daraus ergibt sich ein Ansatzpunkt für zukünftige Forschung. So wird es Gegenstand weiterer Untersuchungen sein müssen, durch weitere Parametervariationen die Vielfalt sicherzustellen.

5 Literatur

- [Dar59] DARWIN, C.: On the Origin of Species. John Murray, London, 1859
- [GBG02] GAUSEMEIER, J.; BÄTZEL, D.; GRIENITZ, V.: Die Zukunft der deutschen Gießereiindustrie – Szenariobasierte Entwicklung einer Branchenstrategie. In: ZWF – Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (2002), Nr. 6, S. 336-342.
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management : Planen und Führen mit Szenarien. Hanser Verlag, München, 1996
- [GKK04] GERDES, I.; KLAWONN, F.; KRUSE, R.: Evolutionäre Algorithmen. Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004
- [GLS09] GRIENITZ, V.; LEY, S.; SCHMIDT, A.-M.: Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015. Universität Siegen (Hrsg.), Siegen, 2009
- [GPW09] GAUSEMEIER, J.; PLASS, C.; WENZELMANN, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung - Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. Hanser Verlag, München, 2009
- [Gri04] GRIENITZ, V.: Technologieszenarien – Eine Methodik zur Erstellung von Technologieszenarien für die strategische Technologieplanung. Dissertation; HNI-Verlagsschriftenreihe Bd. 151. (Paderborn, 2004).
- [MiB93] MIBLER-BEHR, M.: Methoden der Szenarioanalyse. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 1993
- [Nis97] NISSEN, V.: Evolutionäre Algorithmen. Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1997
- [Poh00] POHLHEIM, H.: Evolutionäre Algorithmen - Verfahren, Operatoren und Hinweise für die Praxis. Springer Verlag, Berlin, 2000
- [Rec73] RECHENBERG, I.: Evolutionsstrategie – Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution. Friedrich Frommann Verlag, Stuttgart, 1973
- [SHF94] SCHÖNEBURG, E.; HEINZMANN, F.; FEDDERSEN, S.: Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien - Eine Einführung in Theorie und Praxis der simulierten Evolution. Addison-Wesley Verlag, Bonn, 1994
- [Ski98] SKIENA, S. S.: The Algorithm Design Manual. Springer Verlag, New York, 1998
- [Zim08] ZIMMERMANN, H. J.: Operations Research - Methoden und Modelle. Für Wirtschaftsingenieure, Betriebswirte, Informatiker. Friedrich Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2. Auflage, 2008

A 16 [GS10a]**Gewichtete Konsistenzberechnung – Kopplung von Systemanalyse und Szenarioerstellung**

**Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz
André-Marcel Schmidt**

*Universität Siegen, Fachbereich Maschinenbau
Institut für Fertigungstechnik, Industrial Engineering
Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen
Tel.: +49 271 740 2520 / 2531,
Fax: +49 171 41 79 673
E-Mail: volker.grienitz@uni-siegen.de
marcel.schmidt@uni-siegen.de*

Zusammenfassung

Auf dem Weg zur Erstellung von Szenarien werden zwei wesentliche Bewertungsschritte mit Hilfe der Einflussmatrix (Basis der Vernetzungs- bzw. Systemanalyse) und der Konsistenzmatrix (Basis der Szenarioerstellung) vorgenommen. Beide Bearbeitungsschritte laufen bislang sequentiell und ohne wesentlichen Zusammenhang ab.

Der Beitrag widmet sich der Kombination dieser Arbeitsschritte. Es wird dargestellt, wie die Ergebnisse der Systemanalyse zu einer Verbesserung der Szenarioerstellung beitragen. Parallel dazu wird gezeigt, wie die betriebswirtschaftlichen Ansätze des market-based- und ressourcen-based-view somit bei der Strategieszenerarioberechnung bzw. der Ableitung von erfolgsversprechenden Geschäftsmodellen Berücksichtigung finden können.

Diese Neuerungen führen zu viel aussagekräftigeren und voneinander besser unterscheidbaren Szenarien. Die Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse wird an einem Beispielprojekt für Strategieszenerarien eines Dienstleistungsunternehmens der Fördertechnikbranche dargestellt.

Schlüsselwörter

Systemanalyse, Systemdesign, gewichtete Szenarioerstellung, ressourcen-based-view, market-based-view, Strategieentwicklung

1 Motivation

Die Diskontinuitäten in den Umfeldern der Wirtschaft stellen das Management der Unternehmen vor ungeahnte Herausforderungen. Das Zurückgreifen auf standardisierte Handlungsmuster aus den Lehrbüchern ist nicht oder nur bedingt möglich. Es kommt darauf an, neue eigene Handlungsmuster für die Führung und Lenkung der Unternehmen zu entwickeln.

Ein probates Mittel zur Planung und Umsetzung von Geschäftsinnovationen sind Szenarien. Sie ermöglichen erst den kreativen Freiraum, um völlig neuartige Kombinationen von strategischen Hebeln vorzudenken. Ganz im Sinne des SCHUMPETER'schen Gedankens der schöpferischen kreativen Zerstörung bestehender Strukturen können bisher nicht gedachte Kombinationen von strategischen Hebeln als Strategieszzenarien antizipiert werden [Sch46, S.137f.].

Nach STÄHLER baut ein Geschäftsmodell bewusst oder unbewusst auf einer Strategie auf, auch wenn diese nur ex post als grobes Muster zu erkennen ist. Ein Geschäftsmodell ist daher als eine Momentaufnahme zu verstehen, das als Output der Strategie zur Realisierung von Gewinnen im Vordergrund steht. Die Strategie hingegen bestimmt die langfristige Ausrichtung eines Unternehmens [Stä02, S.49]. Die berechneten Strategieszzenarien können aus diesem Grund in einem folgenden Schritt als erfolgsversprechende Geschäftsmodelle interpretiert werden, da sie letztlich eine konsistente Momentaufnahme der Zukunft darstellen. Die Strategiemerkmalsausprägungen der errechneten Strategieszzenarien stellen hingegen die strategischen Hebel dar, welche zur Erreichung der langfristigen Ziele im Rahmen der Strategie bewegt werden müssen. Demzufolge kann die Änderung oder aber auch der Wechsel des Geschäftsmodells Teil der Strategie sein. In Analogie hierzu stellt ein Geschäftsmodell nach KNYPHAUSEN-AUFSEß / MEINHARDT die konsequente Weiterentwicklung des Strategiekonzeptes dar [KM02, S. 64ff.]. GAUSEMEIER / FINK / SCHLAKE verstehen eine Strategie als eine *Leitlinie für das Denken und Handeln im operativen Alltag* [GFS96, S. 62]. Die strategischen Variablen als Bausteine einer Strategie repräsentieren daher die denkbaren Handlungsoptionen. Je nach Kombination der Handlungsoptionen (Strategieszzenarien) können unterschiedliche strategische Ziele verfolgt werden. Insofern wird im Folgenden der Begriff Strategieszzenarien auch als Geschäftsmodell verstanden.

Im Zuge des Erstellungsprozesses von Strategieszzenarien fließt sehr viel Aufwand in die Systemanalyse und damit in die detaillierte Suche nach den relevanten Strategiemerkmalen sowie deren Vernetzung und Gewichtung. Aus diesem Bearbeitungsschritt werden aber nur die ersten Interpretationen (Reduktion auf die wesentlichen Strategiemerkmale, die Schlüsselmerkmale) und nicht die eigentliche Wertschöpfung (bspw. ob ein Merkmal ein Hebel oder ein Indikator darstellt) weiterverarbeitet. Das sich anschließende Systemdesign entwickelt auf Basis singulärer Konsistenzbewertungen von identifizierten Strategiemerkmalsausprägungen die

Rohszenarien, welche schlussendlich interpretiert und anschließend zu den Strategieszenarien überführt werden.

Beide Bearbeitungsschritte laufen sequentiell und ohne wesentlichen Zusammenhang ab. Zum einen liegt dies an der differenzierten Fragestellung, welche mit den jeweiligen Matrizen beantwortet wird. Zum anderen ist der bisherige Konsistenzalgorithmus nicht in der Lage, Nebenbedingungen zu berücksichtigen. Aktuelle Weiterentwicklungen in Form eines neuen Konsistenzalgorithmus auf Basis Evolutionärer Strategien [GS09, S. 1ff.] haben diese Restriktion behoben. Der notwendigerweise folgende Schritt ist die Verknüpfung beider Arbeitsschritte – Systemanalyse und Szenarioerstellung.

2 Szenariobasierte Erstellung von Geschäftsinnovationen

Die Geschäftsinnovationen stellen neben den Produkt- und Prozessinnovationen einen weiteren wesentlichen Stellhebel für die Sicherung der Erfolgswirksamkeit eines Unternehmens dar. Mit Hilfe der szenariobasierten Vorgehensweise können alternative Geschäftsmodelle entworfen werden, die in sich schlüssige und widerspruchsfreie Muster darstellen. Je nach gewünschtem Komplexitätsgrad der vorausgedachten Geschäftsmodelle kann die Anzahl der verwendeten Strategiemerkmale variiert werden. Die Innovationsstärke der Szenarien wird im Wesentlichen durch die intelligente Suche der Ausprägungen dieser Strategiemerkmale geprägt. Je facettenreicher und auch visionärer diese gewählt werden, desto innovativer können auch die errechneten Strategieszenarien sein.

Da die Erstellung von Strategieszenarien ein unternehmensbezogener Prozess ist, sind hinreichendes Markt- und Branchen-Know-how sowie herausragende Kenntnisse über das zu untersuchende Unternehmen unabdingbar. Die Ergebnisse stellen, soweit es sich nicht um die Erstellung von Branchenstrategien handelt, unternehmensindividuelle Ergebnisse dar. Die Strategieszenarien gehen somit weit über Standardaussagen klassischer Managementliteratur hinaus.

Die Szenarioerstellung wird im Wesentlichen in vier Phasen unterteilt (Bild 2-1). Die vier generischen Vorgehensschritte variieren in ihrer Ausprägung je nach Szenariotyp. Somit ergeben sich bei Zukunftsszenarien teilweise andere Aufgaben als bei der Erstellung von Strategieszenarien. Die Erstellung von Strategieszenarien erfolgt nach folgendem Vorgehensmodell und damit in Anlehnung an das VITOSTRA-Vorgehensmodell von BÄTZEL [Bät04, S. 94]:

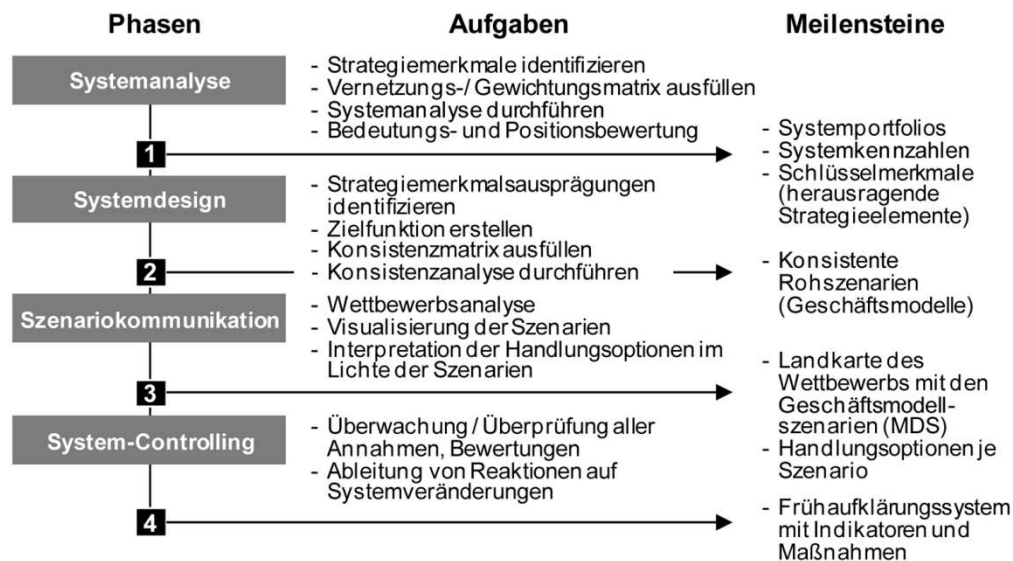


Bild 2-1: Phasen, Aufgaben und Meilensteine zur Erstellung von Strategieszenarien

Im Folgenden werden die beiden ersten Phasen detailliert erläutert, da sie die wesentlichen Schritte zur gewichteten Konsistenzberechnung enthalten.

2.1 Anwendungsfall

Die Beschreibung des Vorgehensmodells sowie die weiterführende Darstellung der gewichteten Konsistenzberechnung erfolgt anhand eines Beispiels für die Erstellung von Strategieszenarien eines Unternehmens der Dienstleistungsbranche.

Der Schwerpunkt dieses kleinen mittelständischen Unternehmens mit 14 Mitarbeitern liegt im Bereich der Vermietung und Reparatur von Flurfördergeräten. Seit über 70 Jahren ist das Unternehmen aktiv und hat in der ersten Phase des Wirkens Landmaschinen verkauft und repariert sowie Sonderanfertigungen erstellt. Aufgrund struktureller Veränderungen im Markt in den späten 90er Jahren wurde der Fokus auf den Verkauf und die Reparatur von Gabelstaplern verlegt.

2.2 Systemanalyse

Nachdem das eindeutige Ziel des Szenarioprozesses (Hier: Die Entwicklung von alternativen Strategieszenarien im fokussierten Markt - Verkauf und Reparatur von Gabelstaplern.) definiert wurde, werden im Rahmen der ersten Phase, der Systemanalyse, alle relevanten Strategiemerkmale (Schlüsselmerkmale) identifiziert. Sie werden beschrieben und untereinander vernetzt, wobei die Frage der gegenseitigen Beeinflussung beantwortet wird. Die Einflussmatrix (Beispiel siehe Bild 3-1 oben rechts) liefert die Basis für diese Vernetzungsanalyse. Gekoppelt mit einer weiteren Matrix, der Gewichtungsmatrix ist anschließend eine umfassende Systemanalyse aller

Strategiemerkmale möglich. Die Gewichtungsmatrix priorisiert die Merkmale in ihrer Rangfolge bezogen auf ihre Bedeutung für die Beantwortung der konkreten Fragestellung des Szenarioprozesses. Beide Matrizen zusammen stellen die Basis für eine tiefgreifende Untersuchung des Gesamtsystems anhand von Kennzahlen dar. Hieraus können bspw. die Eingebundenheit der einzelnen Merkmale, die Nähe der Merkmale untereinander sowie Aussagen zum Gesamtsystem abgeleitet werden.

Im Folgenden wird im Speziellen auf die Suche nach den Strategiemerkmalen eingegangen. Ein Strategiemerkmal ist ein Baustein der Strategieszenarien und fokussiert einen Bereich des Strategieszenarios, z.B. den Vertrieb oder die Produktion. In der relevanten Literatur werden *drei* Wege zur Identifikation von Strategiemerkmalen diskutiert (Diese sollen an dieser Stelle kurz umrissen werden, da sie für die Erarbeitung von Strategiemerkmalen von zentraler Bedeutung sind. Der interessierte Leser findet weiterführende Informationen in der angegebenen Literatur.):

- 1) Dazu zählt der Ansatz von MARKIDES, der von BÄTZEL aufgegriffen wurde [Bät04, S.96ff.] und vier Kernfragen stellt, in deren Umfeld die Strategiemerkmale abgeleitet werden [Mar00, S. 26ff]:
 - Was ist unser Geschäft? (Decide what your business is?)
 - Wer sind unsere Kunden? (Decide who your customers are...)
 - Was ist unsere Marktleistung? (... and what to offer them?)
 - Wie erbringen wir unsere Marktleistung? (Decide how you will play the game?)

- 2) GAUSEMEIER / FINK schlagen für die Ermittlung strategischer Handlungsoptionen fünf Haupt-Suchbereiche vor, von denen jeder nochmals in mehrere Unterkategorien unterteilt wird [GPW09, S. 176ff.]:
 - Geschäftsoptionen – Bestimmung der Wettbewerbsausrichtung entsprechend der Produkt-Markt-Optionen in Anlehnung an die Produkt-Markt-Matrix von ANSOFF.
 - Marktleistungsoptionen – Differenzierung insbesondere zwischen einer Preis-Leistungs- oder hybriden Preis-Leistungsorientierung.
 - Marktoptionen – Definition der Wettbewerbsarena.
 - Kompetenzoptionen – Fokussierung des Unternehmens aufgrund spezifischer Kompetenzen (bspw. Pionier oder Lizenznehmer).
 - Verhaltensoptionen – Verhalten gegenüber Wettbewerbern sowie Positionierung in Bezug auf die Innovationsfähigkeit.

- 3) Nach FLASCHA / HANISCH / HARTMANN müssen in einer schlüssigen Strategie acht Determinanten Beachtung finden. Kein Teilbereich darf isoliert betrachtet werden [FHH08, S. 139ff.]:
- Markt – Welcher Markt soll zukünftig bearbeitet werden?
 - Produkt und Dienstleistungen – Welche Kunden sollen mit welchen Produkten / Dienstleistungen auf den anvisierten Märkten angesprochen werden?
 - Wettbewerb – Wer sind die Wettbewerber und wo gibt es Stärken und Schwächen?
 - Umsatz – Umsatzabschätzungen in den Markt-Produkt / Dienstleistungs-Kombinationen.
 - Produktion – Kernbereich mit der Frage: „Make or buy?“
 - Personal – Welche Humanressourcen sind vorhanden und werden benötigt?
 - Ergebnis – Welches Ergebnis soll erzielt werden?
 - Finanzierung – Welche Finanzierungsalternativen sind möglich?

Für die Erarbeitung der Strategiemerkmale des vorliegenden Beispiels wurde der Ansatz nach GAUSEMEIER / FINK auf Grund der sehr feinen Aufgliederung der Suchfelder verwendet. Eine Bewertung der dargestellten Ansätze hinsichtlich ihrer generellen Eignung für die Szenariotechnik soll an dieser Stelle aber nicht erfolgen.

2.3 Systemdesign

In der Phase des Systemdesigns entstehen die Strategieszenarien. Dazu werden je Schlüsselmerkmal alternative Ausprägungen herausgearbeitet. Dieser sehr kreative Schritt bestimmt die Spannbreite der Szenarien. Werden an dieser Stelle zahlreiche gegensätzliche oder kontroverse Möglichkeiten berücksichtigt, so werden auch die daraus abgeleiteten Strategieszenarien einen großen Raum von denkbaren Handlungsoptionen abbilden.

Die Basis für die Berechnung der Szenarien stellt die Konsistenzmatrix dar. Aus dieser werden im Sinne einer Kombinatorik in sich stimmige Kombinationen von Merkmalsausprägungen (sog. Strategiemerkmalausprägungskombinationen) berechnet [GPW09, S.81]. Diese setzen sich hierbei aus der Kombination jeweils eines ausgewählten Strategiemerkmals eines jeden Schlüsselfaktors zusammen. Die Berechnung der in sich stimmigen Kombinationen erfolgt mithilfe eines naturanalogen Optimierungsalgorithmus, welcher zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Algorithmen besitzt [GS09, S.1ff.]. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass das Optimierungsziel (optimale und widerspruchsfreie Kombinationen) über eine Zielfunktion frei definiert

werden kann. Die Zielfunktion wird schließlich zur Berechnung der Lösungsgüte für jede Strategiemerkmalsausprägungskombination angewendet.

Im einfachsten Falle summiert die Zielfunktion die Konsistenzwerte der Strategiemerkmalausprägungskombination. Zusätzlich wird gefordert, dass die Zielfunktion maximiert werden soll. Das heißt, es werden so lange Lösungen gesucht, bis nach bestimmter Zeit keine signifikant besseren Lösungen mehr gefunden werden.

Die Erweiterung der Zielfunktion durch Berücksichtigung von Nebenbedingungen oder die Gewichtung der Summierung ergibt genau die Freiheitsgrade, die im Rahmen des vorliegenden Beitrages dargestellt werden.

Die auf diese Weise berechneten (zumeist einige hundert) Lösungen sind in ihrer Anzahl jedoch noch zu umfangreich ist. Mit Hilfe der Clusteranalyse werden daher einander ähnliche Strategiemerkmalausprägungskombinationen zu Rohszenarien zusammengefasst. Dieser Schritt endet bei einer ausreichenden Anzahl von Rohszenarien, so dass die Vielfalt genau so groß ist, dass hinreichend interessante Strategieszenarien differenziert werden können und der Informationsverlust durch die Zusammenfassung der Lösungen nicht zu hoch ausfällt. In der Regel wird die Zusammenfassung bei drei bis sieben Rohszenarien beendet [GPW09, S. 82f].

Durch eine Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale eines jeden Rohszenarios (sog. Ausprägungen) in Form einer Tabelle (sog. Ausprägungsliste) entstehen am Ende dieser Phase als Ergebnis die zu betrachtenden Strategieszenarien. Je Szenario wird angegeben, welche Merkmalsausprägung mit welchem prozentualen Anteil je Szenario vertreten ist. Diese Bauanleitung der Szenarien ist mit einer DNA aus der Biologie vergleichbar (siehe Bild 2-2: Ein Szenario entspricht je einer Spalte.).

Es werden jene Ausprägungen unterschieden, die einen festgelegten Schwellenwert von mind. 25% übersteigen. Dann kann von einer relevanten Ausprägung gesprochen werden. Darüber hinaus gibt es folgende Unterscheidungen:

- Tritt eine Merkmalsausprägung nur in einem Szenario auf, so wird diese als *einzigartig* bezeichnet. Es kann hierbei noch zwischen *herausragenden* ($x > 75\%$) (Merkmal 2C – Geschäftsmodell / Strategieszenario 3) und *alternativen einzigartigen* ($25\% < x < 74\%$) (Merkmal 3B – Geschäftsmodell / Strategieszenario 4) Merkmalsausprägungen unterschieden werden.
- Treten Merkmalsausprägungen in mehreren Szenarien über 75% auf, so werden diese als *herausragend* bezeichnet (Merkmal 1A – Geschäftsmodell / Strategieszenario 1).
- Treten Merkmalsausprägungen parallel in einem Szenario auf, so werden diese als *alternative* Ausprägungen bezeichnet (Merkmal 16A & 16B – Geschäftsmodell / Strategieszenario 2).

Ausprägungsliste		Strategieszenarien					
Strategiemerkmale	Ausprägungen	Nr.	I	II	III	IV	V
Wettbewerbsstrategie	Preisführerschaft	1A	100	0	0	100	0
	Branchendifferenzierung	1B	0	100	0	0	0
	Gerätedifferenzierung	1C	0	0	97	0	100
	keine Differenzierung	1D	0	0	2	0	0
Kundenkategorie	Endkunde	2A	100	100	22	100	0
	Retailer	2B	0	0	2	0	100
	keine Spezialisierung	2C	0	0	76	0	0
Zielkundenpotential	Großkunden	3A	100	0	6	30	0
	mittlere Kunden	3B	0	0	6	60	0
	kleine Kunden	3C	0	0	7	0	0
	keine Spezialisierung	3D	0	100	80	10	100
:	:	:	:	:	:	:	:
Vertriebskanäle	Außendienst	16A	0	59	92	0	0
	Internet-Plattformen / Online-Shop	16B	100	40	3	100	60
	VK-Filiale	16C	0	0	3	0	40
Marketing	allgemein	17A	100	0	2	100	0
	lösungsorientiert	17B	0	100	95	0	100
	kein ausgeprägtes Marketing	17C	0	0	2	0	0

Bild 2-2: Ausschnitt der Ausprägungsliste (DNA) der Strategieszenarien

2.4 Szenariokommunikation

Im weiteren Bearbeitungsschritt werden relevante Wettbewerbsunternehmen identifiziert. Diese werden entsprechend der Merkmalsausprägungsliste bewertet, so dass je Unternehmen die relevanten Merkmale herausgestellt werden (Bild 2-3).

Branchenvergleich		Wettbewerber									
Strategiemerkmale	Ausprägungen	Nr.	1	2	...	16	17	18	betrachtetes Unternehmen		
Wettbewerbsstrategie	Preisführerschaft	1A	50	50	...	0	0	25			
	Branchendifferenzierung	1B	0	0	...	80	0	0			
	Gerätedifferenzierung	1C	30	10	...	20	100	25			
	keine Differenzierung	1D	20	40	...	0	0	50			
Kundenkategorie	Endkunde	2A	100	100	...	100	80	90			
	Retailer	2B	0	0	...	0	20	10			
	keine Spezialisierung	2C	0	0	...	0	0	0			
:	:	:	:	:	:	:	:	:			
Vertriebskanäle	Außendienst	16A	40	100	...	80	0	40			
	Internet-Plattformen / Online-Shop	16B	50	0	...	20	75	30			
	VK-Filiale	16C	10	0	...	0	25	30			
Marketing	allgemein	17A	80	80	...	20	80	100			
	lösungsorientiert	17B	20	20	...	80	20	0			
	kein ausgeprägtes Marketing	17C	0	0	...	0	0	0			

Bild 2-3: Ausschnitt des Wettbewerbsvergleiches am Beispiel des konkreten Anwendungsfalles

Da die Strategieszenarien und die Wettbewerber nach einer gleichen Struktur errechnet bzw. bewertet wurden, können diese Ergebnisse mit den gleichen Methoden

weiterverarbeitet und in den folgenden Schritt der Kommunikation überführt werden. Tabellen eignen sich dazu allerdings sehr schwer. Aus diesem Grund werden entweder Grafiken oder Texte der Strategieszenarien verfasst. Die Texte entstehen auf Basis der Ausprägungsliste und den Prosabeschreibungen der Strategiemerkmalsausprägungen.

Die grafische Darstellung wird mit Hilfe der statistischen Methode der multidimensionalen Skalierung (MDS) vorgenommen: Je mehr sich zwei Objekte inhaltlich ähneln, desto näher werden sie auch in der Grafik positioniert. Die inhaltliche Nähe entspricht somit auch der grafischen Nähe. Damit liegt die Kernaussage dieser Grafik in der Interpretation der grafischen Nähe einzelner Szenarien bzw. der dazugehörigen Wettbewerber. Der Aufbau der MDS erfolgt zunächst anhand der Szenarien zu denen im Anschluss die Wettbewerbsunternehmen zugeordnet werden. Diese Grafik wird auch „Landkarte des Wettbewerbs“ genannt (Bild 2-4). Bspw. hat das betrachtete Unternehmen eine deutliche inhaltliche Nähe zu Strategieszenario I (geringe grafische Distanz), ist gleichzeitig aber auch inhaltlich sehr weit von Strategieszenario V entfernt (hohe grafische Distanz).

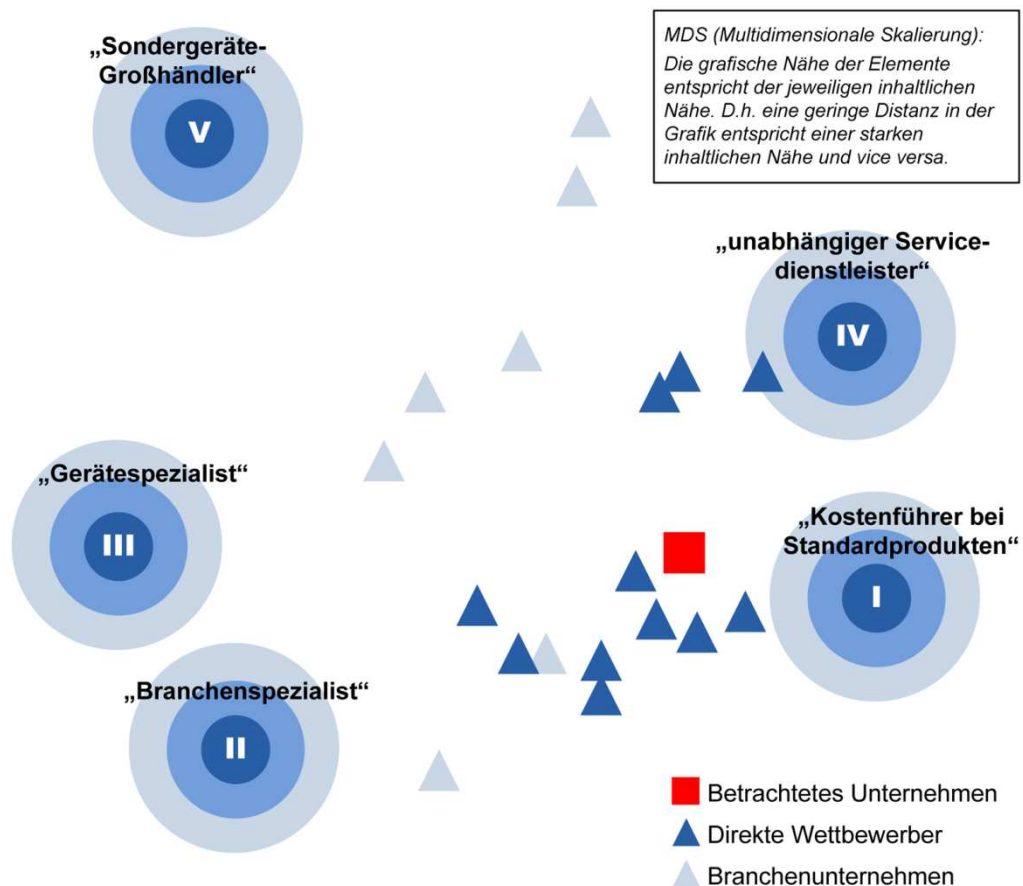


Bild 2-4: Landkarte des Wettbewerbs mit den Strategieszenarien und den Wettbewerbern im Beispielmärkte

2.5 Szenario-Controlling

Das System-Controlling dient als letzte Phase der stetigen Überwachung und Überprüfung aller Annahmen sowie Bewertungen des Systems im Rahmen eines Frühaufklärungssystems.

Alle Annahmen, die Charakteristika, deren Ausprägungen, die Einfluss-, Gewichtung- und Konsistenzbewertungen unterliegen einem stetem Wandel. Diesem muss ein Frühaufklärungssystem mit Indikatoren gerecht werden. Sollten sich Änderungen ergeben oder neue Merkmale bzw. Ausprägungen abzeichnen, so sind individuell einzelne Phasen der Szenarioerstellung erneut durchzuführen.

3 Gewichtete Szenarioerstellung

Die Beschreibung der gewichteten Szenarioerstellung erfolgt im Schwerpunkt anhand der beiden ersten Phasen zur Erstellung von Szenarien, der Systemanalyse und des Systemdesigns.

Es wird eine Vorgehensweise und deren Auswirkungen auf die Szenarioerstellung näher betrachtet. In diesem Kontext erfolgt die Beschreibung der Kopplung der Einflussmatrix mit der Konsistenzberechnung. Darüber hinaus erfolgt ein Ausblick auf weitere Forschungsergebnisse, die eine Steuerung des Szenarioerstellungsprozesses anhand von Erfolgsfaktoren aufzeigen. Hierzu werden die Erfolgsfaktorenbewertungen bei der gewichteten Szenarioerstellung herangezogen.

3.1 Beitrag der Einflussmatrix zur gewichteten Szenarioerstellung

Die Bewertung der Beeinflussung aller Charakteristika untereinander erfolgt mit Hilfe der Einflussmatrix. Hierbei handelt es sich um eine unsymmetrische Bewertung bei der beide Richtungen der Beeinflussung, von Merkmal A auf Merkmal B und vice versa B auf A, betrachtet werden. Folgender Bewertungsschlüssel wird zugrunde gelegt:

- „0“: für keinen oder nur sehr schwachen Einfluss
Wenn sich Merkmal A sehr stark verändert, hat das gar keinen oder nur sehr schwachen Einfluss auf Merkmal B.
- „1“: für leichten Einfluss
Wenn sich Merkmal A verändert, hat das schwachen Einfluss auf Merkmal B.
- „2“: für mittleren Einfluss
Wenn sich Merkmal A verändert, hat das mittleren Einfluss auf Merkmal B.
- „3“: für starken oder sehr starken Einfluss
Wenn sich Merkmal A nur leicht verändert, hat das einen großen Einfluss auf Merkmal B.

Bei der gemeinsamen Betrachtung beider Bewertungsrichtungen ergeben sich 16 mögliche Bewertungsfälle. Tabelle 3-1 zeigt die Abstufung der sich daraus ergebenden Gewichtung für die Szenarioerstellung in Abhängigkeit von den möglichen paarweisen Einflussbewertungen,

Tabelle 3-1: Gewichtungsfaktoren in Abhängigkeit der Bewertungen aus der Einflussmatrix

Bewertung aus der Einflussmatrix		Gewichtungsfaktor (entspricht dem Produkt der Bewertungen zum Quadrat)
A → B	B → A	
3	3	81
3 bzw. 2	2 bzw. 3	36
2	2	16
1 bzw. 3	3 bzw. 1	9
1 bzw. 2	2 bzw. 1	4
alle anderen Bewertungen		1

Aus Tabelle 3-1 wird ersichtlich, dass jene Strategiemerkmalspaare mit starker Beziehung (hohe Bewertung in der Einflussmatrix) einen hohen Gewichtungsfaktor besitzen. Diese starke Kopplung wird später in der Zielfunktion durch die Quadrierung der jeweiligen Einzelwerte überproportional berücksichtigt.

Der Wert der Zielfunktion dieser gewichteten Szenarioerstellung setzt sich aus der Summe der Konsistenzwerte zusammen, welche mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor je Strategiemerkmal multipliziert werden. Bild 3-1 zeigt exemplarisch die Berechnung des gewichteten Konsistenzwertes aus der Konsistenz- und Einflussmatrix.

Bei der in Tabelle 3-1 dargestellten Gewichtung handelt es sich um bisher heuristisch bestimmte Werte. Weiterführende Forschung wird die Werte sowie deren Abstufung näher untersuchen müssen.

Die Ergebnisse der Konsistenzberechnung können in bekannter Form als Ausprägungsliste aufbereitet werden. Die Szenarien werden in sich schlüssiger und enthalten weniger oder klarer getrennte Strategiemerkmalsausprägungen. Bild 3-2 zeigt die Unterschiede der Berechnung mit Gewichtung (G1, GII, GII, GIV, GV) und ohne Gewichtung (I, II, III, IV, V).

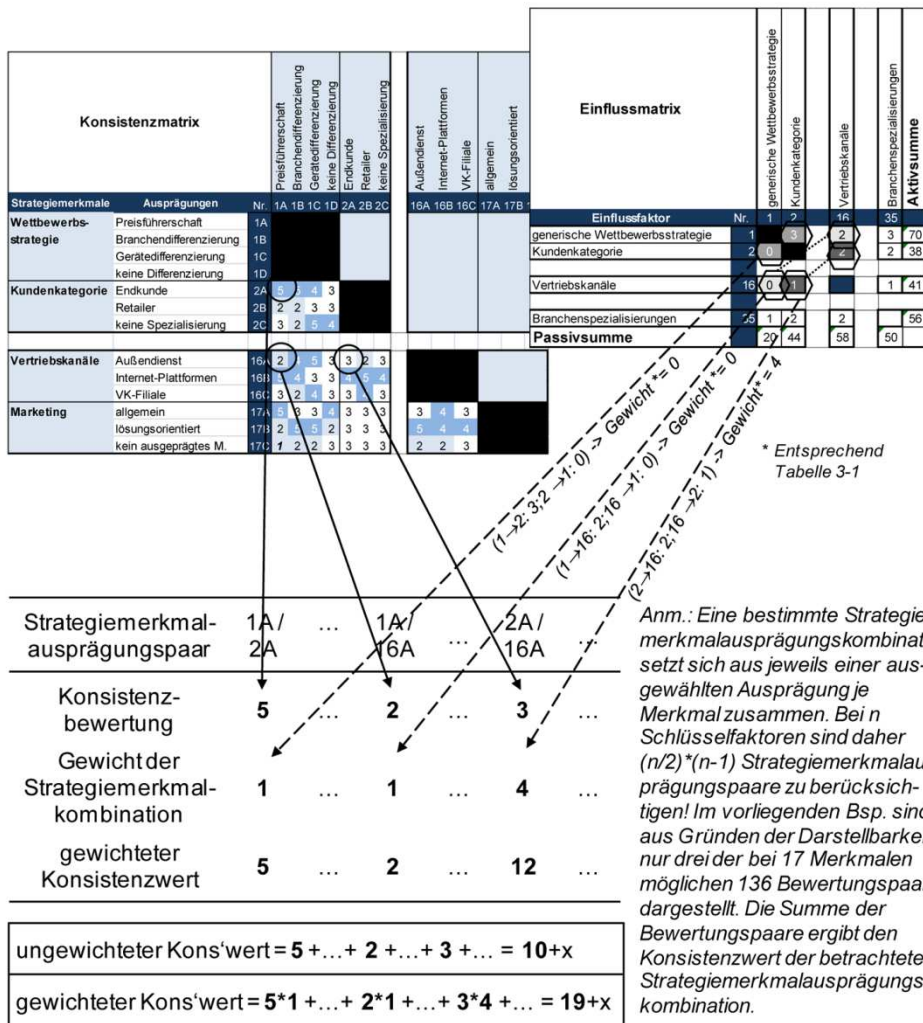


Bild 3-1: Berechnung des Konsistenzwertes mit Hilfe der Einfl.- und Kons'matrix

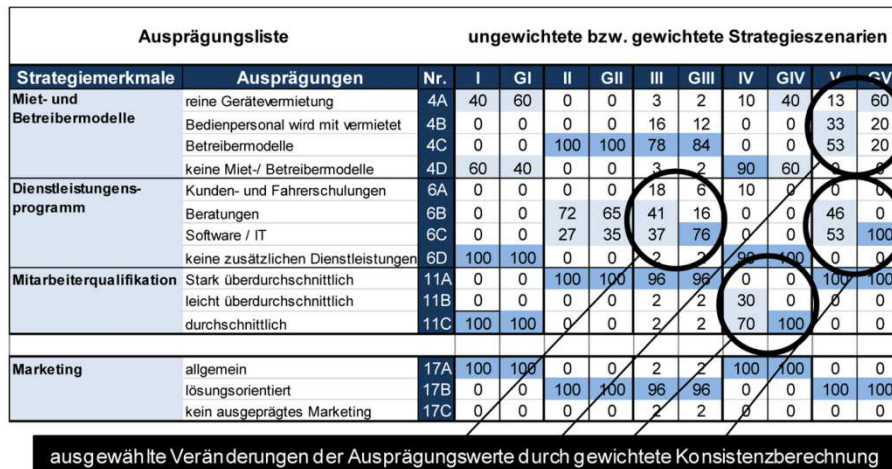


Bild 3-2: Beispiel einer Ergebnisübersicht in der Ausprägungsliste (ungewichtete und gewichtete Konsistenzberechnung)

Werden die Strategieszenarien in der Landkarte des Wettbewerbs dargestellt, so ergeben sich nur kleinere Positionsänderungen. Die relativen Aussagen bleiben nahezu gleich (siehe Bild 3-3).

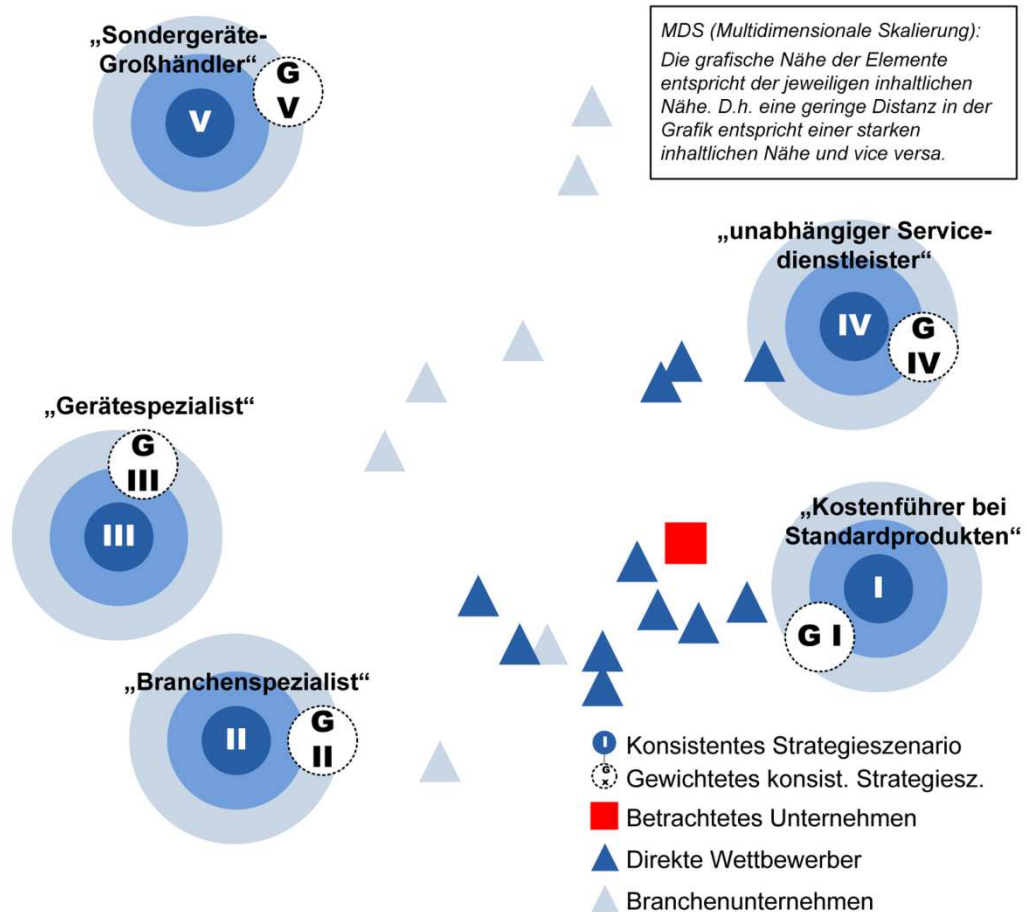


Bild 3-3: MDS der gewichteten und ungewichteten Strategieszenarien

Diese Gewichtungsmethode ermöglicht es, starke Abhängigkeiten der Schlüsselmerkmale aus theoretischer, strategischer bzw. operativer Abhängigkeit in die Suche nach konsistenten Strategieszenarien einzubeziehen.

3.2 Beitrag der Erfolgsfaktorenbewertung zur gewichteten Szenarioerstellung

Das folgende Kapitel zeigt zwei Wege der Strategieszenarioentwicklung als Anwendung der gewichteten Berechnung auf, bei denen sich jedoch die Motivation der Geschäftsausrichtung unterscheidet. Zum einen werden Strategieszenarien vor dem Hintergrund eigener Stärken und zum anderen bezüglich der sich im Markt ergebenden Chancen entwickelt.

Im Rahmen der Systemanalyse werden die Ausprägungen der Strategiemerkmale mit Hilfe einer geteilten Befragung aus heutiger Sicht bewertet. Ähnlich einer Erfolgsfaktorenbefragung erfolgt zum einen die Bewertung der *Bedeutung (Marktpriorität)* und zum anderen die der *eigenen Position* des Unternehmens (Unternehmenspositionierung). Im Idealfall werden diese Ergebnisse durch eine Fremdsicht, wie bspw. eine Kunden- oder Lieferantenbewertung abgesichert. Anschließend wird ein Erfolgsfaktorenportfolio mit den Achsen Marktpriorität (hohe / geringe Bedeutung) und Unternehmenspositionierung (Stärke / Schwäche) aufgebaut (Bild 3-4). Darüber hinaus können diese Ergebnisse in die Entwicklung der Strategieszenerarien bzw. Geschäftsmodelle mit einbezogen werden.

Wichtig bei dieser Betrachtung ist nur, dass die Marktbewertung zuvor aus heutiger und aus zukünftiger Sicht vorgenommen wurde. Die zukünftige Bewertung muss im Rahmen einer Interpretation von ausgewählten Referenzukunftsszenarien erfolgen, da diese, je nach Konstellation der übrigen Merkmalsausprägungen in den verschiedenen Referenzukunftsszenarien, von hoher oder entsprechend geringer Bedeutung in der Zukunft sein können. Referenzukunftsszenarien bilden in diesem Zusammenhang das in der Zukunft denkbare Unternehmensumfeld ab. Da es sich bei der Entwicklung von Strategieszenerarien bzw. Geschäftsmodellen um einen strategischen Vorgang handelt, der zukunftsgerichtet vorgenommen werden sollte, ist die Berücksichtigung der zukünftigen Bewertungen maßgeblich wichtig. *Denn der Erfolg von heute ist noch lange nicht die Garantie für den Erfolg von morgen.*

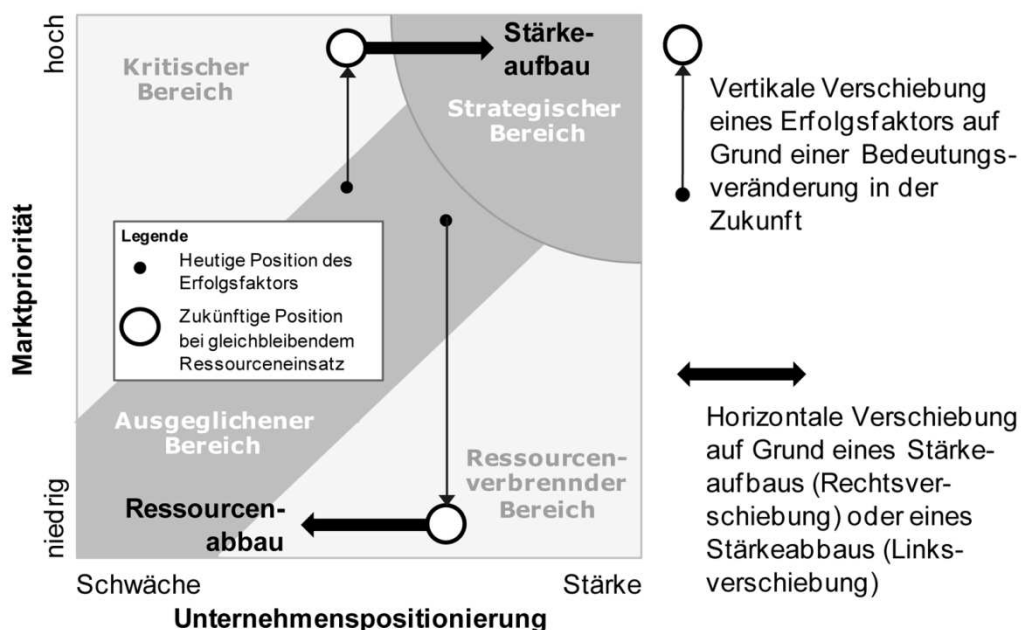


Bild 3-4: Erfolgsfaktorenportfolio mit ausgewählten Strategiemerkmalsausprägungen und deren Veränderungen aus heutiger / zukünftiger Sicht

Aus beiden Achsen des Portfolios lassen sich zwei Gewichtungsarten für die Konsistenzberechnung ableiten, die fundamentale Unterschiede in der Strategieentwicklung darstellen. In der Betriebswirtschaft werden die zwei Ansätze:

- *Ressource-based-view* (Bei diesem Vorgehensmodell orientiert sich die Entwicklung eines Geschäftsmodells sehr stark an den im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen und Stärken.) und
- *Market-based-view* (Bei diesem Vorgehensmodell orientiert sich die Entwicklung eines Geschäftsmodells sehr stark an den sich bietenden Möglichkeiten im Markt.)

unterschieden [HP94, S. 122ff.], [Por80, S. 1ff.]. Die beiden Ansätze werden in den Abschnitten 3.2.1 und 3.2.2 dargestellt.

Die Gewichtung für die Konsistenzberechnung erfolgt für beide Ansätze nach dem gleichen Schema. Die Bewertungsskalen reichen dabei jeweils von 1 (Schwäche bzw. niedrige Marktpriorität) bis 5 (Stärke bzw. hohe Marktpriorität).

Die Berechnung des (gewichteten) Ergebnisses erfolgt analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 3.1 mit Hilfe der Zielfunktion (siehe auch Abschnitt 3.3). Die aktuellen Gewichtungsfaktoren basieren derzeit auf ersten Erfahrungswerten. Weiterführende Forschung muss dies weiter untersuchen.

3.2.1 Ressourcenbasierte Strategieentwicklung

Im Zuge einer „ressource-based-view“-Strategieentwicklung erfolgt die Betrachtung eines Unternehmens anhand seiner Ressourcen und damit letztlich anhand der unternehmenseigenen Stärken und Schwächen [HP94, S. 122ff.]. Für die szenario-basierte Geschäftsmodellentwicklung bedeutet das, dass die Merkmalsausprägungen entsprechend ihrer Ausprägung als Stärke bzw. Schwäche in die Suche nach Lösungen einbezogen werden: Strategiemerkmalsausprägungen, die in der Dimension "Unternehmenspositionierung" als eindeutige Stärke bewertet wurden, werden somit mit einem höheren Gewicht versehen, als solche Merkmalsausprägungen, die aus Unternehmenssicht als Schwäche bewertet wurden.

Das bedeutet, dass die konsistenten Strategieszenarien solche Konstellationen darstellen, die eher den unternehmensbezogenen Stärken entsprechen. In der Zielfunktion können über die Gewichtung, welche sehr pointiert wirkt, hinaus fokussiert Strategiemerkmale hervorgehoben werden. Diese Vorgehensweise eignet sich insbesondere dann, wenn der Gestaltungsspielraum aufgrund begrenzter Ressourcen nur sehr gering ist. D.h. die Gewichtung der Strategiemerkmalsausprägungen beruht auf der Bewertung der heutigen Stärken / Schwächen-Situation des Unternehmens.

Andererseits können aber auch insbesondere im Zusammenhang mit einem bereits geplanten Ausbau bestimmter Stärken Strategieszenarien erarbeitet werden, die somit die zukünftige Stärken / Schwächen-Situation des Unternehmens widerspiegeln.

Somit eignet sich diese Vorgehensweise bei der Berücksichtigung der heutigen Stärken / Schwächen-Situation für den eher konservativ Planenden. Es werden jene strategischen Ausrichtungen identifiziert, die im ANSOFF'schen Sinne einer Marktdurchdringung entsprechen.

3.2.2 Marktorientierte Strategieentwicklung

Für die szenariobasierte Geschäftsmodellentwicklung bedeutet dieses Vorgehen eine Orientierung an den Chancen und Möglichkeiten, die der Markt bietet [Por80, S. 1ff.]. HOSKISSON et. al. heben die marktorientierte Positionierung eines Unternehmens als einen Stellhebel für Erfolg hervor [HHW+99, S.426f.]. Strategiemerkmalsausprägungen, die aus Marktsicht sehr bedeutend eingeschätzt werden, finden demnach starke Berücksichtigung bei der Suche nach Strategieszenarien. Daher ist es sinnvoll, anhand der heutigen Marktpriorität der Strategiemerkmale das heutige Geschäftsmodell zu validieren. Ebenso sollte ein Blick in die Zukunft die Suche nach zukünftig erfolgsversprechenden Geschäftsmodellen unterstützen und somit solche Strategiemerkmalsausprägungen hervorheben, welche insbesondere von zukünftig hoher Marktbedeutung für das Unternehmen sind.

Besteht zudem im Hinblick auf bestimmte Strategiemerkmale bzw. Strategiemerkmalsausprägungen bereits ein besonderes Markt-Know-how bei dem Unternehmen, so kann dieses über die gezielte Suche nach Lösungen berücksichtigt werden. Es können bspw. nur solche Lösungen berechnet werden, die zwingend die als erforderlich gekennzeichneten Merkmalsausprägungen enthalten.

Die Entwicklung von Strategien nach diesem Vorgehen berücksichtigen im ANSOFF'schen Sinne eher die Diversifikation, die Markt- bzw. die Produktentwicklung.

3.3 Umsetzung im Konsistenzalgorithmus

Wie bereits in Abschnitt 2.3 beschrieben, erfolgt die Konsistenzwertberechnung der Rohszenarien (Projektionsbündel) anhand eines naturanalogen Optimierungsalgorithmus. Dabei kommen im Detail Evolutionäre Strategien als eine Anwendungsform naturanaloger Optimierungsverfahren zum Einsatz.

Ein zentrales Element des implementierten Algorithmus stellt die Zielfunktion dar (vgl. Bild 3-5). Sie fungiert als „Informationsverdichter“ und konzentriert alle lösungsrelevanten Informationen des Projektionsbündels in einer Zahl: die *Fitness* eines jeden Individuums. Diese gibt letztendlich die Güte einer Lösung im Lichte der Optimierung an.

Jedes Rohszenario (Strategiemerkmalsausprägungskombination) stellt ein bestimmtes Individuum (Einzellösung) dar, welches hinsichtlich seiner Lösungsinformationen in Konkurrenz zu den restlichen Individuen steht. Es werden mit jeder Generation (Iterationsschritt) nur diejenigen Lösungen weiterverarbeitet, die die Zielfunktion herausragend erfüllen. Die Optimierung bzw. die Suche nach der optimalen Lösung wird dann abgebrochen, wenn die Zielfunktionswerte keine signifikanten Verbesserungen innerhalb weiterer Iterationsschritte erwarten lassen. Die Zielfunktion beinhaltet verschiedene Komponenten, im Wesentlichen den Konsistenzwert. Darüber hinaus können Nebenbedingungen verwendet werden.

Bei einer Realisierung von Nebenbedingungen (wie bspw. die Berücksichtigung der Ergebnisse der Systemanalyse) über die Zielfunktion kann die Fitness eines Projektionsbündels einerseits mit einem Strafterm (Reduzierung des Fitnesswertes bzw. der Lösungsgüte um einen bestimmten Betrag) belegt werden, wenn dieses die betreffende Nebenbedingung nicht erfüllt. Dieses würde dann auf Grund der nun reduzierten Fitness bei einer anschließenden Selektion (Auswahl zur Weitervererbung von Lösungsinformationen) mit höherer Wahrscheinlichkeit nicht für eine Rekombination (stochastisch basierte Vermischung von Lösungsinformationen) ausgewählt, bzw. nicht in die nächste Generation (Lösungsiteration) übernommen. Andererseits kann, wie im vorliegenden Fall, eine Gewichtung der einzelnen Konsistenzwerte vorgenommen werden. An dieser Stelle lassen sich insbesondere komplexe Nebenbedingungen realisieren. Im Detail erfolgt die Berechnung des Fitnesswertes über eine, je nach Art und Umfang der Nebenbedingungen anzupassende, mathematische Funktion:

- m: Individuum (Eine bestimmte Strategiemerkmalausprägungskomb.)
- S: Anzahl der Schlüsselmerkmale
- α_m : Strafterm Inkonsistenzen (Anzahl an "Einsen" oberhalb eines einzustellenden Grenzwertes), $\alpha_m \in [0,1] \subset$
- β_m : Strafterm partielle Inkonsistenzen (Anzahl an "Zweien" oberhalb eines einzustellenden Grenzwertes), $\beta_m \in [0,1] \subset$
- γ_m : Strafterm für fehlende Merkmalsausprägungen, $\gamma_m \in [0,1] \subset$
- k_{mij} : Konsistenzwert der betrachteten Ausprägungskombination im vorliegenden Projektionsbündels
- g_{mij} : Gewicht des betrachteten Konsistenzwertes k_{mij} aus der Berücksichtigung der Einflussmatrix oder der Erfolgsfaktorenanalyse
- p_{mi}, p_{mj} : Spezifische Merkmalsausprägungen des Individuums m in den Schlüsselmerkmalen i und j

Gleichung 3-1: Beispiel einer Zielfunktion zur Berechnung der Fitness eines Individuums

Die Parametrisierung der Strafterme sollte hierbei im Kontext der Einstellungen der übrigen Parameter des Algorithmus erfolgen, um eine optimale Lösungsfindung zu erreichen. Erste Berechnungen haben sinnvolle Werte zwischen 0,9 und 0,99 für α_m und β_m sowie Werte zwischen 0,5 und 0,9 für γ_m ergeben. Das bedeutet, dass Einzellösungen, welche (partielle) Inkonsistenzen bzw. fehlende Merkmalsausprägungen aufweisen, einen bestimmten Prozentsatz von ihrer Lösungsgüte verlieren. Hiermit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass diese Individuen aus dem Pool der besten Lösungen herausfallen und so im Optimierungsprozess nicht weiter betrachtet werden. Die Werte sollten insbesondere für α_m und β_m nicht zu niedrig gewählt werden, da ansonsten die Diversität der Lösungen (Vielfalt an Lösungsinformationen) während der Optimierung verloren gehen kann. Ursächlich hierfür ist der Umstand, dass Individuen trotz teilweise vorhandener (partieller) Inkonsistenzen sehr gute Lösungsinformationen (bestimmte Kombinationen von Strategiemerkmalsausprägungen) enthalten können.

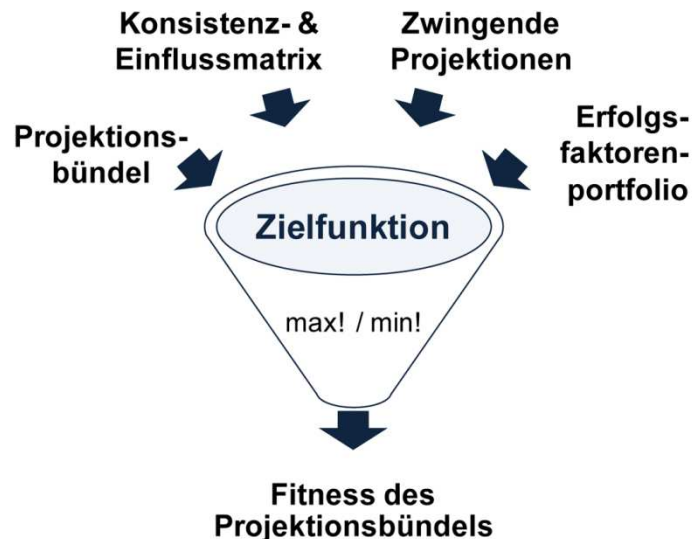


Bild 3-5: Arbeitsweise der Zielfunktion

Des Weiteren ist es möglich, nicht nur hinsichtlich möglichst konsistenter Szenarioszenarien eine Maximierung der Fitnesswerte vorzunehmen, sondern insbesondere durch Änderung der Optimierungsrichtung (Minimierung der Fitnesswerte) Szenarioszenarien zu erarbeiten, welche für bestimmte Stakeholder-Analysen unter dem Aspekt der Risikobetrachtung von besonderem Interesse sein können [Str07, S. 34].

4 Resümee und Ausblick

Die aufgezeigte Vorgehensweise ermöglicht dem Szenarioentwickler wesentlich präzisere Ergebnisse hervorzubringen. Die Möglichkeiten der Steuerung des Lösungsprozesses haben erheblich zugenommen. Darüber hinaus bleibt festzuhalten,

dass die dargestellte Methode nicht nur für Strategieszenarien, sondern für jede Form von Szenarien hervorragend geeignet ist. Weitere Anwendungsfälle stellen im Sinne der Parametrisierung der Zielfunktion weiteren Forschungsbedarf dar.

Die Konsistenzanalyse anhand der Ergebnisse der Systemanalyse anzureichern zeigt enorme Möglichkeiten für die Fokussierung der Szenarioberechnung. Darüber hinaus können gezielt jene Strategievarianten berechnet werden, die einer unternehmensspezifischen Ausrichtung entsprechen – markt- oder kompetenzorientiert. Im Sinne einer Simulation können verschiedene Stoßrichtungen untersucht werden. Die Schwierigkeit bei dieser Vorgehensweise liegt in der zweifachen Abhängigkeit von Matrizenbewertungen. Die Validität dieser Abhängigkeit ist ein weiteres Forschungsthema, um die dargestellte Methode abzusichern.

Darüber hinaus bleibt für weiterführende Forschung die Frage offen, wie die Ergebnisse aussehen würden, wenn die Ergebnisse der Systemanalyse und nicht nur die Ergebnisse der Vernetzungsmatrix oder Bedeutungsbewertung innerhalb der gewichteten Konsistenzbewertung Berücksichtigung finden würden.

Literaturverzeichnis

- [Bät04] BÄTZEL, D.: Methode zur Ermittlung und Bewertung von Strategievarianten im Kontext Fertigungstechnik. Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 141, Paderborn, 2004
- [FHH08] FLASCHA, K.; HANISCH, M.; HARTMANN, E.: Strategieentwicklung. Grundlagen – Konzepte – Umsetzung. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main, 2008
- [GFS96] GAUSEMEIER, J.; FINK, A.; SCHLAKE, O.: Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien. Hanser-Verlag, 1996
- [GPW09] GAUSEMEIER J.; PLASS, C.; WENZELMANN, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung. Hanser-Verlag, 2009
- [GS09] GRIENITZ, V.; SCHMIDT, A.-M.: Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis Evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien. 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 19. und 20. November 2009, Berlin, 2009
- [HHW+99] HOSKISSON, R.; HITT, M.; WAN, W.; YIU, D.: Theory and research in strategic management: swings of a pendulum. Journal of Management, Vol. 25, No. 2, 1999, S.417-456
- [HP94] HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K.: Competing for the future. Harvard Business Review, 72(4), S.122-129
- [KM02] KNYPHAUSEN-AUFSEB, D. ZU; MEINHARDT, Y.: Revisiting Strategy : Ein Ansatz zur Systematisierung von Geschäftsmodellen. In: Reding, K. (Hrsg.) et al.: Zukünftige Geschäftsmodelle, Konzept und Anwendung in der Netzökonomie, 2002, S. 63-89
- [Mar00] MARKIDES, C.C.: All the right moves: a guide to crafting break-through strategy. Harvard Business School Press, Boston, 2000
- [Por80] PORTER, M. E.: Competitive Strategy: Techniques for analyzing industries and competitors. New York, 1980
- [Sch46] SCHUMPETER, J. A.: Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie. Stuttgart, 1946
- [Stä02] STÄHLER, P.: Geschäftsmodelle in der digitalen Ökonomie. Dissertation, Institut für Medien- und Kommunikationsmanagement, Universität St. Gallen, Joseph Eul Verlag, Lohmar, 2. Auflage, 2002
- [Str07] STROMEIER, G.: Ganzheitliches Risikomanagement in Industriebetrieben, Deutscher Universitäts-Verlag, 2007

Autoren

Herr Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz ist seit 2007 Inhaber der Juniorprofessur Industrial Engineering im Fachbereich Maschinenbau (Institut für Fertigungstechnik) an der Universität Siegen. Diese Professur wurde gestiftet von der Firma Mubea. Herr Grienitz studierte Wirtschaftsingenieurwesen Fachrichtung Automatisierungstechnik und promovierte zu dem Thema Technologieszenarien. Er verfügt über langjährige Führungs- und Praxiserfahrung und leitete mehrere Jahre den Competence Center „Strategische Planung“ in der technologieorientierten Unternehmensberatung UNITY AG. Er ist Autor zahlreicher Veröffentlichungen zur Methodenentwicklung und -anwendung der Szenariotechnik. Darüber hinaus ist er Seminarleiter für Fach- und Führungskräfte zu den Themen strategisches Technologiemanagement sowie

Innovationsmanagement. Seine aktuellen Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Szenariotechnik, den frühen Phasen des Technologie- bzw. Innovationsmanagements sowie im Bereich der Fertigungsprozessmodellierung.

Herr André-Marcel Schmidt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Juniorprofessur Industrial Engineering an der Universität Siegen. Seine Schwerpunkte während des Studiums lagen in den Gebieten der Fertigungsplanung, -steuerung und -automatisierung, des Operations Research sowie Controllings. Seine Diplomarbeit absolvierte er zum Thema der Konsistenzberechnung innerhalb der Szenariotechnik mit Evolutionären Strategien. Herr Schmidt ist Co-Autor der "Branchenzukunftsstudie Automotive Südwestfalen 2015" und weiterer Veröffentlichungen zum Thema Szenariotechnik.

A 17 [GS10b]

Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference
A. Johnson and J. Miller, eds.

**Scenario-based generation of business models
considering market constraints**

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Abstract

Within the framework of business management the long-term strategy is the important parameter, especially for a company's future success. Due to turbulent surrounding conditions a fall back to existing patterns is mostly impossible. In this context, uncertainty is accompanied by plenty of complexity, i.e. relevance of different developments is unknown. The scenario technique supports at this point as one tool for managing systems complexity: By considering multiple (actual as well as thinkable) values of each single strategy parameter and their associated interconnectedness, consistent business models can be derived, since these can be described by a set of one single value per strategy parameter. Further on, market constraints can either be considered by taking indicators into account or by regarding environment scenarios, which describe possible future market surroundings. The present paper gives a comprehensive overview of deriving business models by means of scenario technique and taking market constraints into account.

Keywords

Scenario technique, Complexity Management, business models, market constraints

1. Preface

Scenario technique is a method for reducing complexity that helps to obtain a comprehensive system understanding in a structured manner. The complexity of the multitude of influences and therefore possibilities for different system statuses is reduced to a number that can be handled and communicated.

Primarily scenario technique was developed in order to anticipate the future. However, actual approaches also show a future-different applicability. For example, possible products can be thought ahead by means of product scenarios. This not only with future in mind - rather is it possible to benchmark the own products by regarding the most consistent and therefore most promising products [1]. The actual paper shows another approach for a not future-only application of scenario technique: the generation of business models with regard to market constraints. For an evaluation of the own actual business model it is essential that not only future market constraints have to be taken under consideration. Rather it is necessary to account for actual competitors' business models as well as for actual market constraints.

2 Generation of business models by means of scenario technique

Before a brief overview of the business model generation process can be given, it is necessary to outline the basic structure of a business model used for this approach. Since a strategy describes a company's way to achieve its vision, a business model describes the actual state on this way. With a reduction of complexity in mind, a *business model* is hence to be described by a *set of strategy parameter values*. As competitors and their vision have also to be considered, not only future (thinkable) strategy parameters' values have to be identified. Rather competitors' actual strategy parameters' values are also necessary for a comprehensive depiction of possible business models. Since the depicted business models do not necessarily match a company's actual business model, these can also be regarded as strategy scenarios: Future options for actions.

According to the general course of action within scenario technique, the generation of business models considering market constraints can be subdivided into four phases (cf. Figure 1): *System Analysis, System Composition, Scenario Communication and System Controlling*. Especially the first two phases support in the described process of

Grienitz, Schmidt

complexity reduction. Following PROBST, *complexity* can be described by means of *plurality* (number of strategy characteristics), *interconnectedness* (number of interconnections between the regarded strategy parameters) and the different *system statuses* [2]. In this conjuncture, the first two elements are covered by the *System Analysis* and the last is described by means of *System Composition*. The following paragraphs are supplemented by depictions of an actual example which handles business models for a service provider in the German forklift market.

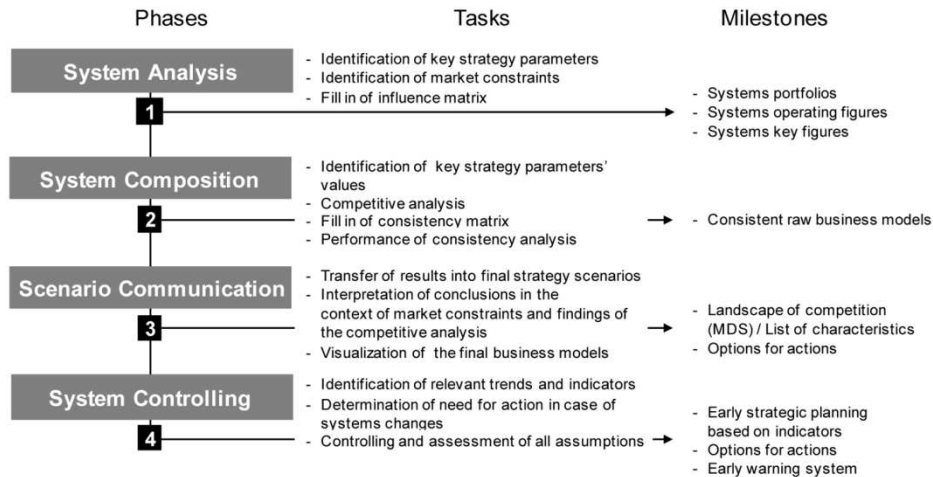


Figure 1: Phases of business model creation by means of scenario technique.

2.1 System Analysis

Hence a business model is to be described by a set of strategy parameters' values, at first all possible strategy parameters have to be identified. According to GAUSEMEIER and FINK, strategy parameters can for example be deflected from several areas of actions for options: *Position in competition* (e.g. product-market combination), *handling of the market* (market spectrum), *options for behavior as regards competitors and attitude to innovation*, *development of competencies* (e.g. formation of new competencies or processing new markets with present competencies) and *market service* (pricing, product development, etc.) [3]. Another approach is to describe business models by means of critical success factors. Based on these success factors, by means of a competitive analysis and a consideration of market constraints, critical levers for actual and future success can be determined. As a result, defined sets of these critical success factors can lead to consistent business models [4].

The resulting catalogue of parameters can contain between 30 to 80 strategy parameters. In this context, the *System Analysis* helps to reduce the number of parameters to so called key parameters by means of cross-linking and rating each parameter against each other (cf. Figure 2). I.e. it is necessary for each combination of two parameters to determine the degree of influence of the first parameter on the second and vice versa. This step helps to determine the degree of interconnectedness of each parameter. Finally, a parameter can be an indicator, a system lever, a highly cross-linked factor or an independent factor. After this step it is also possible to weight each factor against the remaining factors by answering following question: "Which of the two factors is more important for the creation of business models?". The higher the weight of a factor finally is, the more important it is for the description of the complex system. As a last step it is possible to determine the role of a parameter in the considered system [7]. With help of methods from Social Network Analysis, and especially centrality, a special parameter can be determined for example either as an interconnector in the system or as a follower. Besides these two aforementioned possible roles there exist several other roles that help to differ between the relevant (key parameters) and minor system influence factors. As a result, a parameter can be described by its degree of cross-linking, its weight and its particular role in the regarded system of parameters. This description suffices for a reasonable reduction of the catalogue of parameters to a *manageable* quantity of 10 to 20 key parameters. In the given example, the list of parameters could be reduced from 35 to 17 parameters.

Grienitz, Schmidt

Apart from the identification of key parameters, these have to be adequate to enable a differentiation between several business models. I.e. the final business models must consist of most selective parameters that result in most selective business models.

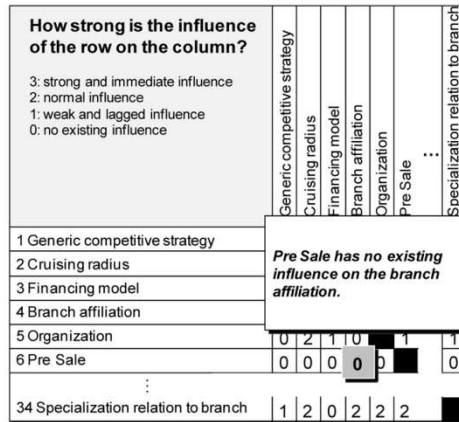


Figure 2: Crosslinking strategy characteristics by means of an influence matrix.

2.2 System Composition

The next step in the business model creation process is the *System Composition*. During this step, the strategy parameters' values, also referred to as projections, have to be identified. These values are delimitable and alternative strategic orientations of the regarded parameter. As aforementioned, not only actual parameters' values have to be considered - future or rather thinkable elements have also to be taken into account. In addition to this, a competitive analysis supplements the list of possible parameters' values (cf. Figure 3). The maximum number of possible projections cannot be defined exactly. Experience shows that four to five projections represent a very good spectrum of strategy parameters' values.

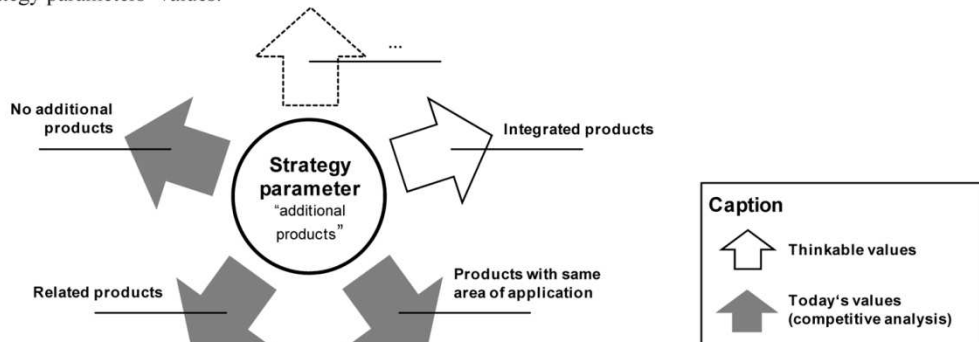


Figure 3: Identification of strategy parameters' values using the example of the strategy parameter "additional products".

The accuracy of the parameters' values identification determines in a most directly way the quality of the final business models. Hence it is indispensable to complete this step with parameters' values that can be clearly distinguished from another with regards to content and that are self-consistent. A set of one single selected value per particular strategy parameter afterwards represents a single raw business model. These raw business models are afterwards clustered to final business models. As soon as all parameters' values are identified, their joined appearance is assessed in a consistency matrix (cf. Figure 4). Possible ratings (consistency values) range from "not conceivable – total inconsistency" (1) to "lock and key – perfect match" (5). This matrix forms the basis for the calculation of the raw business models, i.e. the formation of consistent combinations of projections. Further on, only raw business models with the best inherent coherence and therefore plausibility are considered – these are at the central point of interest. Coherence is thereby determined by the sum of all pairwise consistencies assessed in the

Grienitz, Schmidt

consistency matrix or rather by the consistency sum. With most consistent business models (the finally clustered raw business models) in mind, combinations with the highest consistency sums have to be identified. The pairwise consistencies play a major role in the combinatorial process: All combinations (raw business models) containing a pair with a total inconsistency are considered as not coherent and are therefore rejected.

For the final business models it is highly important that each projection is explicated plausibly by a prose description. Since any combination of the prose text blocks has to be possible, these descriptions should not have references to each other.

Consistency matrix
Crucial Question: „How does projection A (row) goes along with projection B (column)?“

Rating of consistency
1 = not conceivable / total inconsistency
2 = conceivable with restrictions
3 = neutral or stand-alone
4 = good combination / fits well
5 = lock and key / perfect match

		Generic competitive strategy				Customer Category			...	Mar- ket- ing
		1A Cost leadership	1B Branch's specialist	1C Machine specialist	1D Stuck-in-the-middle	2A End customer	2B Retailer	2C No specialization	...	No definitive Marketing
Generic competitive strategy	...									
Customer Category	2A End customer	5	5	4	3					
	2B Retailer	2	2	3	3					
	2C No specialization	3	2	5	4					
	⋮									
Marketing	17C No definitive marketing	1	2	2	3	3	3	3	...	

Figure 4: Extract of the consistency matrix from the given example.

Due to an advancement of the used consistency algorithm by an adoption of Evolutionary Strategies it is hence possible to apply additional conditions to the calculation of the consistent business models [5]. Especially in case of strategy scenarios comprehensive evaluations are possible. At this point for example experts' opinion can be considered by means of fixing special parameters to special values, i.e. special business models can be derived. Another novel possibility is not to optimize regarding the maximum (the most consistent and promising business models), rather it is possible to search for the most inconsistent strategy scenarios. These can be useful for example for a risk reduction in terms of strategic orientation as these business models respectively strategy scenarios represent the worst combinations of strategy parameters' values.

2.3 Transfer

In the following step, the *Scenario Transfer*, similar solutions (the raw scenarios) are clustered together, resulting in a manageable number of business models (two to seven). In principle, the final number of business models is determined by the loss of information per aggregation step within the clustering process. One possibility that helps visualizing this information loss and choosing the correct number can be a scree diagram [6].

The final visualization of the business models can be realized in many ways. One approach is to visualize the business models in the graphic form of a table. This form is called "list of characteristics" or "DNA" of a business model. For every business models' characteristics, the frequency of occurrence per value is displayed in percentage. Since most differentiated business models are the target of the optimization, it is likely that their "DNA" differs much from the remaining business models (cf. Figure 5). At this point, trained scenario experts can read the business models already. However, it is also important to make them communicable for all persons involved in the business model development process. Therefore, the consistent business models can also be visualized by means of multidimensional scaling in a landscape of competition (cf. Figure 5). The multidimensional differences between the particular business models are reduced to mostly two dimensions. I.e. the differences with regards to content are condensed to a graphic distance in the landscape of competition. The closer the business models and therefore the competitors are the more equal they are as regards content and vice versa. This means that a strategic orientation respectively a prospective business model can be derived in case of closeness to the calculated (and consistent)

Grienitz, Schmidt

business models. Additionally, current competitors can be measured with the same “scaling”. By this means it is possible to position them in the same landscape of competition. I.e. it is possible to compare the own business model with the competitor’s ones.

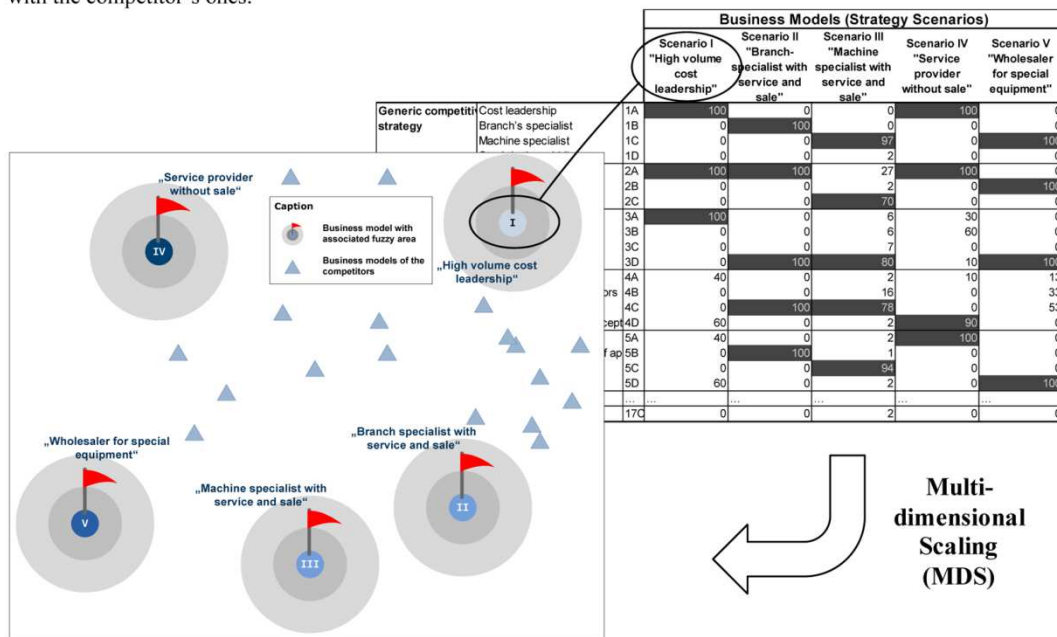


Figure 5: Consistent business models for a service provider in the German forklift market in terms of their respective “DNA” (right figure part) as well as in a landscape of competition (MDS, left figure part).

2.4 System Controlling / Consideration of market constraints

Up to now, only the business model creation process was described. However it is necessary to account for market constraints for a meaningful evaluation of the own actual business models or the created and prospective (future) business models. In this context, at first actual as well as future (thinkable) market constraints have to be identified. These depict the limiting aspects for each business model and are needed to assess the suitability of each business model in case of different possible market environments, which are finally described by means of the identified market constraints.

Once this step is completed, it is crucial to determine when a particular market constraint is of relevance, since all constraints won’t occur at the same time. At this point, indicators and trends can be used to predict the probable occurrence for each market constraint. A high funding rate for example can be an indicator for changing to a business model which focuses on key account customers (a specific strategy parameter’s value). Therefore indicators can be used indirectly to determine the influence of market constraints on the derived business models. These indicators and trends have afterwards to be monitored in order to pursue the right business model / strategy scenario in the respective situation. Therefore the strategic orientation has to change in order to anticipate the changing market constraints.

Another possibility is to describe the changing market surroundings with environment scenarios, which can afterwards also be connected to the consistent business models. On the one hand these can also be created by scenario technique. These are thereby not only based on market constraints, rather do they base on influence factors, which can comprehensively describe the market environment. On the other hand, environment scenarios can be compiled by scenario writing. At this point primarily two ways exist: At first, it is possible to elaborate scenarios by involving experts. In this context, these help to describe consistent scenarios by taking their present knowledge as well as their ability to correctly anticipate (near) future developments into account. At second, scenario writing can be performed by deducting environment scenarios for the regarded branch from more general scenarios that already

Grienitz, Schmidt

exist. I.e. the final environment scenarios for the regarded business models can be derived by regarding the effects of general scenario's developments. In the given example, scenarios from *Deutsche Bank Research* were used to derive the specific environment scenarios [8]. For example the development towards an (still) undissolved energy problem in the scenario "Expedition Germany" leads to a prevailing use of electric driven forklifts.

Aside from the creation of the environment scenarios as well as the identification of market constraints, these have to be rated in respect of each business model. I.e. it has to be specified which market constraint respectively environment scenario has a negative or even a positive influence on the eligibility of the consistent business models. This can simply be realized by setting them in contrast to each other by means of a rating system [cf. Table 1], taking all gathered information into account.

Table 1: Rating of the consistent business models eligibility with regards to the environment scenarios using the given example which handles business models for a service provider in the German forklift market.

	Scenario I "High volume cost leadership"	Scenario II "Branch specialist with service and sale"	...	
"Expedition Germany"	-	++	...	
"Opened drawbridge"	+	0	...	
"Standstill"	-	+	...	
"Wild West"	++	-	...	

++ lock and key / perfect match
 + good combination / fits well
 0 neutral
 - conceivable with restrictions
 -- not conceivable / total inconsistency

3. Conclusion

The present paper describes an effective way of deriving business models under the account of market restrictions. The essential benefit of the introduced method is the consistency of the elaborated business models. The system's underlying complexity can be reduced to gain a comprehensive overview of the landscape of competition. Therefore not only the own actual business model can be evaluated, in fact the own strategic orientation can be verified and changed when indicated. Since the development of business models by means of scenario technique (not future-only application) is relatively new, this approach has to be validated by further practical application.

References

1. Grienitz, V., Blume, V., 2008, "Strategic Planning of Future Products with Product Scenarios", Proceedings of the 2008 IEEE ICMIT, September 21-24, 374-379.
2. Ulrich, H., Probst, J. B., 1988, "Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln", Haupt, Bern/Stuttgart.
3. Gausemeier, J., Fink, A., 1999, "Führung im Wandel: Ein ganzheitliches Modell zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung", Carl Hanser Verlag, München et. al..
4. Grienitz, V., Ley, S., Schmidt, A.-M., 2009, "Scenario based future business models in automotive supply industry", Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference, May 30 – June 03, Miami, Florida, 403-408.
5. Schmidt, A.-M., 2009, "Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis Evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien", Diploma Thesis, University Siegen, Siegen, Germany.
6. Gausemeier, J., Plass, C., Wenzelmann, C., 2009, "Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung: Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen", Carl Hanser Verlag, München et. al..
7. Grienitz, V., Schmidt, A.-M., 2010, "Scenariobased Complexity Management by adapting the Methods of Social Network Analysis", Proceedings of the 2010 International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2010, April 6-9, not yet published.
8. Hofman, J., Rollwagen, I., Schneider, S., 2007, „Deutsche Bank Research – Deutschland im Jahr 2020 – Neue Herausforderungen für ein Land auf Expedition“, DB Research, Frankfurt am Main.

A 18 [GS10c]**Scenariobased Complexity Management by adapting the Methods of Social Network Analysis***Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz**Dipl. Wirt.-Ing. André-Marcel Schmidt**University of Siegen, Assistant Professorship Industrial Engineering**Paul-Bonatz-Straße 9-11, 57068 Siegen**Tel. +49 271 740 2520, Fax. +49 271 740 2512**volker.grienitz@uni-siegen.de, marcel.schmidt@uni-siegen.de***Abstract**

The scenario technique is an appropriate method which combines two basic ways of thinking: the possibility of considering multiple future and cross-linked thinking. Cross-linked thinking is a method that describes total interconnectivity in an environment with the objective to point out the most important elements in its network through the identification of key (influence) factors.

Currently the costs for the assessment, calculation and analysis of the scenario field environment are not in proportion to the (minor) importance in the entire scenario development process. This thought inspired the search for new methods in order to reduce the underlying complexity more effectively. This form of complexity management can assist in the successful analyse of new technologies, market developments, cultural changes and many other topics. One approach to reduce complexity is social network research by means of social network analyses. In this regard, the network analysis can be used for the reduction of key factors within the methodology and neutralise the current drawback.

Key words

Scenario technique, cross-linked thinking, complexity management, social network analysis

1 Scenario Technique

The successful business of today does not guarantee the success of tomorrow. Thus, it is in the nature of humans to try to predict the future. However it is almost impossible to do this in a reliable way.

Rather it is possible to consider alternative futures. Thereby it is important to know the appropriate tools as well as to work with the correct input. Time and again, projects dealing with future developments demonstrate that seemingly unspectacular results can be accomplished. The scenarios are only as spectacular as the facilitator and its team are willing to think ahead extreme developments.

In the literature and in the strategy departments, different approaches to the development of scenarios are presented. Generally distinctions are made between two approaches – the *Anglo-Saxon approach* (deductive scenario development) and the *European approach* (inductive scenario development).

1.1 Taxonomy of Anticipation

With regard to strategic decisions it is not that important to predict the future, but to anticipate it – to think ahead the future. This should include all potential and possible paths of development. Since investigation into future developments are generally very time-consuming, it is highly important to find the

right tools to ensure an appropriate economy between costs and benefits.

1.2 Instruments in Scenario Technique

The scenario technique is a method for reducing complexity against the backdrop of an underlying system comprehension. This means that complexity of the multitude of influences and of possibilities for development is reduced to a number that can be handled and communicated.

Due to the multitude of possible and events, a scenario can only depict a small part of the future – comparable to a photo camera in a dark room. The flash can illuminate a specific area in every detail. At the margins, however, the picture gets more and more blurred until complete darkness, losing all information content. *Therefore, a scenario is a description of a possible situation in the future with consideration of complex plausibilities.*

The first step in the scenario creation process is to define the question that is to be answered. If the scope of the scenarios is not clearly outlined at this point in the process, they lose their validity and effect. The effort would then not be justified and the results of the scenarios are challenged. Further the timeframe, a geographic localisation and the regarded subject need to be defined. In this connection a division of the subject's environment need to be made:

- The **scenario field** is described through the scenarios. As a general rule, it depicts exogenous factors that cannot be influenced by the observer. The framework requirements outline the future arena of action.
- The **field of action** describes an environment that can be changed through the scenarios, for example the company, the branch of business, the product or the technology. With the help of the field of action, the observer reacts to developments in the scenario field.

The scenario technique can be divided into 4 phases: systems analysis, systems composition, scenario transfer and systems controlling.

1.2.1 Systems Analysis

In the phase of Systems Analysis the **scenario field analysis** helps to identify all factors that influence the scenario field. All developments that can currently be observed are included and described in a non-judgemental way. In addition, the influence factors are further specified by a definition or classification so that the influence of each factor on the scenario can be clearly identified.

The resulting catalogue of factors can contain between 40-80 influence factors. The system analysis helps to reduce the number of factors to so called key influence factors and is conducted by cross-linking and rating each factor against each other. This influence factor analysis forms the basis for the actual proposal, where the methods of social network analysis will be applied.

Illustration 1 shows an extract from a matrix of influence, wherein influence factors are rated against each other.

How strong is the influence from the row onto the column? 3 strong and immediate influence 2 normal influence 1 weak and lagged influence 0 no influence	Industrial structure	Investment behavior	Global Sourcing	Logistics	Governmental regulations	Int. flow of products and service	...	Entry barriers
	Industrial structure							
Investment behavior								
Global Sourcing								
Logistics								
Governmental regulations	2	1	1	1		2		3
Intern. flow of products and service	1	1	2	3	1			0
...								
Efficiency of the innovation path	1	2	0	0	1	0		

Illustration 1: Matrix of influences [2], [3]

The system analysis answers the question: „Which factors are levers and which are indicators in a particular system?“. The respective of a factor is determined by the row total of the matrix of influences - the active sum. The passive sum equals the columns

total. Both key parameters are sufficient to describe the system adequately. A high active sum for example classifies the respective factor as a lever for the system, which can be used to influence the system directly.

According to Ulrich and Probst, complexity can be described by means of plurality (number of influence factors), interconnectedness (number of interconnections between the influences factors) and the different system statuses (scenarios) [7]. The step of system analysis in the scenario creation process covers at this juncture the first two elements.

1.2.2 Systems Composition

The next step in the scenario-process is the *systems composition*. At this stage, the focus is directed towards the future through the development of future projections. The identification and determination of future developments should rely upon trends that can be observed today. Weak signals indicate possible directions of development. Furthermore, projections should be supplemented by imaginable paths of development. When compiling scenarios, all projections have the same probability of occurrence. The maximal number of projections cannot be defined exactly. Experience shows that four to five projections of the future represent a very good spectrum of developments.

For the scenarios it is highly important that each projection is explicated plausibly by a prose description. These descriptions should not have references to other projections, since any combination of the text blocks has to be possible.

Once the creative step in systems composition is completed in form of the future projections for each factor, the scenario formation constitutes the development of the consecutive step. At this stage, the joined appearance of future projections is assessed in a consistency matrix.

This matrix forms the basis for the calculation of the scenarios, i.e. the complex formation of consistent combinations of future projections. Similar solutions are clustered together, resulting in a manageable number of scenarios (two to seven) in the graphic form of a table.

At this point, trained scenario experts can read the scenarios already. However, it is also important to make them communicable for all persons involved in the scenario development process. The first step is the visualisation of the scenarios as results from the multidimensional scaling in a landscape of the future.

Regarding the approach of Ulrich and Probst, this step in the scenario creation process covers the last element that is needed for successful describing complexity: the different statuses of the regarded complex system (scenarios) [7].

1.2.3 Scenario Transfer

In the following phase, it is important to integrate the scenarios into the strategic planning process. Hence the scenario field and the field of action are joined together. The consequences for every element (e.g. production, development of employees, product and service offer, etc.) are developed for each scenario in case this would come true (assessment in the light of the scenario). In a parallel process, opportunities and risks can be identified in order to derive strategies for action (alternative strategies) for the future.

Due to the natural limitation of resources of an organization, a consideration of all scenarios would be inefficient. For this reason, one or some reference scenarios have to be identified.

1.2.4 Systems Controlling

With regard to all projections it is necessary to identify how far certain developments can be detected already or whether revolutionary changes have to take place in order for a projection to come true. The results of the assessment are displayed as a trend in a landscape of the future. From this example (cf. illustration 2) it becomes clear that scenario 3 is the scenario that matches the expected developments in the future. The distance in the map of future describes the similarity of content. Little distance means great similarity and vice versa. Because scenario 1 is likely to occur if little changes in trends take place, it is important to prepare for this scenario as well. Scenario 2 can be regarded as an extreme scenario so that serious changes have to take place for this scenario to come true.

The key factors, the projections and other indicators have to be organised as a radar for the future, in order to be able to assess the relevance of each scenario at any time.

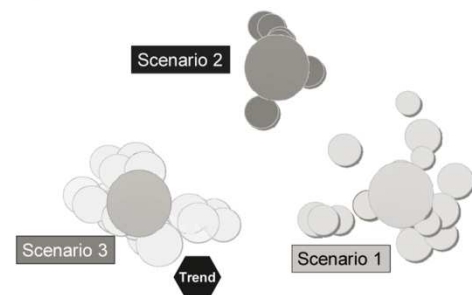


Illustration 2: Compilation of a reference scenario using a landscape for the future

2 Social Network Analysis

Subject matter of social network analysis is the clarification of the social order of personal networks. Essentially, two components are described. On one hand, there are the actors in the network. *Actors* can be individuals or groups, such as households or ethnic

groups. On the other hand, there are the (*social*) *ties* among these actors. Examples of such relationships can be friendships or capital dependencies [6].

The social network analysis with its extensive repertoire of statistical key indices provides visualisations of networks, i.e. visualisations of the social order. Thus, social network analyses represent a statistical tool box, but they also form a basis for the deeper theoretical analysis of the relationships among individuals and groups of individuals [5].

In this paper, approaches to the graphical and statistical analysis of social networks will be described and first explanations of the possibilities of transforming social network analysis for the scenario technique will be introduced. The matrix of influences functions as an example that includes the factors of the casting industry's immediate environment as well as its global environment.

Generally, the social order of a network can be depicted in two different ways: as matrixes and as graphs.

2.1 Socio Matrix

In order to illustrate the ties between a set of actors, graphic realisations in form of a matrix are used. The socio matrix is built in a way that the lines and columns represent the actors. Thus, we are dealing with a quadratic N*N-matrix. If the relationships of the socio-matrix are attached with different importance, a *weighted matrix* is generated. In the fields of a weighted matrix, the frequency or the intensity of the relationship x_{ij} of an actor of a respective line *i* to an actor in a column *j* is defined.

Since it is assumed that every actor in the matrix can be a sender and a receiver of ties, it is true for directed relationships that the actors in the lines are the senders and the actors in the columns are the receivers of the respective relations. Furthermore, the results of *directed ties* are *asymmetric matrixes*, whereas *undirected ties* always result in *symmetric matrixes* [5].

In the scenario technique, the influencing factors are written in lines as well as in columns of the matrix of influences. Since the question "How does factor A influence factor B?" differs from the question "How does factor B influence factor A?", we are dealing with an asymmetrical matrix (cf. illustration 1). This matrix is comparable to a socio matrix.

2.2 Contact Matrix / Adjacency Matrix

The adjacency or contact matrix is a matrix that depicts the existence of relationships, symbolised through a "0" or a "1". A *binary, unweighted matrix* is created, which is also called adjacency matrix or contact matrix [5]. The influence matrix of scenario technique can be transformed in to an adjacency matrix simply by changing all relationships not assessed with "no influence" to a "1". By reason the

strength of influence is not considered, just the existence of a relationship is important.

2.3 Sociogram

The information from the adjacency matrix can also be realised as a graph (sociogram) without losing any information (cf. illustration 3).

The actors of the network are realised as nodes and their relationships (ties) are drawn as lines. If *directed relationships* between the actors exist, also the lines are directed and graphically realised as *arrows*. If these relationships are *undirected*, however, they are called *edges* [6].

The organisation of the actors does not follow any rules. Their positions and their distances as well as the length of the lines do not have any network analytical meaning [5, p. 92].

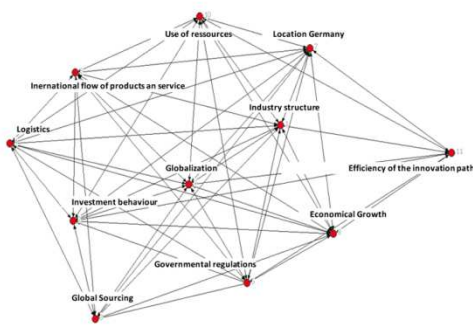


Illustration 3: Example of a directed graph [1]

2.4 Distance Matrix

The mathematical graph theory makes it possible to deduct proximity and distance from the displayed networks. These concepts do not consider the physical path lengths from the sociograms. Only those *paths* are considered that allow one actor to reach another actor. The length of the paths between two actors is called *distance*, whereupon the distance between two directly connected actors is scaled at 1. In a network, two actors can often be reached on different paths. For this reason, the length of the shortest path between two actors is called *geodesic distance* [5].

2.5 Characteristics of Networks

The social network analysis offers extensive indices for the description of specific characteristics of networks, whereupon most of the indices are developed theoretically with the help of graphs.

The speed with which an innovation spreads across a network, for example, is dependent on the connectivity of the network. Actors in a central position within the network will know about new innovations more quickly than actors situated in the

peripheral parts of the network [5]. The connectivity of the network and the centrality of the actors are only two of the characteristics that will be looked at in the following.

2.5.1 Density

The *density* Δ of a network k is an indicator for the connectivity of the group under observation. The density is defined as the ratio between the number of realised ties and the number of relationships that are basically possible (cf. Equation 1).

$$\Delta_k = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{ijk}}{N(N-1)} \quad (1)$$

Thereby x_{ijk} is the element of the adjacency matrix k in the line i and in the column j .

For the chosen sample network with $N=11$ actors there are $N*(N-1) = 11*10 = 110$ possible ties. The relationships of actors with themselves are not considered.

The number of realised ties equals the number of ties in the adjacency matrix or the number of indices that are higher than zero in the matrix of influences. In our example there are 92 realised ties and therefore the network density is 0.84. In a network where each actor is connected directly with every other actor, the theoretical maximum of the density = 1 is achieved [6].

With the help of the density of a network, it can be checked in how far sets of influencing factors are suited for the compilation of scenarios within the scenario technique. If the density of the network is too low, the influences of the individual factors among each other are only sporadic. A scenario compiled with these factors could be very perfunctory and thus only gives little insight into the issue under investigation.

2.5.2 Cohesion

The *cohesion* G is another index that describes the connectivity of a network (cf. Equation 2). It is defined as ratio between the number of realised mutual relationships (reciprocal ties) and the number of dyads (ties between only two actors). The number of dyads is calculated using the formula $(N*[N-1]/2)$.

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (x_{ij} * x_{ji})}{[N(N-1)/2]}, \text{ for } i < j \quad (2)$$

The number of realised reciprocal ties can be calculated by converting the adjacency matrix in a way that only reciprocal relationships with the value 1 and one-sided relationships with the value 0 are included (exclusively symmetrical conversion) [5, p. 112]. For the matrix of influences that has been chosen as an example matrix in total, 41 reciprocal ties can be calculated.

The number of dyads on the basis of $N=11$ actors equals 55 ($N*[N-1]/2 = 11*10/2 = 55$). The resulting cohesion for the example network would then be 0.75.

Networks with high values of density and cohesion are also called *strong-tie-networks*, whereas networks with low values of density and cohesion are called *weak-tie-networks*.

Within scenario technique, the cohesion can be seen as an index for the interrelation of a situation. The higher the cohesion of a network, the stronger are the interrelations between the factors and the stronger are the feedback reactions to changes in these factors.

2.5.3 Indices of Centrality

Apart from density and cohesion there are other indices for describing social networks. These are the degree centrality (with in-degree and out-degree), the closeness centrality and the betweenness centrality. These describe the characteristics of individual actors and not the characteristics of the entire network.

Degree Centrality

The degree centrality informs about the number of ties an individual actor has. In symmetrical networks, the number of incoming ties equals the number of outgoing ties. With regard to asymmetrical networks it is distinguished between the in-degree and the out-degree.

The in-degree is the sum of all incoming ties of an actor and mirrors his prestige. The out-degree, on the other hand, is the sum of all outgoing ties of an actor and can be interpreted as the expansivity of this actor [6].

The principle of degree centrality is used in the scenario technique already. Simply the names vary. In the scenario technique, the out-degree equals the active sum and the in-degree equals the passive sum (cf. chapter 1.2.1).

Closeness Centrality

The density and the degree centrality can give a first impression of the interdependence of a network and of the number of the actors involved. However, they cannot give an impression of the structure of the network. Due to this deficit, we take a look at the closeness centrality in order to calculate the integration of the actors in the network [4].

The basic idea behind the concept of integration is very simple: An actor who can reach all the other actors over a short distance is relatively autonomous. If he has a closeness centrality of 1, he is completely autonomous and can reach every other actor in the network over a direct tie. In comparison, an actor who has to bridge long distances in order to reach the other actors is dependent on the willingness of the other actors to provide him with resources [6].

The closeness centrality of an actor n_i [$C_c(n_i)$] is the ratio between the number of nodes that he can reach and the sum of the geodesic distances d_i of an actor n_i

compared to all other actors n_j in the network [5] (cf. Equation 3).

$$C_c(n_i) = \frac{n-1}{\sum_{j=1}^n d(n_i, n_j)}, \text{ for } i \neq j \quad (3)$$

For directed networks the closeness centralities for incoming and for outgoing ties can be calculated, i.e. in-closeness and out-closeness.

The closeness centrality and the degree centrality of a factor are in a direct logical relation to each other. The more a specific factor can influence other factors, the higher is his out-degree or his active sum. The principle of closeness centrality is not explicitly mentioned in the scenario technique, but it is examined indirectly by considering the active sums of factors.

Betweenness Centrality

The indices of centrality that have been discussed so far only consider the number of the ties and the integration of the actors. This holds the danger that actors having many, but redundant relationships are seen in a more central position than actors that are in critical positions of the information flow [4, p. 42]. For this reason, a third interpretation of centrality, the *betweenness centrality*, is introduced. The betweenness centrality measures the degree of control that an actor can exercise over other actors in the network. The control of one actor is higher the more other actors in the network are dependent on him as a "mediator" of information and resources [6].

In order to determine the betweenness centrality of an actor n_i , for each pair of actors n_j the probability [$b_{jk}(n_i)$] that the communication between n_j and n_k will take place via the actor n_i is calculated. This probability equals the ratio between the number of geodesic paths between n_j and n_k that run via n_i [$g_{jk}(n_i)$] and the total number of geodesic paths between n_j and n_k [g_{jk}]. The betweenness centrality [$C_B(n_i)$] can be calculated by summing up all probabilities for all dyads (cf. Equation 4).

$$C_B(n_i) = \sum_{j < k} \sum_k b_{jk}(n_i), \text{ for } i \neq j \neq k \quad (4)$$

with $b_{jk}(n_i) = \frac{g_{jk}(n_i)}{g_{jk}}$

In order to be able to compare the values for different actors in networks of different sizes, the betweenness centrality is standardised on the basis of the number of dyads to which n_i does not belong $[(N-1)*(N-2)/2=45]$. A standardised betweenness centrality of $C_B(n_i)=1$ means that the actor n_i functions as a mediator of information for every pair of actors and that he exercises the maximum degree of control over the other actors in the network.

The betweenness centrality is an instrument for measuring the agency operations and the control of the

factors within a network resulting from this. However, it is not considered in the scenario technique.

3 Choice of Key Factors

This chapter gathers the specific values from the scenario technique on the one hand (active and passive sum) and the social network analyses on the other hand (normalised betweenness centrality) relating to the given example (cf. chapter 1.2.1, cf. table 1). At this juncture the active and passive sums as well as the normalised betweenness centralities have to be sorted in descending order by their particular rank with a view to the total use of the portfolios drawing area.

Key Factors	Nr	Passive sum	Active sum	Norm. betweenness
Industry structure	1	9	8	0,04
Investment behaviour	2	10	6	0,04
Global Sourcing	3	8	7	0,01
Logistics	4	8	8	0,01
Governmental Regulations	5	6	10	0,03
Int. flow of products and service	6	8	9	0,02
Location Germany	7	10	10	0,08
Economic Growth	8	10	9	0,06
Globalization	9	9	10	0,06
Use of resources	10	8	9	0,05
Efficiency of the innovation path	11	6	6	0,02

Table 1: Specific values of the given example in context of scenario analysis and social network analysis

Illustration 4 depicts the current process of choosing key factors in the scenario development process. Those factors are chosen as key factors that are situated above a chosen borderline. The illustration also shows that on the basis of the betweenness centrality, different factors need to be chosen as key factors. Especially the factor number 10 “use of resources” is – seen against the backdrop of volatile commodity prices – a necessary factor for the description of meaningful future scenarios. The selection of the factor “industry structure” is valid, since the scenario development is concerned with the description of the environment of a branch of business.

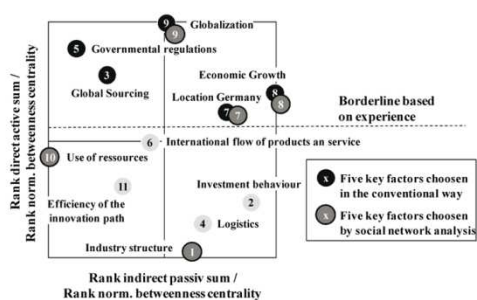


Illustration 4: Systems portfolio with different choice of key factors.

Through an application of one of the most central characteristics of social network analysis – the

betweenness centrality – the necessity of considering further indices in order to choose key factors becomes clear. Factors appearing to be relevant are preferred to factors that are important for the system as a whole.

4 Conclusion

This paper lays the foundation for extensive innovations in the field of network analysis. Hereby it is of particular importance that scenario field analysis can be designed in a more intelligent and more meaningful way by including further key characteristics respectively indices into the analysis. This new approach justifies an extensive assessment of matrixes in the early phases of the scenario technique.

In addition this paper underlines the importance of scenario technique with regard to complexity management, whereby scenario technique is an established module dealing with future complexity.

The conventional approach through a simple cross-linked analysis of factors would have not allowed the identification of key system relevant factors. Though it is possible to weight factors in the actual cross-linked analysis during the systems analysis, a new dimension to solution quality is added: The role a key factor plays in the regarded system. For example it can be determined as a connector between relevant factors or even as a gatekeeper in the network of key factors.

Concluding, first implementations in practical projects (scenario-projects, case study on the local automotive supplier industry in South-Westphalia in Germany, etc.) highlight the surplus profit of the proposed method.

References

- [1] Borgatti, S.P.; Everett, M.G.; Freeman, L.C.: *UCINET 5.0 Version 1.00*. Natick: Analytic Technologies, 1999.
- [2] Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.; Kallmeyer, F.: *Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. Carl Hanser, München 2001.
- [3] Abschlussbericht: Gießerei 2010 – Strategien für die deutsche Gießereiindustrie, VDG – Verein deutscher Gießereifachleute, Düsseldorf, 2001.
- [4] Holzer, B.: *Netzwerke*, transcript Verlag, Bielefeld, 2006.
- [5] Jansen, D.: *Einführung in die Netzwerkanalyse*, 2. Auflage, Leske und Buderich, Opladen, 2003.
- [6] Lang, H.; Schnegg, M.: *Netzwerkanalyse, Methoden der Ethnographie*, Heft 1, 2002.
- [7] Ulrich, H.; Probst, J. B.: *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*, Bern/Stuttgart, Haupt, 1988.

A 19 [GS11b]

*Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference
T. Doolen and E. Van Aken, eds.*

Derivation of core competencies with help of success factor analysis

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Abstract

Two of the strategic goals of every company are to ensure long-term success and to create future advantages in competition. However, the strategic prediction sometimes does not get enough attention, especially in small and medium-sized companies. The reasons for this are quite obvious: High pressure of competition, day-to-day business and operational decisions are the issues that attract most of the corporate management's attention. In this context, strategic success factors denote qualities that allow a company to achieve long-term, above-average results in comparison to its competitors and an identification of the company's strengths and weaknesses. At first, the relevance of the success factors as well as the position of the company in comparison to the competition is investigated from an internal sight. The results are afterwards depicted in the so called success factor portfolio. If possible, the rating of the success factors should be at second assessed likewise from an external point of view - for example by customers or suppliers. With help of the success factor portfolio, different kinds of factors (critical, overrated, strategic and balanced) can be derived. As a result, the strategic success factors should provide the basis for the development and the adjustment of the company's strategy and core competencies respectively.

Keywords

Success Factor, Success Factor Portfolio, Business Strategy, Strategic Success Factors, Competitive Analysis

1. Introduction

The main objective of this paper is to provide an easy, but efficient toolset or rather methods especially for small and medium-sized companies that allow for a long-term establishment of strategic product and process planning. The intensive preoccupation with strategic success factors has established itself as an efficient instrument within strategic planning [1]. The identification, actualization und utilization of the success factor concept can be a starting point for a systemic analysis of the companies' success respectively failure.

Even though many publications already discussed (critical) success factors, especially for an effective project management or a successful integration of IT, only a few authors propose a rating of the identified success factors [2,3]. Per definition, these authors regard the success factors' high relevance as immanent. Some authors additionally propose a framework / method for the comprehensive identification of success factors [2]. But in general, success factors are therefore mostly rated one-dimensional: Only the relevance of the regarded factors is regarded - and determined as very high by the assessment of the factor as a success factor. By doing so, some other - but very important - aspects are disregarded. On the one hand, the own strength and investment of resources respectively determines in a significant way the ability to fulfill the requirements as regards the success factor(s). Therefore, no statements can be made as to the efficient use of resources. On the other hand, no meaningful comparisons can be performed. At first, it could be for example of interest whether the own assessment of the (success) factors matches an external sight - as regards both dimensions: relevance and own strength. Questions like "Do we focus on the right success factors?" or "What are our weaknesses / strengths as regards the success factors? Where have resources to be invested / disinvested?" can therefore be answered.

At second, the success factors' relevance in the future can be assessed for example by Trend- and Delphi-studies or scenario technique. By doing so, (future) options for actions can be deducted. For example, it can be stated whether the strategic success factors, which determine the present company's success, are of similar relevance for the future success - or even lose in relevance (cf. chapter 3) and hence the used amount of resources can reduced respectively invested in other areas that are characterized by success factors that gain in relevance.

Grienitz, Schmidt

2. Success Factors and Core Competencies

Strategic success factors denote qualities that allow a company to achieve long-term, above-average results in comparison to their competitors. Especially the success factor portfolio turned out to be particularly suited for small and medium-sized companies. The success factor portfolio is a method that is not too complex, but that, at the same time, allows for an identification of the strengths and weaknesses of a company. The aim is to identify the integral success factors of a company and to use these as advantages in competition.

Possible success factors are to be identified at the start of the analysis. Wherever possible, this should be done in a trans-disciplinary and ideally heterogeneous team. The optimal solution for the first implementation of the success factor portfolio is to include an external moderator. This has got the advantage that the success factors are also chosen with regard to external factors and are not only affected by the company's internal point of view.

Within the success factor portfolio it can be distinguished on the one hand between product-specific factors (for example operating costs, ease of operation etc.) and industry-sector-specific factors (e.g. logistic performance) and on the other hand between internal factors (for example scope of engineering, delivery time etc.) and external factors (e.g. understanding of customer requests, marketing etc.). The choice of success factors should be specified for the respective industry sector or for the respective products. The industry-sector-specific and independent identification of relevant factors results in a detailed examination of the business situation of a company. Ideally, a total number of twenty success factors should not be exceeded. The relevance of the success factors as well as the position of the company in comparison to the competition is investigated with the help of a questionnaire. Figure 1 shows a small detail of a complete questionnaire.

The filled in questionnaires form the basis for the development of the success factor portfolio. In the success factor portfolio, the relevance of the success factors to the market is depicted on the ordinate, whereas the company's position constitutes the abscissa. However, in practice, it turns out that there is not always accordance between the assessed relevance and the company's position. This fact illustrates one of the most important reasons for the use of a success factor portfolio. Basically, the success factor portfolio can be divided into four characteristic areas (cf. figure 2):

- **Critical success factors:** These are success factors describing the downright weaknesses of a company. Therefore, critical success factors indicate immediate need for action (e.g. success factor 2).
- **Overrated success factors:** As to these factors, the company occupies a strong position - even though the factors are not of crucial significance for the success of the company. Thus, it needs to be investigated, whether unjustified amounts of resources are bound in order to occupy such a strong position [4] (e.g. success factor 1).
- **Balanced success factors:** These factors are success factors where the relative position of the company equals the relevance of the success factor (e.g. success factor 3).
- **Strategic success factors:** These are success factors representing the current success of a company. The relevance to the market is rated as very important and the company occupies a distinctive strength (e.g. success factor 4).

Isolated core competencies per se do generally not guarantee a company's success. In fact, a target-orientated bundling of the competencies is needed. Since a company can be regarded, besides its products and services, as a portfolio of core competencies, it is necessary to align these core competencies with the strategic alignment of the company's strategic business units – and in particular to emphasize on the right core competencies [5]. Since the strategic success factors are directly deduced from the customers' view, core competencies should lead - just as the success factors - to value proposition elements. In this context, strategic success factors can be regarded as an operational method for the required systemic coordination. On the one hand, the strategic success factors represent the market's requirements or rather the customer's preferences. On the other hand, the company's core competencies represent the company's abilities to fulfill these requirements. In consequence, from a detailed comparison of both sides, need for action can be deduced – for example as regards the requirement to develop new core competencies or the opting out of strategic business units that have or will become less important [9].

Grienitz, Schmidt

Questionnaire "Success Factor Assessment"

Success Factors

This questionnaire helps to identify crucial success factors that form the basis for your company's actual success.

At first, please characterize the relevance to the market for each specified success factors. Please use the scale from "no relevance" to "very high relevance" for the assessment.

At second, please characterize the position of your company with regard to the success factors. Possible ratings range from a possible "weakness" (i.e. your company sees an immediate requirement for improvement) to a "distinctive strength" (i.e. your company has a unique strength concerning the regarded success factor).

1. Active market investigation Early and opportune recognition of trends, opportunities and threats	Relevance	no relevance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	very high
	Own position	weakness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distinctive strength
2. High customer satisfaction Existence of long-term customer relationships	Relevance	no relevance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	very high
	Own position	weakness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distinctive strength
3. Sales expertise Efficient and successfully positioning of the own products and services on the market	Relevance	no relevance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	very high
	Own position	weakness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distinctive strength
4. Mergers & Acquisitions Active (Strength) / passive (Weakness) participation with regard to Mergers & Acquisitions	Relevance	no relevance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	very high
	Own position	weakness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	distinctive strength
5. Focus on few areas of operations	Relevance	no relevance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	very high

Figure 1: Small detail of a success factor questionnaire

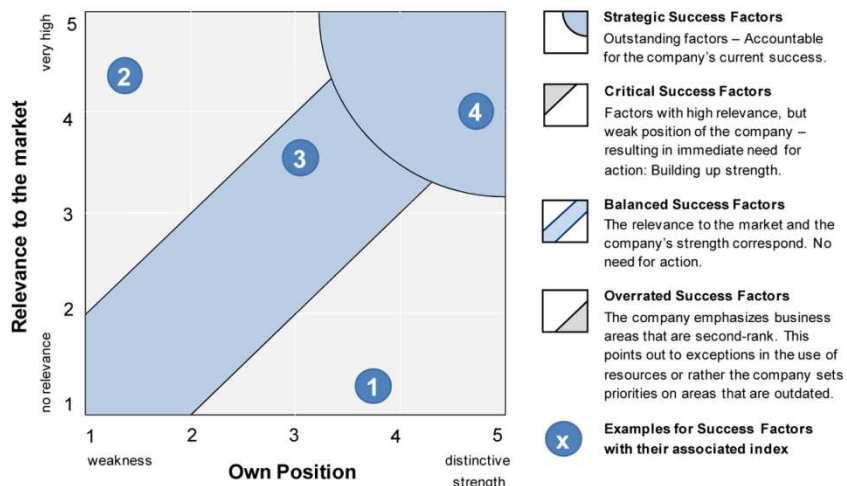


Figure 2: Success Factor Portfolio

If possible, the rating of the success factors should be done on a wide basis within the company by employees from different departments as well as from an external point of view, for example by customers or suppliers. The comparison of the internal and the external view of the company can be an additional benefit in the process of analyzing the success factors. Furthermore, the analysis of success factors can be expanded and combined with an analysis of customer satisfaction as well as with a competitor analysis. The differences between the internal and the external rating of the success factors can be illustrated with help of a divergency-portfolio (cf. figure 3). When the external view corresponds with the internal view as regards one dimension of the success factor (relevance to market

Grienitz, Schmidt

or the company's position), the success factors would constitute a diagonal line in the divergency-portfolio. By including the external view in the business analysis, the market appearance and the performance of a company can be analyzed.

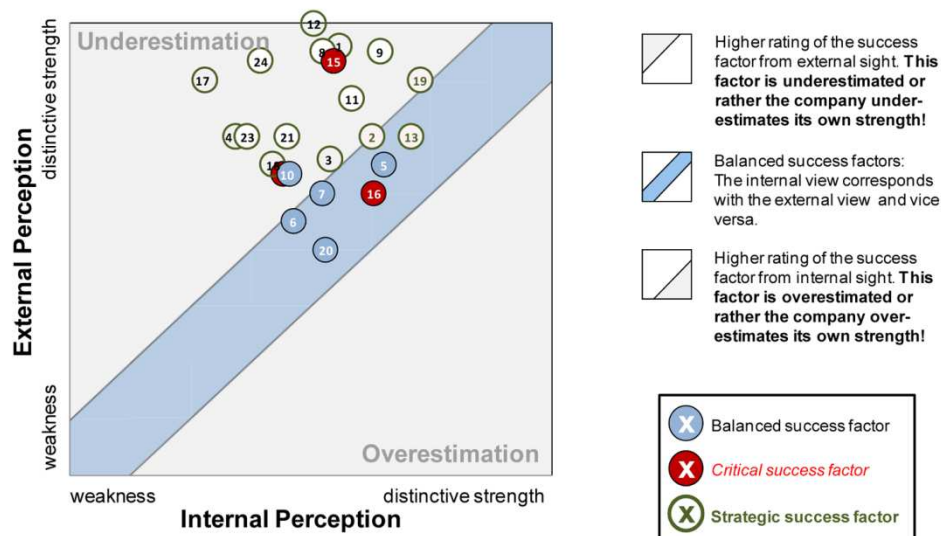


Figure 3: Exemplarily divergency-portfolio for the analysis of the company's strength (own position) as regards the (internal and external) assessed success factors.

With regard to this, success factors that are rated critically from an internal point of view are very often seen in a much more positive light from the customers' perspective. However, regarded success factors are often overrated by the companies. This means that valuable resources are very often used in the wrong business divisions. The external view, especially the external view of the customers, makes it possible for a company to target customer requirements directly and therefore helps to assure advantages in competition. These advantages can help to persist in the "read ocean" of bloody competition [6].

3. Future Changes

As already aforementioned, it is also possible to deduct future need for action by analyzing the success factors' relevance in the future. The change of relevance can be for example assessed by Trend- and Delphi-Studies or even scenario technique. The following question can hence be answered: "What happens if a success factor gains respectively loses importance in the future? Have resources to be invested or disinvested in order to match the future market requirements?".

At first today's situation has to be analyzed, i.e. the success factors have to be assessed from today's point of view. The results are afterwards transferred to a success factor portfolio and are marked as today's actual state. At second, the success factors' future relevance to market is assessed. Subsequently, new (future) positions for the success factors are drawn in the afore created success factor portfolio: With the company's today position on the abscissa and the future relevance to the market on the ordinate (cf. figure 4). On the basis of the factors' new positions, need for action can be deducted: Either the company has to strengthen its own position due to an expected increase of the factor's relevance or resources should be disinvested due to a decreased factor's relevance in the future.

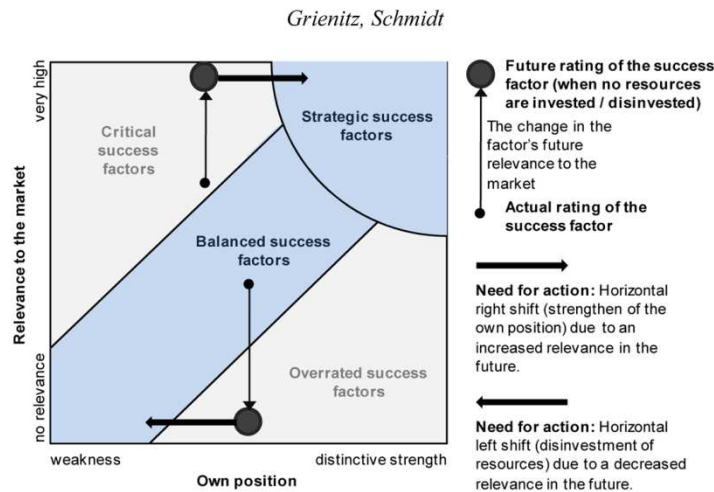


Figure 4: Changes in the success factor portfolio due to change of relevance in the future.

4. Conclusion

Concluding, the success factor portfolio has proven to be a particularly efficient instrument - exactly because it is so simple in its structure. If the success factors of a company are known, these can be used as a powerful tool in competition. Especially the identification of the strategic success factors, which are the basis for the current success of a company, can help a company to gain advantages against its competitors. Strategic success factors can be developed along the entire value-chain: A company, for example, has the ability to identify customer requirements earlier and better than its competitors and is able to adjust its product lines quicker than others - or the company even has the ability to open up and secure superior sources of procurement.

Particularly in small and medium-sized companies, the success factor portfolio can be seen as a basis for the development of business strategies. For a fully developed strategy it is necessary to analyze each individual success factor very carefully. The need for action can be deduced quite quickly from an analysis of the initial position. A regular utilization of the success factor analysis, for example every year, is advised in order to assess crucial changes with a view to the success factors. On the one hand, a success factor could gain in importance - Resulting in a needed shift of the company's position (used resources) towards a more strong position. On the other hand, a success factor could become less important, hence a reduction of the used resources is necessary (cf. figure 4). Furthermore, the combination of success factor portfolios and scenario management [7] makes it possible to include future trends in the development of a corporate strategy - since the relevance of individual factors can change in the future.

As a next step, it makes sense to analyze the cross-linking of the identified success factors. Are there dependencies between the success factors? Are there success factors that can positively influence other success factors? Additionally, the relevance to the market could be regarded from different point of views. Leidecker and Bruno propose for example the rating as regards "Large Dollars involved", "Major Profit Impact", "Major Activity of Business" or "Major changes in Performance" - regarding a relative factor importance [8].

References

1. Gleister, K.W., and Falshaw, J. R., 1999, "Strategic Planning: Still Going Strong?", Long Range Planning, 32(1), 107-116.
2. Belassi, W., and Tukel, O.I., 1996, "A new framework for determining critical success/failure factors in projects", International Journal of Project Management, 14(3), 141-151.
3. Linss, V., and Fried, A., 2010, "The ADVIAN classification - A new classification approach for the rating of impact factors", International Journal of Technological Forecasting and Social Change, 77, 110-119.
4. Gausemeier, J., Ebbesmeier, P., and Kallmeyer, F., 2001, Produktinnovationen - Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen, Carl Hanser Verlag, München.

Grienitz, Schmidt

5. Hamel, G., and Prahalad, C. K., 1996, *Competing for the future*, Reprint, McGraw-Hill Publisher Company, New York.
6. Kim, W.C., and Mauborgne, R., 2005, *Blue Ocean Strategy, How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*, Harvard Business School Press, Boston.
7. Grienitz, V., Ley, S., and Schmidt, A.-M., 2009, "Scenario based future business models in automotive supply industry", Proceedings of the IEE Annual Conference and Expo - Industrial Engineering Research Sessions, June 5-9, Cancun, Mexico.
8. Leidecker, J.K., and Bruno, A.V., 1984, "Identifying and Using Critical Success Factors", *Long Range Planning*, 17(1), 23-32.
9. Marquardt, G., 2003, *Kernkompetenzen als Basis der strategischen und organisationellen Unternehmensentwicklung*, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.

A 20 [GS11c]

21st International Conference on Production Research

PROCESS INNOVATION WITHIN INDUSTRIAL ENGINEERING WITH GRAFEM

V. Grienitz, A.-M. Schmidt

Industrial Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen, Germany

Abstract

The increasing treatment of business from a process view (Business Reengineering) brought up a rapidly growing number of modeling methods for business process. In contrast, there exist only a few approaches that allow modeling production systems. Additionally, these are mostly constricted to very specific points of views and therefore a holistic approach, which allows modeling as well as optimizing a manufacturing system, is still missing. The new modeling method GraFem lifts these restrictions. In particular, it is not only possible to analyze the example at hand. Rather, it is possible to think ahead alternatives and to work out process innovations. For example by developing models with different degrees of automation or even different models with regard to Lean Management. With help of a predefined set of symbols and an underlying semantics, manufacturing systems can be regarded or thought ahead at any level of detail. The results are finally depicted in one graphic: the GraFem-Map.

Keywords:

Production Systems, GraFem, process modeling method, Industrial Engineering, Lean Management.

1 INTRODUCTION

Today, companies see themselves confronted with an increasingly pressure from the fast moving market: Environmental influences and the markets general requirements are changing quicker than ever before. By reducing for example the time-to-market or quality relevant problems, the companies have to stand out from the competition and to create valuable competitive advantages and successful strategic positions.

As regards quality relevant issues, it is necessary to start early in the product life cycle and to address a continuously optimization of the production processes (manufacturing as well as assembly). Besides regarding the production processes as a whole, sub-processes with their respective manufacturing or rather assembly processes should be regarded as well [1]. Optimized sub-processes lead in consequence to optimized and therefore promising production processes.

When regarding the literature, a multitude of languages / methods for modeling processes can be found. Mostly, these additionally allow for an analysis of weaknesses of the regarded processes. However, for the most part, these methods suit only the modeling of business processes and generally do not permit a functional orientated modeling of the material flow, especially in combination with the energy and information flow. Further on, these methods do not account hand for Lean Management approaches, which on the one especially focus on the reduction of waste within the value creation process. On the other hand, a continuous improvement of the company's processes constitutes another starting point for an efficient organization of the regarded processes.

By means of the graphically and functionally orientated modeling method GraFem, all elements that are required for a detailed analysis and optimization of production processes are combined. The results can finally be condensed into a single graphic: The "GraFem-Map". This enables a systematic and integrated view on the regarded process and not only a promising optimization but also a better coordination of the sub-processes.

2 THEORETICAL FRAMING

Before the new functional oriented modeling method "GraFem" will be presented, a brief insight into three

existing manufacturing process modeling approaches will be given. The first approach of Košturiak and Gregor allows a basic illustration of a manufacturing system. Analogous to the approach of Košturiak and Gregor, the approach of Wirth focuses on the flow system theory. The last one is the VDI Guideline 2860, which describes the functions of a system through symbols that are arranged in symbol chains [2]. At first sight, GraFem also seems to be similar to value stream mapping. But in contrast to value stream mapping, GraFem does not regard the whole value stream of the regarded product – Rather, GraFem focuses on the manufacturing and assembly processes and in this context e.g. at the optimization of single (manufacturing) process steps, for example as regards Lean Management.

2.1 Approach of Košturiak and Gregor

In the mid of the 1990's Košturiak and Gregor illustrated a production system with the sub-systems machining-respectively assembly-system, material-flow system and information system. For modeling purposes they categorized these three systems in three further categories: dynamic elements, fixed elements and gateway elements. Dynamic elements can be machining objects, machining elements, material-flow elements or information elements. Static Elements can be machining elements, material-flow elements or information elements and gateway elements consist of sources and drains [3]. With help of these elements it is possible to build a basic structure of a production system. But in order to illustrate the model more precisely, more distinctive features for the elements are necessary. Furthermore humans, who build a very important interface between product and technical equipment, are not included in this approach.

2.2 Approach of Wirth

Before the approach of Košturiak and Gregor came up, Wirth introduced the flow-system theory in the late 1980's. This theory assumes that it is possible to depict all processes within a production system or in a factory as "flows" and "flow-systems" [4]. Wirth categorized the three flow items material, information and energy into flows (material flow, information flow and energy flow) and described these flows through three main functions which he called transformation, storage and transport. As it is possible to realize all these functions through technical equipment and/or humans, an illustration of a whole manufacturing place is possible. The manufacturing place

constitutes the natural system boundary, which is determined through the entry and exit store. Nevertheless, it is possible to connect different manufacturing places together in order to create a production flow [4]. The described approach gives a good overview about the different types of flows within a manufacturing system and their connection to different functions.

Nevertheless, the approach of Wirth only allows for a static view on a dynamic process, which is influenced by more components as just elements and flows. Furthermore, there is no connection between the functional model and the piece's process time. Due to its static illustration there is no possibility for an analysis of capabilities and weaknesses. Another problem is that no quality aspects can be taken into consideration. E.g. it cannot clearly be stated what happens if a product does not fulfill the given quality requirements.

2.3 VDI Guideline 2860

The VDI guideline 2860 gives a clear classification, delimitation and definition of handling and manufacturing's sub-functions. The symbolic description of these sub-functions provides a manageable task description as symbol a chain. Furthermore, it is possible to concretize the individual symbols through parameters and quantitative data. The selected functions and symbols can also be used for the description of activities. Within the VDI guideline 2860, the handling functions are divided into the five sub-categories storage, change amount, move, secure and control. These sub-categories are also divided into elementary-functions, composed-functions and supplementary-functions.

The manufacturing process with several manufacturing, handling and as the case may be test steps are described through stringing together the symbols of the individual sub-functions with a connection line. Simultaneously subsiding functions are visualized by stringing together the symbols without a connecting line [2].

Even if the VDI guideline 2860 constitutes the basis for the later introduced method GraFem, it has restrictions regarding practicability. This means that there is no consideration of the energy- and information-flow as well as the analysis of losses in the value creation process. Furthermore, logic operations are not taken into account, which means that the VDI guideline 2860 gives no opportunity for e.g. quality decisions (work piece ok, reworking work piece, work piece to waste). Another restriction is the absence of a detailed grammar regarding the symbols and that the modeling is limited through a clearly defined alphabet of symbols.

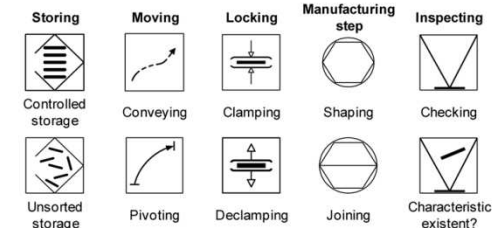
3 GRAFEM

GraFem is a graphically orientated and functional modeling method for manufacturing processes. It was developed in order to find a new way to model manufacturing processes that focuses - similarly to the value stream mapping - on the energy-, the information- and the material-flows as well as the analysis of losses in the value creation process (cf. figure 5, left detail) [5].

GraFem uses the basic symbols of the German VDI guideline 2860 and combines these symbols with new created ones for modeling the functional material flow (cf. figure 1). These symbols are enhanced through further information, e.g. if the process step is performed manually or by machine and what position the workpiece has throughout the process. Furthermore, the method consists of logical operations, i.e. the following process steps depend on a decision - e.g. after a quality check (OK, rework, waste) (cf. figure 5, right detail). The single

manufacturing steps, which each are drawn as a symbol, can be grouped into production steps that help to give a better overview about the whole process. Similarly, photos of single (but eventually noticeable) manufacturing steps can be placed under the functional material flow and therefore also can help to support the overview and understanding of the process.

Detail of symbols from VDI guideline 2860



Detail of additional GraFem-Symbols



Figure 1: Selected GraFem symbols

GraFem is a visualization method that tries to illustrate processes in a coherent and comprehensible way. Superficially, GraFem aim to detect losses in the value creation process as well as to identify weaknesses in the material-, information- and energy-flow. Afterwards, it is important that the persons in charge develop an understanding and comprehension of the whole process. This point is necessary in order to successfully improve the process.

As depicted in figure 3, GraFem covers different types of views, necessary for a successful modeling of manufacturing processes. The different models can be clustered into three groups: the consuming group (consisting of the information-, energy- and value-adding-model), the time group (consisting of the time- and work-cycle-model) and the application-scenario group. The energy-model considers - besides the consumption of electric-energy - also the consumption of compressed air, industrial gas, light and other energies. Most companies spend particular attention to the consumption of electrical-energy and compressed air as this is a high cost factor. The work-cycle-model considers the time that a work piece needs to run through various process steps and the whole process, in order to visualize the parts in process. This can also constitute the basis for further MTM-studies, as manufacturing production systems are often planned by using the MTM-systems [6]. Within the GraFem-Map, each manually performed process step can be supplemented for example its corresponding movement time or the subsequent movement time until the next process step.

The approach of GraFem can be subdivided into 4 steps (cf. figure 4). Step one has predominantly workshop character and starts with the preparation of the process, i.e. the process structure will be identified and key characteristics will be recorded with help of special workshop cards. These workshop cards (cf. figure 4) are divided into 5 categories (storage, transport, intermediate steps, manufacturing steps and inspection) and permit the recording of all important data for the second step: the modeling. The step of modeling consists of a logical

linkage of all GraFem tools based on the survey results with help of Microsoft® Visio® as visualization tool. But modeling is not limited to the visualization of the functional material-flow. Rather does it include the segmentation of the whole process into phases, the visualization of the information- and the energy-flow as well as the listing of the losses in the value creation process - which finally lead to options for action.



Figure 2: GraFem Workshop-Set

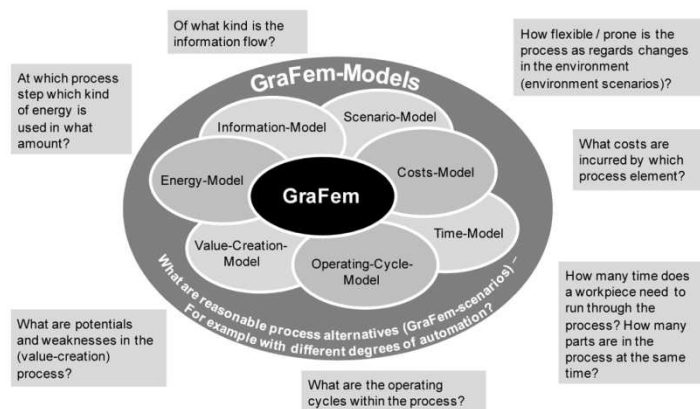


Figure 3: The different GraFem views

4 LEAN MANAGEMENT AND GRAFEM

The functional orientated modeling method GraFem is well suited for understanding the workpiece flow and the therein involved persons and resources within the production system. Due to the clear and easy structure of the GraFem-Map, additional elements can easily be added to it. The following paragraphs give a short insight in the use of Lean Management [8, 9] in the context of GraFem – especially as regards the GraFem-Map – with a view to an efficient use of resources and the relevance of a broad process understanding. Therefore, Lean Management approaches like Poka Yoke [10], Heijunka [11], Kaizen [12], Go-To-Gemba [12] etc. can be considered. In general, Lean Management approaches aim to an efficient use of resources within the value-creation process [13]. I.e. all activities (as well as sub-processes) within a process should be concerted in order to avoid inefficient activities and therefore to reduce waste. Since all relevant activities are depicted in the GraFem-Map, this can be used to identify and highlight those activities that are inefficient and therefore should be optimized or even outsourced. By comparing different GraFem-Scenarios with their respective GraFem-Maps, process alternatives with different degrees of automation can be considered, for example as regards the manpower requirements planning. Besides the optimization of existing processes, the development of processes with GraFem can result in a better understanding of the possible sources of errors

Furthermore, the time aspect can be regarded since the time requirement of each process step is visualized by means of a weighted time line in the GraFem-Map. If parallel processes are regarded, also the work in progress aspect can be inquired [7].

After having modeled the entire process, the team starts to analyze the model - based on a system analysis in terms of SWOT (strength, weaknesses, opportunities and threats), non-value adding processes, ergonomics as well as the energy and information flow. The analysis also includes a critical examination of the given problems in order to optimize the process successfully in the fourth step. The optimization process includes as the fourth step the system optimization as well as the determination of need for action. However, optimization should be a recurrent process in a successful company which is in need of continuous improvements every day. After having optimized one process with the help of GraFem, the team should go on with another process.

within the new process. For these sources of errors, different solution statements can be thought ahead - Leading into an ideally faster ramp-up of the process and a reduction of faults.

Poka Yoke is a Lean Management approach that can easily be considered within the GraFem-Map. Poka Yoke describes a system's disability to completely avoid careless mistakes [13]. This in mind, the GraFem-Map - and in detail single process steps that are prone to error - can be supplemented by Poka Yoke pictures. At first, these pictures can for example show critical process steps where an increased attention is needed. This course of action has a preventive character, since the presentation of the weaknesses / errors in the images already can help to reduce the errors within the process step itself. For example, these images can show the correct position as well as the incorrect position of the material in the machine in order to reduce errors during insertion. At second, these pictures can also help to think ahead Poka Yoke tools or show possible reasons for waste.

By leveling the production, Heijunka tries to harmonize the manufacturing flow. In this conjuncture, GraFem can help to design processes that allow for a quantitative balancing. I.e. capacity critical sub-process can be identified and for example optional parallel sub-processes added that can assure a continuous flow within the production. With help of Heijunka, for example unnecessary storage or inhomogeneous process steps, i.e. time-critical process

steps, can be identified. Especially, as regards times that are needed for a job change. In terms of Heijunka, it also thinkable to develop alternative process models with for example different levels of automation. In terms of the harmonization process, for example an ideal automation level can be assessed.

As a part of the modeling process, KPI (Key Performance Indicators) can easily be integrated in the GraFem-Map and therefore assigned to the respective process steps. In this context, KPI describe the fulfillment degree of specific processes as regards specific aspects [14]. By measuring the performance level of the process steps, deviations - for example incurred through productivity or quality losses - can easily be assessed. Furthermore, the use of KPI allows for the assessment of different process alternatives as regards the KPI. For example, as regards models with different degrees of automation. The creation of various GraFem-scenarios based on different parameters of the process steps leads to an increased understanding of the process. The information from the KPI can easily be assigned to the individual process steps. On the one hand, the different process steps can be highlighted in the GraFem-Map with different colors. On the other hand, the

KPI can for example be depicted by a level indicator in the GraFem-Map. Finally, the KPI can also be displayed within the production by means of Andon displays [15]. The GraFem-Map then constitutes the basis for the creation of transparency. I.e. it can be easily argued how the KPI arises from the process.

Additionally, the GraFem-Map constitutes a good starting point for a Kaizen-workshop since all relevant information for a continuously optimization of the whole production process is depicted within the GraFem-Map: the process itself, the information and energy flow as well as the KPI. This information is simultaneously associated to the respective process step. In this context, the regarded process can be decomposed into its single steps with help of GraFem and completely challenged. Kaizen also demands to realize the Kaizen-workshop directly in the shop floor and especially in the places of value-creation. This is called go-to-gemba [12]. Furthermore, each process step should be analyzed if it is value-adding, i.e. if the customers are willing to pay for it. Similarly, environmental attributes (especially the creation of waste) can be regarded and seen as further opportunities for improvement [16].

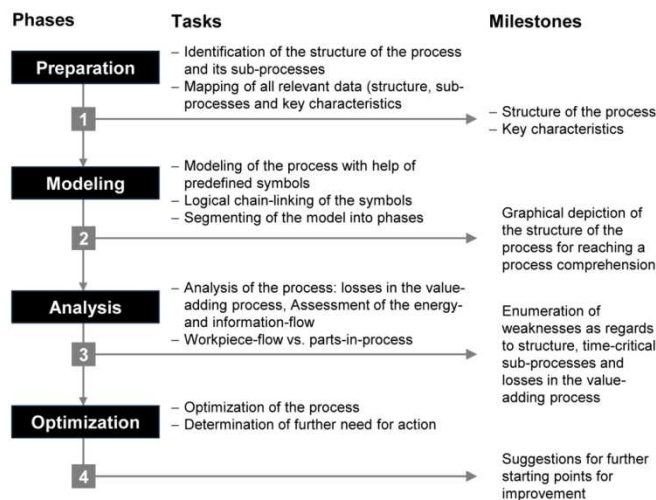


Figure 4: The four steps of GraFem

Besides the modeling and optimization of existing production processes, GraFem can also be used to think ahead new production processes. In this context, GraFem can for example be linked to a digital factory. The use of GraFem within a digital factory can help to gain an early basic understanding of the new production process in order to identify critical process steps already at this early stage. At this point, also mutable production structures can be thought ahead that allow for changeable production systems [17]. Finally, this overall process understanding can also lead to a faster ramp-up time.

5 APPLICATION EXAMPLE

With help of GraFem, the manufacturing process of a specific product of a 2nd level automotive supplier was regarded and modeled. In detail, the product was manufactured in a highly automated manufacturing cell with manually up- and downstream processes conducted by a machine operator. Due to the manually performed up- and downstream processes, the overall level of automation

averaged out 0.38. According to the presented course of action, at first, the process structure and the manufacturing steps were identified. In this connection, the process mapping was aided by pictures and videos of noticeable process steps and characteristics. The modeling of the process structure as the second step resulted in a graphical depiction of the system: the GraFem-Map (cf. figure 5) – this with regard to an overall comprehension for the regarded process. The left detail of figure 5 shows the consideration of the information and energy flow as well as losses in the value creation process. Similarly, logical operations can be considered (right detail).

In the phase of system analysis, losses in the value creation process and weaknesses in the manufacturing process could be identified. Selected weaknesses within the process were for example the short manual time compared to machine time, the storage place and storage duration of one work piece or the subjective evaluation as regards the quality decisions. As a result, options for action as regards improvements could be made to the regarded automotive supplier.

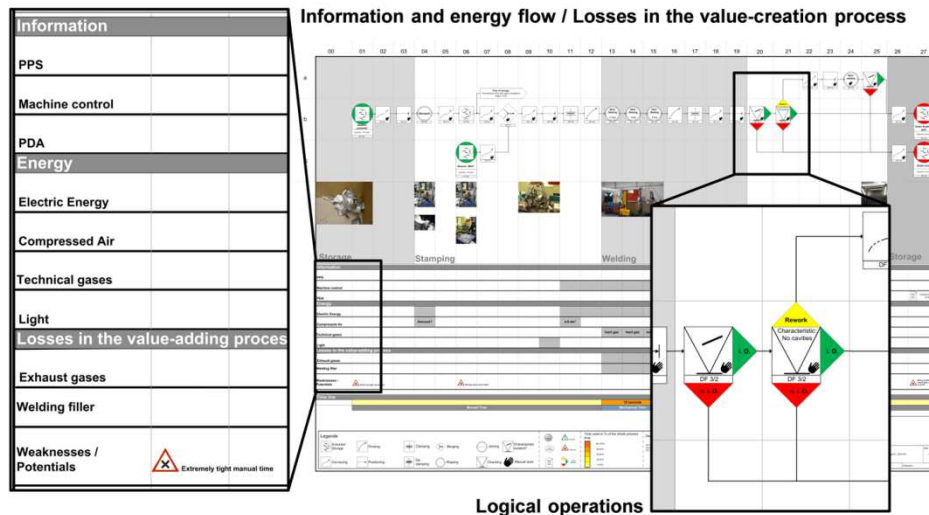


Figure 5: GraFem-Map of the application example with details.

6 CONCLUSIONS

The fundamental improvement of GraFem is the possibility to model production processes in a functional orientated way under the consideration of different types of view. This allows for a detailed analysis of mostly any production process.

Another new aspect that is presented within this paper is the combination of GraFem with approaches of Lean Management. In this context, the GraFem-Map can be for example supplemented with additional information such as pictures of certain process steps that are prone to faults, Key Performance Indicators etc..

Additionally, different GraFem-Scenarios can be used in order level the production in terms of Heijunka or can even help to speed up ramp-up-time by gaining a comprehensive understanding of the regarded process. In this context, different (ideal) degrees of automation or the use of technology can be for example thought ahead.

As a result, the depicted simultaneously employment of both approaches promises a better understanding of the whole process, especially as regards losses in the value creation process.

7 REFERENCES

- [1] Dangelmaier W., 2009, Theorie der Produktionsplanung und -steuerung - Im Sommer keine Kirschrindeln?, Springer, Heidelberg.
- [2] VDI - The Association of German Engineers, eds., 1990, VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols, VDI, Düsseldorf.
- [3] Košturiak J., Gregor M., 1995, Simulation von Produktionssystemen, Springer, Wien.
- [4] Schenk M., Wirth S., 2004, Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Springer, Berlin.
- [5] Chen, L., Meng, B.: The Application of Value Stream Mapping Based Lean Production Systems, International Journal of Business and Management, 5[6], pp. 203-209.
- [6] Christmansson M. et al., 2000, Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry, International Journal of Production Research, 38[17], 4051-4059.
- [7] Jodlbauer H., Range, work in progress and utilization, International Journal of Production Research, 2005, 43, 4771-4786.
- [8] Womack J. P., Jones D. T., Roos D., 1990, The machine that changed the world: the story of lean production, Rawson Associates, New York.
- [9] Jayaram J., Das A., Nicolae M., Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system, International Journal of Production Economics, 2010, 128, 280-291.
- [10] Douglas S., Steven M., Effective Process improvement developing Poka-Yoke Processes, Production & Inventory Management Journal, 2000, 41, 48-55.
- [11] Jones, D., Heijunka: Leveling Production, Manufacturing Engineering, 2006, 137, 29-36.
- [12] Sonnenberg H., Sehested C., 2011, Lean Innovation: A Fast Path from Knowledge to Value, Springer, Heidelberg.
- [13] Brunner F. J., 2008, Japanische Erfolgskonzepte, Hanser, Wien.
- [14] Richert J., 2006, Performance Measurement in Supply Chains, Balanced Scorecard in Wertschöpfungsnetzwerken, Gabler, Wiesbaden.
- [15] Jingshan L., Blumenfeld D., Quantitative analysis of a transfer production line with Andon, IIE Transactions, 2006, 38, 837-846.
- [16] Franchetti M., Berdal K., Ulloa J., Grodek S., LEAN and GREEN, Industrial Engineer, 2009, 41, 24-29.
- [17] Wiendahl H.-P., Hernández R., Grienitz V., Planung wandlungsfähiger Fabriken - Erschließung von Potenzialen mit Hilfe des Szenario-Managements, ZWF - Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 2002, 1-2, 12-17.

A 21 [GS11d]

*Proceedings of the 2011 Industrial Engineering Research Conference
T. Doolen and E. Van Aken, eds.*

**"GraFem", a functionally orientated modeling method for the
analysis and optimization of manufacturing systems**

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Abstract

Modeling methods for business processes are actually well researched. In contrast, actual approaches of modeling methods for production systems and especially manufacturing processes can be counted on one hand and are mostly focused on a specific level of detail. Therefore these can only represent single aspects of the manufacturing process and lack in the possibility of functional modeling. Due to these restrictions the presented paper proposes not only an improvement of the present approaches; rather a new method of functional modeling in terms of planning production systems will be introduced. For this, an applicable selection of existing business process modeling languages is regarded in terms of adaptable elements. Additionally, the existing modeling approaches for production systems will be depicted for a differentiation as to the introduced new approach that allows a function-orientated depiction of a production system with help of a predefined set of symbols and an underlying semantics. Through this, production systems can be regarded at any level of detail. Additionally, the depiction can be added by "swimming-lanes" that contain differentiated information - as for example weak points or sources of waste. At this, the possibility of multiple views of the manufacturing system constitutes one specific feature of "GraFem".

Keywords

Manufacturing modeling method, GraFem, functional orientated modeling

1. Introduction

Nowadays it is getting increasingly important for companies to stay competitive through the optimization of their manufacturing processes. Daily routine tempt companies to do acts that are not value adding or ergonomic and sometimes it needs an external mentor who helps to detect weaknesses.

There exist a lot of different modeling languages - especially process modeling languages - which covers various types of company's problems. But most of them do not permit to illustrate the functional material flow combined with the information and energy flow as well as losses in the value creation process. Some authors tried to develop functional modeling languages with a connection of material, energy and information flow, but there is still a holistic overview, combined with strengths and weaknesses analysis, missing.

The graphical and functional orientated modeling method GraFem that will be introduced tries to cover all important contents for an optimization analysis in one graphic. This graphic comprises additionally to the material-flow other perceptions that are important for manufacturing process optimization, e.g. information- and energy-flow, losses in the value creation process as well as capabilities and weaknesses within the process. The splitting of a full manufacturing process into sub-processes and their visualization through GraFem helps the company to understand their processes in order to optimize them in a consecutive step. The method is carried out in 4 steps which are preparation, modeling, analysis and optimization. In this paper, an overview about the new method is given - But the focus will be on the specific way of modeling, as this is the most important aspect that distinguishes GraFem from other modeling methods.

Grienitz, Schmidt

2. Actual business modeling methods

The increasing importance of the analysis of business processes (business process reengineering) brought up a rapidly growing number of business process modeling methods. Even it is generally a complex process to find the right tool for modeling a process, it is important to know the purpose of the technique in order to choose the right one. The following table (cf. table 1) gives a brief overview about important business process modeling methods and their specific characteristics.

Table 1. Business process modeling languages and their characterization

Language	Characterization
Event-driven process chains	Alternating progression of events and functions the in control flow that are interconnected through logic operators [1].
Structured Analysis (SA) Data flow diagrams	The structured analysis data flow diagrams are used for the structured design of functions (processes) of a system [2].
Structured Analysis and Design Technique (SADT)	Logical and static description with a SADT-Activity model in order to characterize business processes with their input and output objects [3].
Petri net	Graphical oriented language for the design, specification, simulation and verification of systems [6].
Unified Modeling Language (UML)	UML is a language for specifying, visualizing, constructing and documenting the artefacts of software systems, as well as for business modeling and other non-software systems [6].
Program flow chart	Illustration of kind and chronological order of process units and their possible branching [3].
Semantic object model (SOM)	Approach for modeling company's systems and for the specification of application systems [1].
Work flow diagram (PROMET)	Method for the design of processes by means of a work flow diagram, a task list and workplace-related documents [1].
Entity-Relationship-Models (ER)	Semantic data model that consists of entities and relationships and allows the illustration of static structures within a company [2].
Object Modeling Technique (OMT)	Graphic notation that allows for an illustration of object-oriented models. It consists of an object model, a dynamic model and a functional model [2].
Business Process Modeling Notation (BPMN)	BPMN is a graphical notation that gives organizations the ability to communicate procedures in a standard manner [8].

Most of the modeling methods described above have their roots in the computer science sector and are therefore mostly not suitable for the modeling of manufacturing processes - as important information like losses in the value creation process are not comprised. Furthermore some of these methods are difficult to follow as they require a deeper understanding for the method's structure. But problems should be tackled where they arise and as this is mostly the shop floor, workers and persons in charge should be able to read and understand easily the illustrated processes.

3. Actual manufacturing process modeling methods

The following three paragraphs give a brief overview about the approaches of various authors, before we start with the introduction of the new modeling method GraFem. The first one is the approach of Košturiak and Gregor's that is characterized through a basic illustration of a manufacturing system. On the contrary Wirth, whose approach is

Grienitz, Schmidt

described in the second chapter, has his focus on the flow system theory. In the VDI guideline 2860, which is explained at last, the description of functions through symbol (chains) comes into consideration [7].

3.1 Approach of Košturiak and Gregor

In the mid of the 1990's Košturiak and Gregor illustrated a production system with the sub-systems machining-respectively assembly-system, material-flow system and information system. For modeling purposes they categorized these three systems in three further categories: dynamic elements, fixed elements and gateway elements. Dynamic elements can be machining objects, machining elements, material-flow elements or information elements. Static Elements can be machining elements, material-flow elements or information elements and gateway elements consist of sources and drains [4]. With help of these elements it is possible to build a basic structure of a production system -But in order to illustrate the model more precisely, further distinctive features for the elements are necessary. Furthermore humans, who build a very important gateway between product and technical equipment, are not included in this approach.

3.2 Approach of Wirth

Before the approach of Košturiak and Gregor came up, Wirth introduced the flow-system theory in the late 1980's. This theory assumes that it is possible to depict all processes within a production system or in a factory as "flows" and "flow-systems" [5]. Wirth categorized the three flow items material, information and energy into flows (material flow, information flow and energy flow) and described these flows through three main functions which he called transformation, storage and transport. As it is possible to realize all these functions through technical equipment and/or humans, an illustration of a whole manufacturing place is possible. The manufacturing place constitutes the natural system boundary, which is determined through the entry and exit store. Nevertheless, it is possible to connect different manufacturing places together in order to create a production flow [5].

By means of the described flow-system theory, it is possible to handle all substantial-technical systems of a factory (manufacturing-, production- and factory systems) as a network of substantial-technical material-, energy- and information-flow systems. The described approach gives a good overview about the different types of flows within a manufacturing system and their connection to different functions.

Nevertheless, the approach of Wirth only allows for a static view on a dynamic process, which is influenced by more components as just elements and flows. Every unnecessary change of the work piece's position is time consuming and not ergonomic. Therefore, it is problematic that this factor is not considered. Furthermore, there is no connection between the functional model and the piece's process time. Linked to this there is no overview given about the parts in process – often a key factor for improvements. An additional and today popular aspect is the illustration of non-value adding processes that are also not considered in Wirth's flow-system theory. Due to its static illustration there is no possibility for an analysis of capabilities and weaknesses. Another problem is that no quality aspects can be taken into consideration, e.g. what happens if a product does not fulfill the given quality requirements?

3.3 VDI Guideline 2860

The VDI guideline 2860 gives a clear classification, delimitation and definition of handling and manufacturing's sub-functions. The symbolic description of these sub-functions provides a manageable task description as symbol a chain. Furthermore, it is possible to concretize the individual symbols through parameters and quantitative data. The selected functions and symbols can also be used for the description of activities. Within the VDI guideline 2860, the handling functions are divided into the five sub-categories storage, change amount, move, secure and control. These sub-categories are also divided into elementary-functions, composed-functions and supplementary-functions.

The manufacturing process with several manufacturing, handling and as the case may be test steps are described through stringing together the symbols of the individual sub-functions with a connection line. Simultaneously subsiding functions are visualized by stringing together the symbols without a connecting line [7].

Even if the VDI guideline 2860 constitutes the basic for our later introduced method GraFem, it has restrictions regarding practicability. This means that there is no consideration of the energy- and information-flow as well as the analysis of losses in the value creation process. Furthermore, logic operations are not taken into account, which means that the VDI guideline 2860 gives no opportunity for e.g. quality decisions (work piece ok, reworking work piece, work piece to waste). Another restriction is the absence of a detailed grammar regarding the symbols and that the modeling is limited through a clearly defined alphabet of symbols.

Grienitz, Schmidt

4. GraFem

GraFem is a graphically orientated functional and value-free modeling method for manufacturing processes. It was developed in order to find a new way to model manufacturing processes under consideration of energy-, information- and material-flow as well as the analysis of losses in the value creation process.

GraFem uses the basic symbols of the German VDI guideline 2860 and combines these symbols with new created ones for modeling the functional material flow (cf. figure 1). These symbols are enhanced through further information, e.g. if the process step is performed manually or by machine and what position the workpiece has throughout the process. Furthermore, the method consists of logic operations, which means that there are different possibilities for the next steps that depend on a decision - e.g. after a quality check (OK, rework, waste).

The single manufacturing steps, which each are drawn as a symbol, can be grouped into production steps that help to give a better overview about the whole process. Also, photos from the production can be placed under the functional material flow and help to support the overview and understanding of the process.

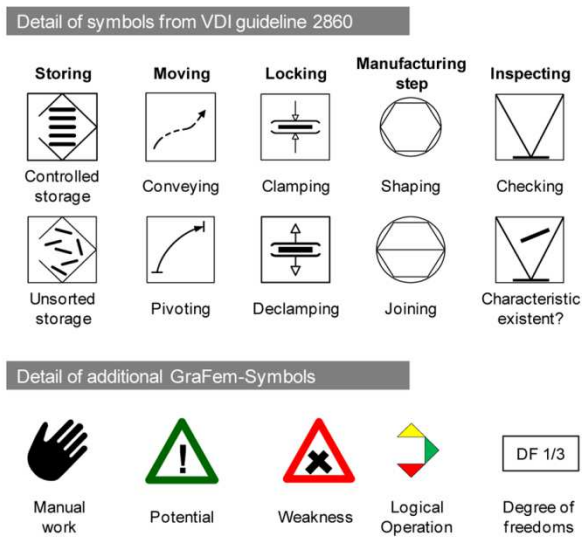


Figure 1: Selected GraFem symbols

As GraFem is a visualization method that tries to illustrate processes in a coherent and comprehensible way, it helps to build an understanding of processes as well as of the opportunities and weaknesses connected to them. Superficially, GraFem is a tool for small and large batch production in order to improve processes from top down to bottom-up. The aim is to detect losses in the value creation process as well as weaknesses in the material-, information- and energy-flow. Afterwards, it is important that the persons in charge develop an understanding and comprehension of the whole process. This point is necessary in order to successfully improve the process.

As depicted in figure 2, GraFem covers different types of views, necessary for a successful modeling of manufacturing processes. We clustered the different models into three groups, the consuming group (consisting of the information-, energy- and value-adding-model), the time group (consisting of the time- and work-cycle-model) and the application-scenario group. Afterwards we depicted one from each group for further explanations. The energy-model considers - besides the consumption of electric-energy - also the consumption of compressed air, industrial gas, light and other energies. Most companies spend particular attention to the consumption of electrical-energy and compressed air as this is a high cost factor. The work-cycle-model considers the time, a work piece needs to run through various process steps and the whole process, in order to visualize the parts in process. This is also the basis for further MTM -studies, as manufacturing production systems are often planned by using the MTM-systems [9].

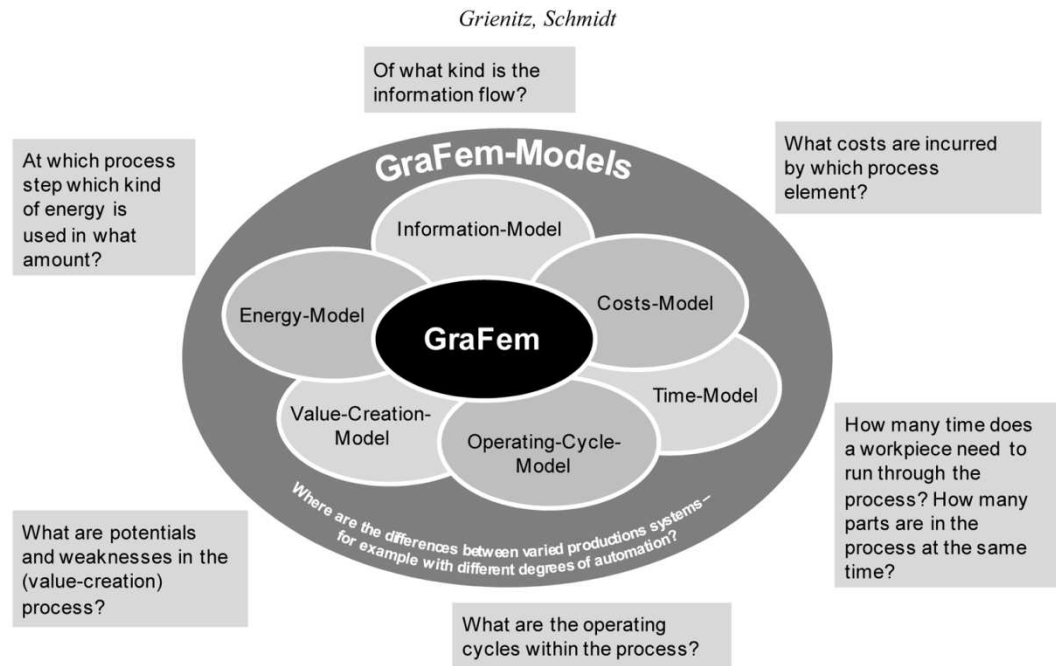


Figure 2: The different GraFem views

GraFem has predominantly workshop character and is subdivided into 4 steps (cf. figure 3). Step one starts with the preparation of the process which means that the process structure will be identified and that key characteristics will be recorded with help of special workshop cards. These workshop cards (cf. figure 4, left side of the depiction) are divided into 5 categories (storage, transport, intermediate steps, manufacturing steps and inspection) and permit the recording of all important data for the second step: the modeling.

The step of modeling consists of a logical linkage of all GraFem tools based on the survey results with help of Microsoft® Visio® as visualization tool. But modeling is not limited to the visualization of functional material-flow. Rather does it include the segmentation into phases, the visualization of information- and energy-flow as well as the listing of the losses in the value creation process (which can lead to potentials and weaknesses). Furthermore, the time and parts in process aspects come into consideration as the time claim of each step is visualized through a weighted time line.

After modeling the entire process, the workshop team starts to analyze the model, based on a system analysis in case of SWOT, non-value adding processes, ergonomics, energy and information flow. The analysis also includes a critical examination of the given problems in order to optimize the process successfully in the fourth step.

The optimization process includes the system optimization as well as the determination of need for action. However, optimization should be a recurrent process in a successful company which is in need of continuous improvements every day. After having optimized one process with the help of GraFem, the team should go on with another process.

Grienitz, Schmidt

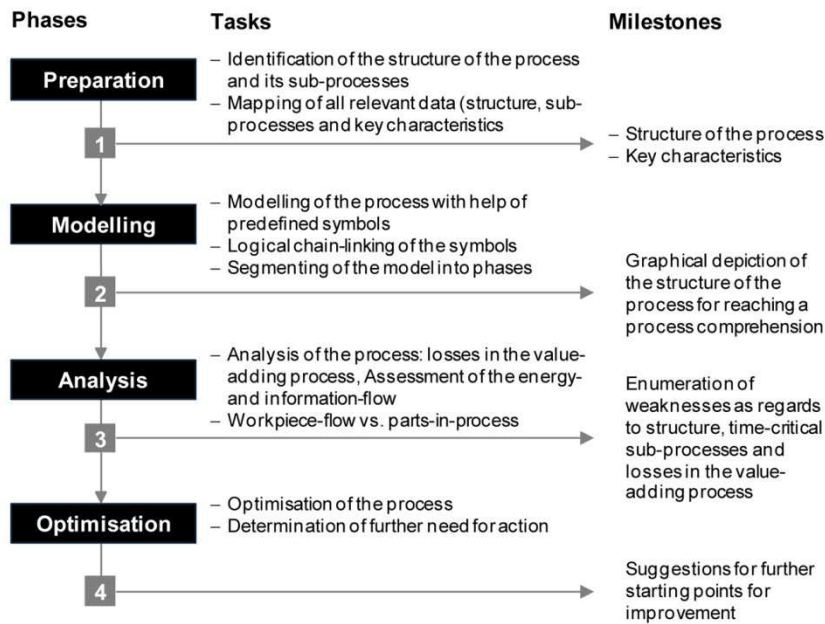


Figure 3: The four steps of GraFem

5. Application Example

With the verification of the before introduced method in mind, the manufacturing of a specific product of a 2nd level automotive supplier was regarded and modeled with help of GraFem. In detail, the product was manufactured in a highly automated manufacturing cell with up- and downstream processes conducted by a machine operator. Due to the up- and downstream processes, the overall level of automation averaged out 0.38.

According to the presented course of action, at first the process structure and the manufacturing steps were identified. In this connection, the process mapping was aided by pictures and videos of core system elements and characteristics. Modeling the process structure as the second step resulted in a graphically depiction of the system: the GraFem-map (cf. figure 5). Thus, in order to reach an overall comprehension for the regarded process.

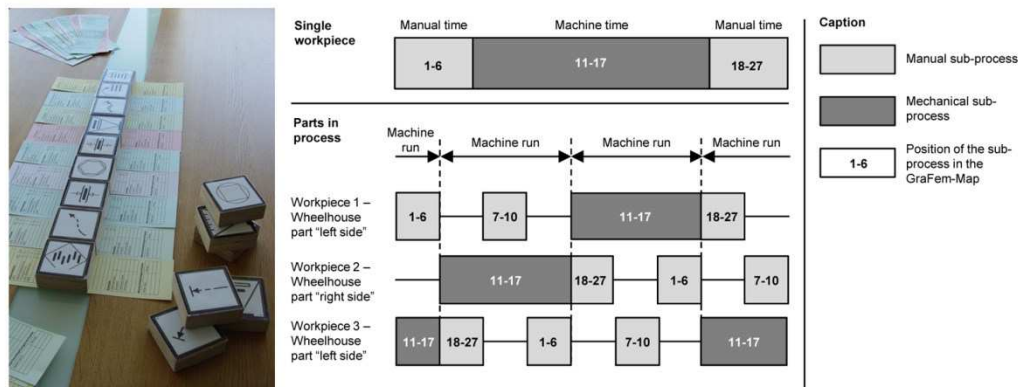


Figure 4: GraFem Workshop-Set (left side). From a single work-piece to parts in process (right side).

Grienitz, Schmidt

In the phase of system analysis losses in the value creation process could clearly be identified with help of all persons involved in the process. As a result, options for action as regards improvements could be made to the regarded automotive supplier. Selected weaknesses were for example the short manual time compared to machine time, the storage place and -duration of one work piece or the subjective evaluation as regards the quality decisions. Due to the already well designed process structure, the recommended improvement opportunities were of minor extent, but the generally applicability of the method could be clearly demonstrated.

Especially the possibility of using several abstraction levels was helpful for the identification of weaknesses: By changing the focus from a single work piece to machine cycles the parts in process could be identified and therefore possible problems in the process' efficiency were assessed (cf. figure 4, right side of the depiction). The numbers in the graphic are equal to the numbers in the GraFem-map which represents the position of the specific process step.

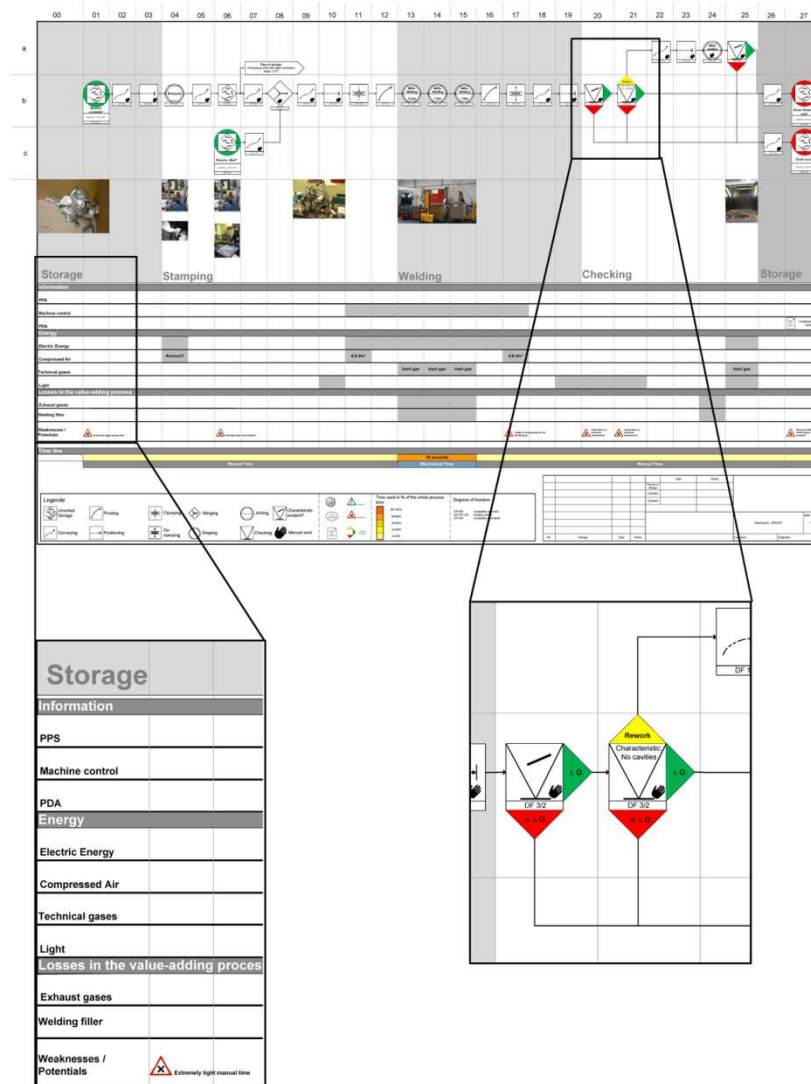


Figure 5: GraFem-Map of the application example

Grienitz, Schmidt

6. Conclusions

Although the introduced new method GraFem has its restrictions, it is a useful tool for a functional orientated modeling of manufacturing processes. The method comes up with a new approach of combining material-flow's visualization through symbols and energy- as well as information-flow through "swimming" lanes. Another recentness is the possibility to analyze losses in the value creation process and capabilities/weaknesses in the same graphic. An application in practice showed a promising applicability of GraFem for further use cases. Further research could combine GraFem with ergonomic approaches in order to optimize the method's practicability.

References

1. Rump, F.J., 1999, Geschäftsprozessmanagement auf der Basis ereignisgesteuerter Prozessketten, Teubner, Stuttgart.
2. Wenzel, S., 2000, Referenzmodelle für die Simulation in Produktion und Logistik, Gruner, Erlangen.
3. Fahrwinkel, U., 1995, Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering, Heinz-Nixdorf-Institute, Paderborn.
4. Košturiak, J., Gregor, M., 1995, Simulation von Produktionssystemen, Springer, Wien.
5. Schenk, M., Wirth, S., 2004, Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik, Springer, Berlin.
6. Aguilar-Savén, R.S., 2004, Business process modeling: Review and framework, International Journal of Production Economics, 90, 129-149.
7. VDI - The Association of German Engineers, eds., 1990, VDI Guideline 2860 - Assembly and handling; handling functions, handling units; terminology, definitions and symbols, VDI - The Association of German Engineers, Düsseldorf.
8. Robert S. et al., 2010, BPMN 2.0 Handbook, Future Strategies Inc., Lighthouse Point, Florida.
9. Christmansson, M. et al., 2000, Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry, International Journal of Production Research, 38(17), 4051-4059.

A 22 [GS12a]*Int. J. Foresight and Innovation Policy, Vol. 8, No. 4, 2012*

335

Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models using a multi-stakeholder approach

Volker Grienitz* and André-Marcel Schmidt

Department of Industrial Engineering,
University of Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11,
Siegen 57068, Germany
E-mail: volker.grienitz@uni-siegen.de
E-mail: marcel.schmidt@uni-siegen.de

*Corresponding author

Abstract: This paper describes an approach to create future scenarios, on the one hand, and corresponding business models for a selected industry sector, on the other hand. At first global environment scenarios are developed. In the next step, special branch scenarios are developed. The last step is to develop consistent business models. The results are authoritative business models that will fit special environment scenarios. The paper shows an example of a branch study as a forecast for the automotive supplier industry in South Westphalia and closes with current experiences with this approach: crucial success factors as well as respective pitfalls.

Keywords: scenario technique; business models; supplier industry; environment scenarios; multi-stakeholder environment.

Reference to this paper should be made as follows: Grienitz, V. and Schmidt, A-M. (2012) 'Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models using a multi-stakeholder approach', *Int. J. Foresight and Innovation Policy*, Vol. 8, No. 4, pp.335–353.

Biographical notes: Volker Grienitz has been holding the Assistant Professorship of Industrial Engineering at the University of Siegen, Germany, since 2007. He studied Industrial Engineering, specialising in automation engineering and did his Doctor's Degree in technology scenarios. He has many years of practical and management experience and was the Head of the Competence Centre Strategic Planning in the technology-oriented management consultancy UNITY AG for several years. His research focuses on scenario technique, on the one hand, as well as technology and innovation management, on the other hand.

André-Marcel Schmidt is a Research Assistant in the Department of Industrial Engineering at the University of Siegen. He wrote his diploma thesis in the context of consistency calculation in scenario technique based on evolutionary strategies and is the co-author of the 'Future study on the competitiveness of the automotive supplier industry in South Westphalia'.

1 Introduction

Many entrepreneurial decisions are taken under uncertain conditions: on the one hand, not all determinants of the problem in hand are known. On the other hand, the interconnectedness between these determinants is also often unclear or unknown.

Regarding the development of business models as a specific area of strategic management, the depicted problem of uncertainty becomes evident in a specific manner: the more the outcome of a decision reaches into the future, the more uncertain it becomes. In most cases, a planning horizon of five years is assumed as long term in strategy. Depending on the underlying business model, more or less crucial changes can occur in the branch's structure. Starting, for example, with the market entry of new competitors or revolutionary innovations up to the dropping out of whole distribution channels, many developments are thinkable – resulting in a set of extremely interconnected and crucial determinants. This set is difficult to handle from both mathematical as well as economic aspects.

Nevertheless, these impacts have to be integrated into the strategic planning and the company's internal risk management. Consequences of non-compliance could endanger the company's existence at the bottom line.

In this context, scenario techniques can assist in managing future complexity. Because of the multitude of prospects and events, a scenario can only depict a small part of the future. Comparable with a photo camera in a dark room, the flash can illuminate a specific area in every detail. At the margins, however, the picture gets more and more blurred until the darkness is complete, losing all information content.

Starting with a short description of scenario techniques, this paper provides an overview of generating future scenarios in the context of multi-stakeholder environments. After creating the future scenarios, prospective business models have to be developed. By considering multiple (actual as well as conceivable) values of single strategy parameters and their respective associated interconnectedness, consistent business models can be derived in a next step. Combining both approaches, the scenario technique can be an appropriate toolbox for strategic management within multi-stakeholder environments (Fink and Siebe, 2006; Pillkahn, 2008; Steinmüller, 1997; Gausemeier et al., 1996).

Crucial success factors as well as pitfalls in the anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and the creation of business models are then highlighted. In this context, the recently published 'Future study on the competitiveness of the automotive supplier industry in South Westphalia' depicts prospective future business models for the respective companies in the context of global as well as OEM scenarios leading to strategic excellence positions. As an outlook, the study provides a recommendation for an automotive competence centre, which is actually being implemented as the 'Automotive Centre South Westphalia' (ACS). The study is freely available (Grienitz et al., 2009a). The results have already been discussed (Grienitz et al., 2009b).

The paper closes with a detailed overview of the essential success factors and pitfalls for the application of scenario technique in the above-mentioned context and gives an outlook of future research and improvements in scenario technique respectively.

In a nutshell, we will present a new approach that, on the one hand, uses scenario technique in different applications and uses success factor analysis as a key element for developing business models, on the other hand. In this respect, the presented holistic approach can be considered as a novel one, since all implications are based on a plausible line of argument and consider the companies' specific competences.

2 Theoretical framework

Scenario technique is a method for reducing complexity against the backdrop of an underlying system comprehension. Therefore, scenario technique is a toolbox for thinking ahead into the future, respectively, analysing a complex system in a structured manner. In this context, the complexity of the number of factors influencing futures (the system's parameters) and their different conceivable projections (the system's parameters' values) is reduced to a number that can be handled and communicated.

From a historical perspective, the scenario technique was developed in the 1950s by researchers of the Rand Corporation to analyse and forecast the future. Nearly at the same time, cross-impact analysis was developed. Today, cross-impact analysis is often used for scenario development (Götze, 1993). The term 'scenario' was used for the first time by Kahn, who developed plausible future situations with respective defensive strategies by combining facts with logical reasoning (Bradfield et al., 2005). Berger founded the 'Centre d'Etudes Prospectives' in France and developed the term 'la prospective', the French word that includes the terms scenario and scenario technique, respectively (Bradfield et al., 2005).

In the German-speaking region, the approaches of the Batelle-Institute especially laid the foundations for the further development of scenario technique. Depending on the underlying question, either cross-impact analysis or consistency analysis is used. Former assistants of the Batelle Institute, for example Reibnitz and Geschka, have improved the method that uses cross-impact analysis and therefore have substantially contributed to the wide distribution of this method (Angermeyer-Naumann, 1985; Reibnitz, 1991). The consistency matrix and consistency analysis, respectively, is a contribution of the Paderborner Approach following Gausemeier et al. (1996). Of course, several additional approaches to scenario technique exist (Godet, 2006; Gordon et al., 1974; Mason, 2003; Mičić, 2007; Schoenmaker, 1995; Schwartz, 2002; Wilson, 2000). The author also presented several further applications of scenario technique and introduced a new consistency algorithm based on evolutionary strategies. (Grienitz and Schmidt, 2009; Grienitz and Schmidt, 2010a).

In this context, not only future scenarios can be described. In fact, it is similarly possible to think ahead to future business models by composing strategy parameters (the systems' parameters), respectively, the special strategy parameters' characteristics to consistent strategy scenarios.

At first, a clear definition of the question that is to be addressed is needed. If the scope of the scenarios is not clearly outlined at this point in the process, the scenarios lose their validity and effect. The effort then would not be justified and the results of the scenarios are challenged. At least the timeframe, a geographic localisation and the subject in question need to be defined. In this connection, a division of the subject's environment can be made and therefore two strictly different types of scenarios can be developed:

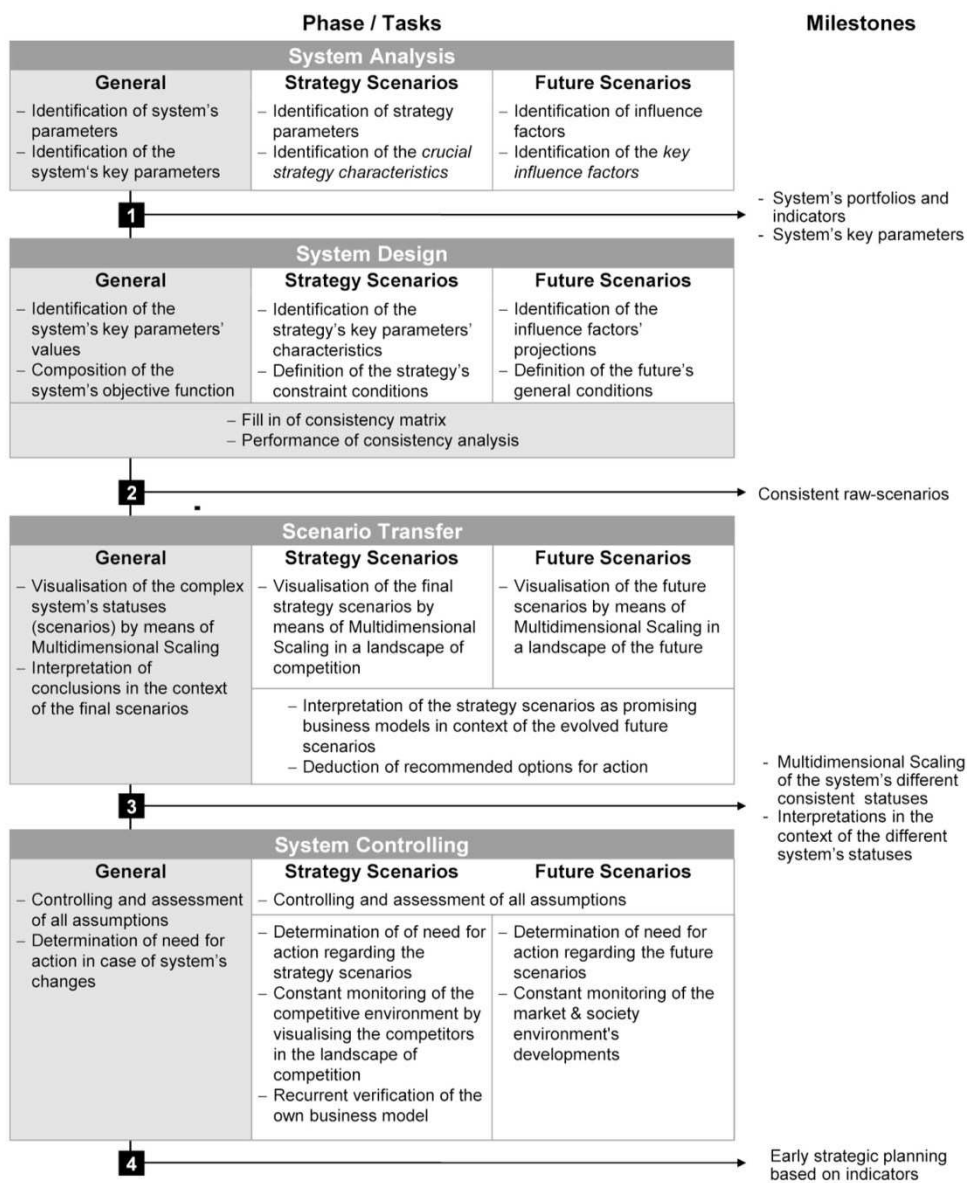
- Scenarios for the scenario field depict exogenous factors that cannot be influenced by the observer. Thus, scenarios created for the scenario field can be, for example, future scenarios that describe the future framework requirements, which outline the future arena of action.
- Scenarios for the field of action describe what can be changed, respectively, influenced through the scenarios, for example, the company's strategy, future products as well as technology. With the help of scenarios for the field of action, the observer reacts to developments in the scenario field.

Actually, we focus on four phases in scenario technique: system analysis, system design, scenario transfer and system controlling (cf. Figure 1).

2.1 Systems analysis

According to Ulrich and Probst (1988), complex systems can be described by means of plurality (number of the system’s parameters), interconnectedness (number of interconnections between these parameters), and the status of different systems (scenarios). With a reduction of complexity in mind, the number of the system’s parameters, respectively, their interconnections have to be reduced to a manageable extent: the key parameters.

Figure 1 Phase model of scenario technique



The step of systems analysis in the scenario creation process addresses in this context the first two elements of a complex system’s description (identification of the system’s parameters and their respective interconnectedness), as well the reduction of complexity by identifying the system’s key parameters.

All system parameters (influencing factors for the future scenarios and accordingly strategy parameters for the developed business models) that can currently be observed are considered and described in a non-judgemental way. Additionally, further conceivable parameters have to be added, e.g., by means of a panel of experts or creativity techniques such as brainstorming.

The catalogue of parameters quickly becomes very extensive (30–80 influencing factors or rather strategy parameters). As already mentioned, they have to be reduced to the crucial key parameters. In this context, the systems analysis assists, by means of cross-linking and rating each parameter against the other, in a so-called influence matrix (cf. Figure 2). In principle, systems analysis answers the question: ‘Which parameters are levers and which are rather indicative?’ Since the rating of the parameters against each other is determined by the identification of their pairwise degree of influence, this question can be answered by regarding the row, respectively column totals of the influence matrix. Therefore, a system lever is a parameter that highly influences other parameters (high row total: the active sum) and an indicative parameter is a parameter that is highly influenced by other parameters (high column total: passive sum). This means, those parameters with the highest active sums are mostly selected for the further analysis of the system. These are the key parameters of the system. The remaining parameters are excluded from further analysis.

Besides selecting the key parameters by means of the active sum, several other selection criteria, such as a parameter’s particular role in the system (centrality – a key figure adapted from social network analysis) can be deployed (Grienitz and Schmidt, 2010b).

Figure 2 Example of influence matrix for systems analysis regarding strategy scenarios

How strong is the influence of the row on the column? 3: strong and immediate influence 2: normal influence 1: weak and lagged influence 0: no existing influence	Generic competitive strategy	Cruising radius	Financing model	Branch affiliation	Organisation	Pre Sale	...	Focusing on specific branch(es)
	1 Generic competitive strategy							
2 Cruising radius								
3 Financing model								
4 Branch affiliation								
5 Organisation	0	2	1	0	0	1	1	1
6 Pre Sale	0	0	0	0	0	0	0	0
⋮								
34 Focusing on specific branch(es)	1	2	0	2	2	2	2	2

Pre Sale has no existing influence on the branch affiliation.

2.2 System design

The parameters' values are one aspect that was not yet detailed earlier, but that is also important for describing complex systems. Regarding strategy scenarios, a parameter can, for instance, be the procurement strategy and the respective values, e.g., local sourcing, global sourcing, multiple sourcing, etc. In the context of future scenarios, the view is directed towards the future, i.e., projections of the key parameters towards the future are developed. The identification and determination of future developments should thereby rely upon trends that can be observed today. Weak signals indicate possible directions of development. Furthermore, the identified projections should be supplemented by other thinkable paths of development.

The wider the range and diversity of the parameters' values are, the more creative and compelling are the resulting scenarios. The maximal number of values per key parameter cannot be defined exactly. Experience shows that four to five values represent a very good spectrum.

Therefore, the system design phase covers the identification of the key parameters' values, on the one hand. On the other hand, the joint appearance of these values is assessed in a so-called consistency matrix. The question of probability does not play such an important role in this context. Rather, the plausibility (consistency value) that two characteristics can emerge simultaneously in a scenario is stated.

By means of a consistency algorithm, the most consistent set of solutions (bundles of parameters' values) are now calculated on the basis of the filled-in consistency matrix. One single set of solutions is represented by a combination of one specific value per key parameter. In the case of a strategy scenario, a solution set can be, for example, local sourcing (procurement strategy), direct marketing (distribution strategy), corporate clients (clients' size), etc. The consistency of a set of solutions is determined by its inner coherence, i.e., by all the pairwise assessed consistency values of the set of solution key parameters' values. Since a high consistency value implies a high plausibility, the most consistent solution sets have a high consistency sum (summation of all consistency values of the specific bundle).

As a result of the proposed complexity reduction, not all sets of solutions can be considered. In fact, the most consistent solutions sets (those with the highest consistency sums) are clustered into raw scenarios. That is, similar solutions are clustered together as regards content, resulting in a manageable number of raw scenarios (two to seven). In principle, the final number of scenarios is determined by the loss of information per aggregation step within the clustering process. One possibility that helps to visualise this information loss and to choose the correct number can be a scree diagram (Gausemeier et al., 2009).

At this point, trained scenario facilitators can already read the scenarios. However, it is also important to make them communicable for all intended addressees. Therefore, the next step is to visualise the raw-scenarios in the scenario transfer phase.

2.3 Scenario transfer

The final visualisation of the scenarios can be realised in many ways. One approach is to visualise the scenarios in the graphic form of a table. This form is called 'list of characteristics'. That is, for every scenario's characteristics, the frequency of occurrence per value is displayed in percentages. Regarded from a distance, this list looks very similar to a DNA profile (cf. Figure 3). That is why the list of characteristics is also called 'scenario DNA'. Since most differentiated scenarios are the target of optimisation, it is more likely that a scenario's 'DNA' differs much from the remaining scenarios. However, it is also important to make them communicable for all persons involved in the scenario creation process. Therefore, the consistent scenarios can

also be visualised by means of multi-dimensional scaling (cf. Figure 4). Every small bubble in this graphic represents a consistent set of solutions. The bigger bubbles constitute the above-mentioned raw scenarios (columns I, II and III on the right side of Figure 3). In most cases, the multi-dimensional differences between the particular scenarios models are reduced to two dimensions, i.e., the differences with regard to content are condensed to a graphic distance. The closer the scenarios in the graphic are, the more equal they are as regards content, and vice versa. The visual presentation of the scenarios provides a good in-depth overview for both academic and non-academic addressees (Wiek et al., 2009).

Figure 3 Detail of a ‘scenario DNA – list of characteristics (see online version for colours)

Parameters	Characteristics	Nr.	Raw Scenarios			Trend
			I	II	III	
Economic Development (EU)	Continuous boom	1A	0	100	0	0
	Cyclical fluctuations	1B	100	0	20	50
	Weak economic growth	1C	0	0	80	50
	Recession	1D	0	0	0	0
Willingness to Innovate	Innovation for short-term productivity	2A	0	100	0	10
	Strategic innovations	2B	100	0	0	20
	Extrinsic innovations	2C	0	0	100	70
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Environmental policy measures	Environmental disinterest of politics	17A	0	0	0	0
	Raised environmental standards	17B	100	0	0	20
	Retaining of today's policy	17C	0	0	100	80
	EU as lone fighter for env. issues	17D	0	100	0	0

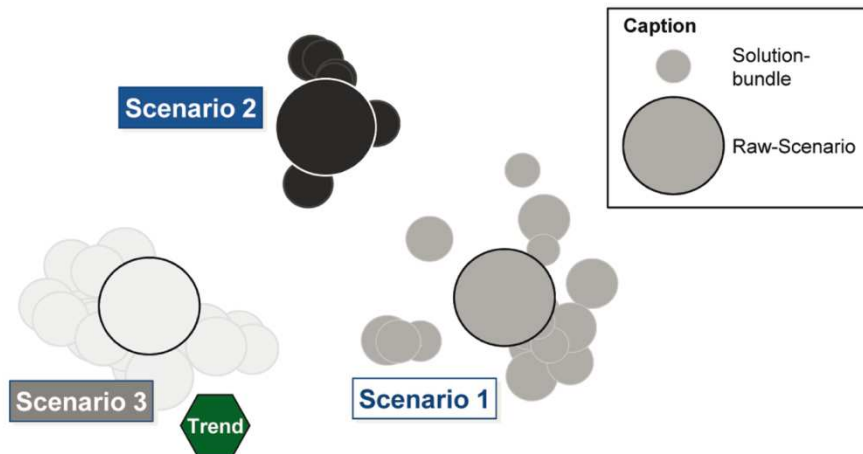
At most, two different classes of scenarios are assessed. On the one hand, future scenarios describe the investigated system’s environment, the so-called scenario field. These scenarios contain, as already mentioned, parameters that cannot be influenced by the system per se. On the other hand, scenarios can be developed for the field of action, which describe the different options for action with regard to the developments in the scenario field. In this context, for example, strategy or product scenarios can be developed. Since it is important to integrate the scenarios into the strategic planning process, the scenario field and the field of action are linked. For this, the consequences for every element of the field of action are reviewed in the context of each future scenario (assessment in the light of the scenario). In a parallel process, opportunities and risks can be identified as well. Subsequently, future options for action are recommended.

2.4 System controlling

With regard to all systems parameters’ values, we investigated to what extent certain developments can be detected already, or whether revolutionary changes have to take place in order for a parameter’s value to occur. For future scenarios, the results of the assessment can be displayed, for example, as a trend in a landscape for the future (cf. Figure 4). For this, data from newspaper articles, interviews, blogs, etc., are collected and used, metaphorically speaking, as a litmus test for the actual situation or a trend. That is, the actual situation or a trend can be described in the scenario structure (cf. Figure 3 – last column) and, therefore, can equally be depicted in the same graphic by multi-dimensional scaling. Regarding the given example, it becomes clear that future scenario 3 is the scenario that best matches the prevailing trend, since scenario 3 is nearest to the trend in the graphic. In this regard, it is important to remember that the distance in the map of future describes the similarity of content. Little distance corresponds to great

similarity and vice versa. Because future scenario 1 is more likely to occur if few changes in the expected trend take place, it is important to be prepared for this scenario as well. Future scenario 2 can be regarded as an unlikely scenario – fundamental changes have to take place for this scenario to come true.

Figure 4 Identification of reference future scenarios using a landscape of the future (see online version for colours)



The key parameters, their values and other indicators have to be reflected continuously. By doing so, the relevance of each scenario can be assessed at any time.

3 Application example ‘Future study on the competitiveness of the automotive supplier industry in South Westphalia’

The German automotive sector with its supplier industry is one of the top-selling branches, with a total of 744,000 employees in 2007. This amounts to 2.7% of all employees in Germany. In 2007, 203 billion euro were generated with a growth rate of 7% compared with the preceding year by an output of 5.7 million cars. Regarding the investigated German region ‘South Westphalia’, 31,250 employees generated an automotive turnover of 6.1 billion euro in 2005. The main business areas are chassis and body (Association of the German Automotive Industry, 2008).

Owing to the increasing shift in value creation from the OEM towards the automotive supplier industry, business models on both sides have to change. For instance, some first-tier suppliers may advance to 0.5 tier supplier and assume former duties of the OEM in the areas of final assembly, research and development, or even the coordination of the supply chain. In addition to the proceeding forward integration in the past years, the whole automotive sector is experiencing consolidation through mergers and acquisitions.

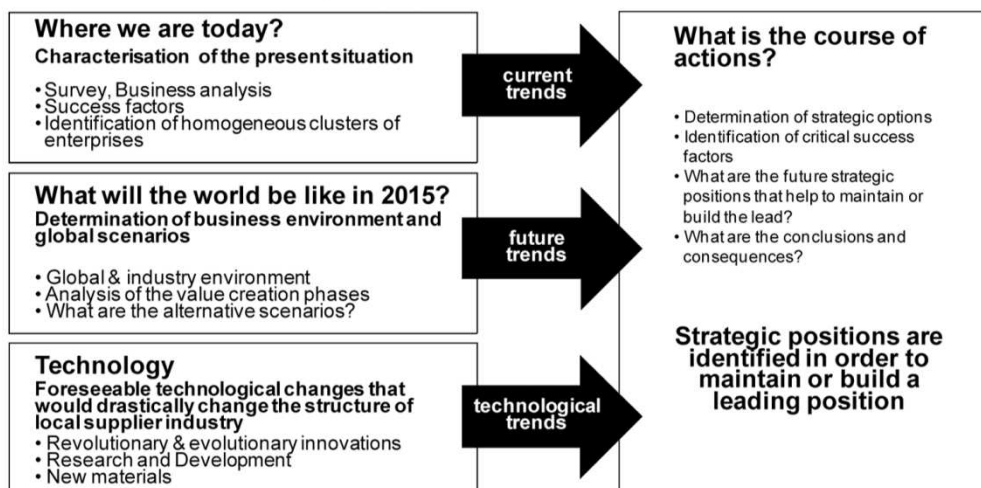
In this context, the assessed branch study tries to assure the competitiveness of the local automotive supplier industry by thinking ahead for the future and generating promising future options for action. Therefore, the following tasks were undertaken:

- Task 1** **What is today’s starting point?** (*Analysis of the local branch’s actual strengths and weaknesses.*)

- Task 2** Is it possible to sub-classify the local supplier industry? (*Description of class-specific characteristics.*)
- Task 3** What are thinkable global scenarios regarding society? (*Depiction of the global future surrounding conditions.*)
- Task 4** What are conceivable scenarios for the OEM market? (*Market scenarios for the OEM.*)
- Task 5** What are foreseeable technological developments that can change the branch in question from scratch? (*What technological developments do the companies have to be prepared for?*)
- Task 6** What are the promising business models of tomorrow? (*Business models for the supplier industry in South Westphalia.*)
- Task 7** What are future options for action and consequences for the automotive supplier industry in South Westphalia? (*What has to be done?*)

These tasks were undertaken during this study (cf. Figure 5). The following paragraphs, therefore, follow this structure. All tasks will be detailed, except for task 5. Task 5 examines technological trends and can, therefore, be regarded as an optional task that provides a better basis for decision-making. For the tasks including scenario creation (tasks 3, 4 and 6), the provided phase model of scenario technique was used. Task 3 produces future scenarios in the narrow sense. Task 4 comes up with OEM scenarios, which in a wider sense are also future scenarios. Task 6 is an application of scenario technique to the field of business model creation. This illustrates the broad range of possible applications of scenario technique.

Figure 5 Process model of the ‘Future study on the competitiveness of the automotive supplier industry in South Westphalia’



3.1 Today's starting point

Before the view can be directed towards the future, it is essential to determine today's as-is state. Therefore, today's framework conditions as well as today's companies strengths and weaknesses have to be identified. In this context, a detailed survey was performed among the South-Westphalian companies. Besides 'hard' factors (business volume, number

of employees, profit margin, etc.) that describe the companies' crucial structural elements, especially 'soft' factors such as strategic orientation/goals or actual applied forms of cooperation were addressed.

One of the study's distinctive features was the questions about success factors – significant levers for the companies' success. By means of a two-dimensional survey, these success factors were rated from today's view. On the one hand, the importance of the success factors for the branch had to be reviewed and, on the other hand, the companies had to assess their own strength with regard to the specific success factor. The combination of these success factors with the questioned 'hard' and 'soft' factors provided a differentiated insight into the unique features of the successful companies in South Westphalia.

Finally, it is necessary to emphasise that each scenario does not necessarily fit with the other developed scenarios, since some aspects of the scenarios can conflict. For example, an OEM scenario, which describes the increasing integration of intelligent solutions and technological innovations from unrelated industries by the OEM, does not play a substantial role for a global scenario that depicts a weak economic growth and a two-class society, which is affected by tangible assets.

3.2 Identification of heterogeneous clusters of companies

The automotive sector in South Westphalia is heterogeneous and manifold. For this reason, a differentiated view of the region's companies was needed. On the basis of key characteristics, such as automotive turnover, percentage of sales automotive, number of served value-added steps or special success factors (mainly structure-describing factors), four different heterogeneous clusters of companies could be identified: 'The diversified medium-sized companies of South Westphalia', 'Specialists for automotive mass production components', 'The big and innovative' and 'The innovative medium-sized automotive companies of South Westphalia'. Identifying heterogeneous clusters of companies was one of the crucial steps in the branch study, because this permitted the required differentiated view of the local branch and therefore a differentiated derivation of the options finally presented for action.

3.3 Future scenarios

As already mentioned, two different types of future scenarios were developed within the conducted branch study. On the one hand, global scenarios describe the major framework conditions for all participants in the automotive sector. Global developments in politics, society and economics, as well as in ecology and technologies, have a significant impact on the development of OEM and suppliers. In this context, the scenario process produced three global scenarios: 'Low road', 'High Road' and 'Crossroad', which were explicitly described and supplemented by short management summaries (cf. Figure 6).

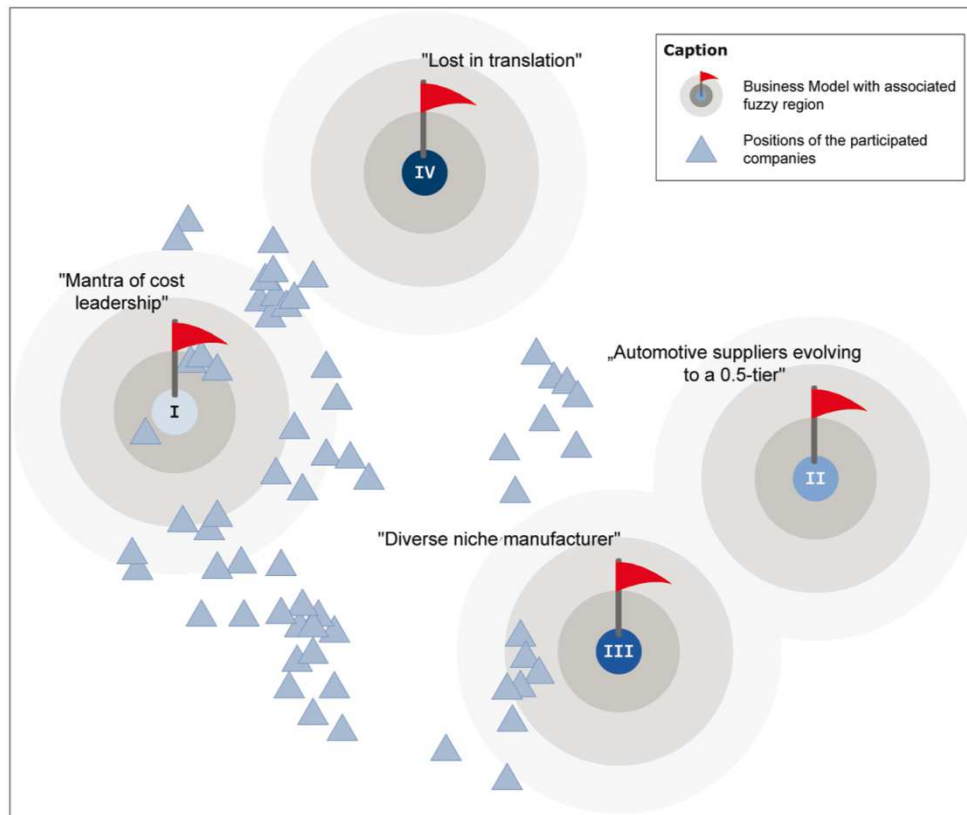
On the other hand, scenarios for the OEM market were worked out, since the OEM fundamentally affect the whole branch's structure and therefore are the branch's driver and 'internal clock'. Additionally, public awareness of the automotive industry is generally reflected through the existence of a few major brands. Automotive suppliers often remain as the hidden champions in the background. In this context, the study identified four consistent OEM scenarios through applying scenario technique: 'Cheaper than four wheels, better than two feet' (cf. Figure 7), 'Ecological renaissance and sustainable mobility', 'Digital mobility and information' and 'Darwinism in the OEM market'.

Figure 6 Global scenario ‘Crossroad’ – management summary (see online version for colours)**Figure 7** OEM scenario ‘Cheaper than four wheels, better than 2 feet’ – management summary (see online version for colours)

3.4 Strategy scenarios

Having identified all future framework conditions (global scenarios, OEM scenarios as well as technological trends), the framework for the suppliers’ future options for action has to be developed.

On the basis of the so-called success factors, levers for future success (the strategy parameters) can be identified. Subsequently, by means of a competitive analysis and a consideration of market constraints, critical levers for actual and future success can be determined. As a result, defined sets of these critical success factors can lead to consistent business models. Since the depicted business models do not necessarily match a company’s actual business model, these can also be regarded as strategy scenarios: future options for action. The branch study identified four consistent and generic business models: ‘Mantra of cost leadership’, ‘Automotive suppliers evolving to a 0.5 tier’, ‘Diverse niche manufacturer’ and ‘Lost in translation’. In contrast to the first three business models, the last business model is the least promising of the business models. Rather, it depicts a future where the existence of the company has to be secured by a concentration on a few core competences. Similar to the depiction of the developed business models (‘golf holes’ in Figure 8), the companies in competition can also be placed within the landscape of the future (triangles in Figure 8) – since their actual business models can be described by strategy parameters in just the same way as the developed business models.

Figure 8 Landscape of competition for the application example (see online version for colours)

3.5 Options for action for the South-Westphalian automotive industry

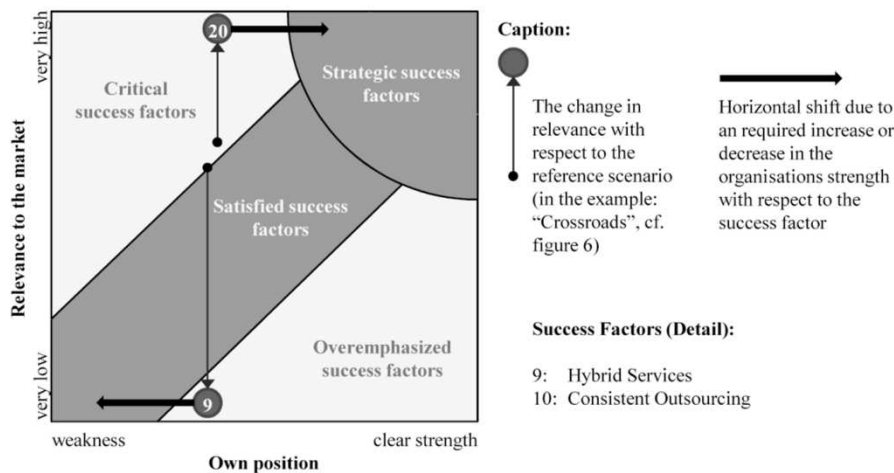
Since not every business model suits every company, the study depicts first options for action on the basis of the business models, always in the context of the most relevant cluster of companies. That is, for each business model, options for action are given for those companies whose business model of today is most similar to the future business model.

In a next step, further options for action were deduced from the success factor analysis. Figure 9 shows an example of a success factor portfolio with two selected success factors ('consistent outsourcing' and 'hybrid services').

Starting from today's position, the change in the relevance of success factors to the market can be described by choosing a reference scenario. An increase of relevancy would lead to a vertical shift upwards and vice versa. Ideally, all success factors would be positioned in the dark areas of the success factor portfolio. That is, for all success factors within the dark areas, the invested resources equal the market's requirements. To obtain the ideal position within the market environment (the dark areas in the portfolio), the organisation would either decrease their own strength (horizontal left shift) or increase their own strength (horizontal right shift) with regard to the critical or over-emphasised success factors. The following points outline the recommendations for the given example:

- gain strength in 'consistent outsourcing' (see '20' in Figure 9)
- reduce effort in 'hybrid services' (see '9' in Figure 9).

Figure 9 Example of a success factor portfolio with two selected success factors from the regarded study



Additionally, the study highlights the so-called 'Strategic Success Positions (SEPs)' that are outstanding success factors for the whole branch (Pümpin, 1983). These are, therefore, guidelines for the daily business that should be considered by all companies of the branch studied. Such positions/factors are, for example, 'ability to innovate/cooperate' and 'competences in market and technology'. For the most part, the SEPs are strategic parameters of the business models or rather strategy scenarios.

As the reader can see in Figure 8, only a few companies questioned pursue a proposed business model. Furthermore, the analysis of the SEPs calls for an urgent need for action. But the companies' strengths today do not allow them to successfully fulfil the future requirements on their own. For these reasons, the study proposed establishing an automotive competence centre, the ACS. The ACS will be a platform for pre-competitive cooperations. It will also prepare the regional companies for the described future aspects of competition and the ongoing forward integration, especially regarding a further shift of development tasks from the OEM to the suppliers. This aspect will be detailed in the following section.

4 Insights and results of the given application example

With regard to the conducted branch study, three different types of scenarios were assessed. At first, two special types of future scenarios were developed: global scenarios and OEM scenarios. On the one hand, global scenarios describe the development of the worldwide framework conditions for the OEM as well as the focused branch. On the other hand, OEM scenarios describe the branch's framework conditions with regard to the OEM behaviour in the automotive sector. These two special types of future scenarios in their entirety describe the framework for the suppliers' future options for action represented by the further developed strategy scenarios.

Having analysed all technological trends, the companies' strengths and weaknesses today as well as the developed scenarios and business models make it clear that actual patterns of action do not only have to be reconsidered. Rather, new paths off the beaten tracks have to be identified, owing to the upcoming systemic change within the automotive industry. In this

context, each and all of the developed scenarios identify an increasing necessity for forward integration. Comparing the competences requested by the OEM with the competences offered by the regional companies, the study emphasises that external help is needed and advises a new development path: the formation of an automotive competence centre that is presently titled ‘ACS’. The principal tasks of the centre are to aggregate and provide the regionally distributed know-how as well as to create a platform for pre-competitive research and development. This recommendation is the main outcome of the scenario process and constitutes a new development path for the regarded South-Westphalian region, which is being presently followed.

Additionally, the study identified a needed focus, especially on economic lightweight construction (aspects with regard to price and environment – global scenario ‘Crossroad’) – in particular for a large-scale and low-cost production (low-cost cars – OEM scenario ‘Darwinism in the OEM market’). It becomes clear that not all scenarios have to be taken into account. Rather, it is necessary to focus on specific scenarios owing to restricted resources.

Actually, the business plan for the ACS is being developed and cyclically reviewed with the CTOs of all participating companies. It is likely that the ACS commenced operations in November 2011.

4.1 Scenario workshop

At most, a scenario workshop lasts no longer than two days. During the first day, important influencing factors will be identified. These are afterwards analysed by means of a systems analysis and describe in detail the complexity of the special market and surrounding influence fields. This part of the workshop ends with the identification of the most important influencing factors: a set of as a rule 12–15 key factors. If the workshop preparation is well organised, only the morning of the first day is needed. The next part constitutes the creative phase of the workshop: identifying future developments for these key influencing factors. The first day finally ends with the pairwise assessment of all conceivable future developments in a so-called consistency matrix. The workshop organisers afterwards calculate the scenarios utilising scenario software.

In the morning of the second day, the scenarios are discussed and interpreted. For every consistent future (2–5 scenarios are normally chosen), risks and opportunities are, therefore, identified. The second day is additionally spent with some discussions about the main question: ‘What would be the course of action if this scenario would eventuate?’. In the rework of the scenario workshop, all results are concentrated and summarised in a management summary for the participants. Naturally, the findings of the scenario workshop are a tentative draft that initiates the democratic scenario creation process. Further research as well as discussions with experts help to fill out and focus the scenarios.

In conclusion, a branch study should be completely performed by external experts who only moderate and manage the study and in particular the scenario workshops. The core team of the externals can optionally be supported by a steering committee, consisting of representative stakeholders. Therefore, all stakeholders of the study only have to concentrate on working out the contents under the guidance of the facilitators.

For the described branch study, the core team consisted of researches from university, management consultants and branch experts from case to case. The branch study’s steering committee, whose members joined the workshops case by case, consisted of stakeholders from local industry (mainly CEOs) and representatives from politics and society.

Several scenario workshops were performed for the study with individual team configurations – depending on the scenarios that were developed. As regards the strategy scenarios, the team predominantly consisted of 5–10 CEOs from local industry. In contrast, the team that worked on the development of the future scenarios was rather multi-disciplinary. Mostly, 10–12 persons were involved in the scenario workshop.

The workshops were always followed up by reviews that detailed the results. Therefore, workshops and reviews were performed cyclically.

4.2 Crucial success factors

At this point, the main success factor for the successful performance of the study was the early inclusion of all stakeholders in realising the study (by a considerable number of responses to the performed survey) and in the scenario creation process. Following Peterhänsel (2009), strategy implementation in most cases fails, owing to a lack of mutual understanding why a change is necessary, on the one hand, and disagreement as to the different possible solutions, on the other hand, i.e., a special framework is needed to achieve a shared perception of the actual situation and the thus resulting need for changes.

In this context, a special scenario technique is the scenario workshop that was used to create the study's scenarios. This multi-stakeholder approach significantly improves the quality, on the one hand, and on the other hand the acceptance of the developed scenarios, i.e., the scenario workshop will be performed to work out the constitutive contents of the scenarios. This concerted course of action requires integrating differentiated stakeholders.

Nevertheless, experienced facilitators for scenario technique are needed to achieve comprehensible results. These facilitators are ideally external persons who moderate and manage the scenario process. On the one hand, the workshop participants are responsible for developing the scenario content and should not have to take care of the workshop's underlying methodology, the scenario technique. On the other hand, it is crucial to successfully consolidate the participants' manifold opinions. Especially against the backdrop that each opinion contains more aspects of the respective person than from the regarded subject – since every person is to a great extent influenced by his/her knowledge, motifs and individual attitude (Lindemann, 2008).

Owing to its importance for the branch study, the scenario workshop was shortly described with regard to the creation of future scenarios in Section 4.1.

Another crucial success factor was the differentiated view of the South-Westphalian automotive industry achieved by identifying heterogeneous clusters of companies. First, interviews with representative companies were performed to gather the first major differentiators. These interviews were backed up by the questionnaire that was sent to the other participating companies in the context of the performed survey. Second, all other received questionnaires were evaluated and analysed, with regard to further relevant factors for the clustering process.

As to the derivation of options for action, this differentiated view enabled specific propositions for each cluster. Since a scenario cannot only point to a single course of action, it is always indispensable to analyse the scenarios in a specific context. Therefore, the options for action for each strategy scenario respectively business model in the branch study are always related to a specific cluster of companies.

4.3 Pitfalls

First, it is necessary to emphasise the importance of the survey quality to the finally gathered results. This means that the questions as well as the structure of the survey have to be

well prepared. Even possible answers have to be thought through in advance. Second, the scenario quality very much depends on the knowledge and the creativity of the scenario workshop's participants and the abilities of the moderator, i.e., it is possible to overlook possible developments or the developed scenarios are not visionary enough – for example, as regards 'black swans' (Taleb, 2010). These are developments or cases that are highly improbable, but have a rather major impact.

Ideally, the developed business models would be tailored to suit specific companies. However, this was not possible for this branch study.

Actual advances in scenario technique indeed lift these restrictions, as now a new consistency algorithm permits an individual weighting of the system's key parameter values during the phase of system design. For example, in the case of developing strategy scenarios, it is possible to interpret the strategy parameters as success factors and to determine the company's actual positioning concerning these success factors. Afterwards, there are principally two different points of view to develop strategy scenarios for a specific company by means of success factors: a market-based and a resource-based view:

- First, it is possible to look at a company according to its internal strengths and weaknesses. For the scenario-based generation of business models, this means strategy parameter values are compromised in the process of scenario creation according to their strength and weakness capacity respectively. Strategy parameter values that are assessed as the company's strength are more strongly weighted than factors that represent the company's weaknesses. This approach is in particular qualified when the scope of action is limited by the company's restricted amount of resources. This approach corresponds to a resource-based view.
- Second, the developed strategy parameters can be regarded from a market-based view. The company orients its strategy to the market's chances and possibilities. Following Hoskisson et al. (1999), a market-oriented positioning is an essential lever for a company's success. For this reason, strategy parameter values that are rated as very important to the market are more strongly weighted than factors that are of minor importance. In this way, particular market know-how can additionally be integrated.

Comparing the developed business models with the actual South-Westphalian automotive suppliers' business models, it becomes clear that not every proposed business model suits every company. Since for almost each South-Westphalian supplier a change of business model would entail undue expense, the developed business models should in fact be regarded as 'guardrails' that show up (new) future proof and clear development paths. Admittedly, we do not know any South-Westphalian company that changed its business model to a proposed one – but many companies pursue a cross-business model core element: the recommendation to cooperate within a competence centre: the ACS.

5 Conclusion

Essentially, scenarios can be developed by many experts, companies, researchers from university as well as representatives from politics. However, the realisation should be undertaken by a handful of entrepreneurs. The presumably promising scenario projects are

very focused on a special industry sector and are regionally concentrated. Only in that way can platitudes and verbiage be avoided. In a nutshell, the following ‘success factors’ help to successfully develop multi-stakeholder scenarios:

- a managing, moderating and facilitating core team (of externals)
- a tight project organisation
- a focused subject matter
- a realistic time horizon (normally about 10 years) for the scenarios
- communicating all results by means of intelligent visualisation (e.g., multi-dimensional scaling, system portfolios, etc.)
- an early and broad integration of all stakeholders
- only a handful of entrepreneurs is in charge of the realisation.

Concluding, it can be stated that scenario technique is an outstanding qualitative method for handling multi-stakeholder projects and coordinating systemic change – in this context, especially for identifying future proof patterns of action and necessary changes as regards (new) development paths, respectively. Therefore, multiple paths of development can be thought through ahead in a non-judgemental way. The real world’s complexity can be transformed and reduced realistically within the scenario project by using systems analysis. Additionally, communicating the scenarios with the help of landscapes of the future activates and advances own creativity. It enables an understanding that exceeds the scenarios in prose.

Despite the fact that the business models created with the help of scenario technique should be regarded primarily as guardrails for future actions, these can highlight new uncontested business areas or rather market space. Similarly, Kim and Mauborgne (2005) recommend following ‘blue ocean strategies’, i.e., leaving the ‘red ocean’ of bloody competition and searching for new paths that make competition irrelevant. Since the company’s competitors can be also be depicted in the landscape of competition by means of a competitive analysis (cf. Figure 8), it is possible to identify or even highlight such ‘blue ocean’ areas.

References

- Angermeyer-Naumann, R. (1985) *Szenarien und Unternehmenspolitik: Globalszenarien für die Evolution des unternehmenspolitischen Rahmens*, Kirsch-Verlag, Herrsching.
- Association of the German Automotive Industry (Eds.) (2008) *Auto Jahresbericht 2008*, Association of the German Automotive Industry, Frankfurt am Main.
- Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G. and van der Heijden, K. (2005) *The Origins and Evolution of Scenario Techniques in Long Range Business Planning*, Futures 37/05, 8, Elsevier, Amsterdam, S. pp.795–812.
- Fink, A. and Siebe, A. (1996) *Handbuch Zukunftsmanagement*, Campus Verlag, Frankfurt.
- Gausemeier, J., Fink, A. and Schlake, O. (1996) *Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien*, Hanser-Verlag, München.
- Gausemeier, J., Plass, C. and Wenzelmann, C. (2009) *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung*, Hanser-Verlag, München.

352 V. Grienitz and A-M. Schmidt

- Godet, M. (2006) *Creating Futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool*, Economica, 2nd ed., London.
- Gordon, T.J., Becker, H.S. and Gerjuoy, H. (1974) *Trend-Impact Analysis: A New Forecasting Tool*, The Futures Group: Glastonbury, Connecticut.
- Götze, U. (1993) *Szenario- Technik in der strategischen Unternehmensplanung*, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- Grienitz, V. and Schmidt, A-M. (2009) 'Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis Evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien, Paper Presented at the *5th Symposium Für Vorausschau und Technologieplanung*, 19–20 November, Berlin, Germany.
- Grienitz, V., Ley, S. and Schmidt, A-M. (2009a) *Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015*, Siegen: Self-Publishing, Available through the Internet: <http://www.automotive-suedwestfalen.de/fileadmin/acs/swf2015.pdf>
- Grienitz, V., Ley, S. and Schmidt, A-M. (2009b) 'Scenario based future business models in automotive supply industry', Paper Presented at the *Industrial Engineering Research Conference*, 30 May–03 June, Miami, Florida USA.
- Grienitz, V. and Schmidt, A-M. (2010a) 'Gewichtete Konsistenzberechnung – Kopplung von Systemanalyse und Szenarioerstellung', Paper Presented at the *6th Symposium für Vorausschau und Technologieplanung*, 28–29 October, Berlin, Germany.
- Grienitz, V. and Schmidt, A-M. (2010b) 'Scenario-based complexity management by adapting the methods of social network analysis', Paper Presented at the *International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics*, 06–09 April, Orlando, Florida USA.
- Hoskisson, R., Hitt, M., Wan, W. and Yiu, D. (1999) 'Theory and research in strategic management: swings of a pendulum', *Journal of Management*, Vol. 25, No. 2, pp.417–456.
- Kim, W.C. and Mauborgne, R. (2005) *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*, Harvard Business School Publishing Corporation, Massachusetts, Boston.
- Lindemann, H. (2008) *Systemisch beobachten – lösungsorientiert Handeln*, Ökotopia Verlag: Münster.
- Mason, D. (2003) 'Scenarios and strategies: making the scenarios about the business', *Strategy & Leadership Bradford MCB UP Limited*, Vol. 31, No. 1, pp.23–31.
- Mićić, P. (2007) *Die fünf Zukunftsbrillen – Chancen früher erkennen durch praktisches Zukunftsmanagement*, Gabal Management, Offenbach.
- Peterhänsel, M. (2009) *Wertstrommanagement – Eine wirksame Intervention im Rahmen von grundlegenden Veränderungsprozessen*, Obtained through the Internet: <http://www.sedlak-partner.de/PDF/Wertstrommanagement.pdf> [Accessed 02/03/2009].
- Pillkahn, U. (2008) *Using Trends and Scenarios as Tools for Strategy Development: Shaping the Future of Your Enterprise*, Publicis Corp. Publ', Erlangen.
- Pümpin, C. (1983) *Management strategischer Erfolgspositionen: das SEP-Konzept als Grundlage wirkungsvoller Unternehmensführung*, 2nd Ed., Stuttgart Bern, Haupt.
- Reibnitz, U. (1991) *Szenariotechnik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung*, Wiesbaden Gabler.
- Schoemaker, J.H. (1995) 'Scenario planning: a tool for strategic thinking, *MIT Sloan Management Review Cambridge, Massachusetts MIT Sloan School of Management*, Vol. 2, No. 36, pp.25–40.
- Schwartz P. (2002) *The Art of the Long View – Planning for the Future in an Uncertain World*, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Chichester.
- Steinmüller, K. (1997) *Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung: Szenarien, Delphi, Technikvorausschau*, Obtained through the Internet: http://steinmuller.de/media/pdf/WB_21_Grundlagen.pdf [Accessed 30/10/20011].
- Taleb, N.N. (2010) *The Black Swan – The Impact of the Highly Improbable*, 2nd Ed., Random House Trade Paperbacks, New York.

Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios 353

- Ulrich, H. and Probst, J.B. (1988) *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*, Haupt: Bern/ Stuttgart.
- Wiek, A., Gasser, L. and Siegrist, M. (2009) 'Systemic scenarios of nanotechnology: sustainable governance of emerging technologies', *Futures – The Journal of Policy, Planning and Futures Studies*, Vol. 41, No. 5, pp.284–300.
- Wilson, I. (2000) *From Scenario Thinking to Strategic Action.*, *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, New York, Elsevier 65 S., Newyork, pp.23–29.

A 23 [GS12b]

*Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference
G. Lim and J.W. Herrmann, eds.*

**Taxonomy for generation of Blue Ocean Business Model with
Scenario Technique**

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Abstract

Scenario technique is an outstanding method for the handling of multi-stakeholder projects and the coordination of systemic change. However, scenario technique is not only limited to future scenarios, but business models in terms of strategy scenarios can also be developed. These business models are future proof patterns of action and can highlight new promising development paths. Additionally, the complexity in communicating the scenarios can be reduced by so-called landscapes of the competition. Despite the fact that the so-created business models should be regarded primarily as guardrails for future actions, these can highlight new uncontested business areas or rather market space. Kim and Mauborgne [1] recommend following such “blue ocean strategies,” i.e., leave the “red ocean” of bloody competition and search for new paths that make competition irrelevant. Since the company’s competitors can be also be depicted in the landscape of competition by means of a competitive analysis, it is possible to identify or even highlight such “blue ocean” areas. The paper presented will describe the development of business models and the identification of development paths that lead to these consistent business models. These development paths are clearly dependent on the company’s own strengths and weaknesses and need competent change management.

Keywords

Blue Ocean, Business Models, Scenario Technique, Multi-stakeholder Approach, Success Factors

1. Introduction

Many entrepreneurial decisions are taken under uncertainty: On the one hand, not all determinants of the problem regarded are known. On the other hand, the interconnectedness between these determinants is often unclear or unknown.

Regarding the development of business models as a specific area of strategic management, the problem depicted of uncertainty becomes evident in a specific manner: The more the outcome of a decision reaches into the future, the more uncertainty grows. Dependent on the underlying business model, more or less crucial changes in the branch’s structure can occur. Starting, for example, with the market entry of new competitors or revolutionary innovations to the drop out of whole distribution channels, many developments are thinkable - resulting in a bundle of extremely interconnected and crucial determinants. This bundle is difficult to handle under both mathematic and economic aspects.

Starting with a short description of scenario technique, the present paper provides a taxonomy for the creation of business models. By considering multiple (actual, as well as thinkable) values of single strategy parameters and their respective associated interconnectedness, consistent business models can be derived. Hence, scenario technique can be an appropriate toolbox regarding strategic management [2-5].

Although the developed business models should be regarded primarily as a strategic framework, these can highlight new uncontested business areas or rather new market space. In this context, Kim and Mauborgne [1] recommend following “blue ocean strategies,” i.e., leaving the “red ocean” of bloody competition and searching for new paths that make competition irrelevant. Since the company’s competitors can also be depicted in the landscape of competition by means of a competitive analysis (see Fig. 6), it is possible to identify or even highlight such “blue ocean” areas.

Grienitz, Schmidt

2. Siegener Approach of Scenario Technique

From a historical perspective, scenario technique was developed in the 1950s by researchers of the Rand Corporation for an analysis and forecast of the future. Nearly at the same time, the cross-impact analysis was developed, which today is often used for the development of scenarios [6]. Initially, the term “scenario” was used by Kahn, who developed plausible future situations with respective defensive strategies by combining facts with logical reasoning [7]. Berger founded the “Centre d’Etudes Prospectives” in France and developed the term “La Prospective”, the French equivalent for the term of scenario and scenario technique, respectively [7]. In the German speaking region, the approaches especially of the Batelle Institute laid the foundations for the further development of scenario technique. Depending on the underlying question, either the cross-impact analysis or the consistency analysis is used. Former assistants of the Batelle Institute, for example, Reibnitz and Geschka, have further improved the method that uses the cross-impact analysis and have, therefore, contributed substantially to the wide spread of this method [5, 8]. The consistency matrix and consistency analysis, respectively, are contributions within the Paderborner Approach following Gausemeier et al. [5]. Of course, several additional approaches of scenario technique exist [10-15].

In our understanding, scenario technique is a method for reducing complexity against the backdrop of an underlying system comprehension. The complexity of the multitude of influences and possibilities for development is reduced to a number that can be handled and communicated. At first, a clear definition of the question that is to be answered is needed. If the scope of the scenarios is not clearly outlined at this point in the process, they lose their validity and effect. The effort then would not be justified and the results of the scenarios are challenged.

Actually, there are four phases in the underlying Siegener approach of scenario technique: System Analysis, System Design, Scenario Transfer, and System Controlling (see Fig. 1). Figure 1 shows the generic approach of scenario technique, as well as the course of action adapted as regards the development of future scenarios in general and strategy scenarios in particular.

2.1. System Analysis

According to Ulrich and Probst [16] complex systems can be described by means of plurality (number of the system’s parameters), interconnectedness (number of interconnections between these parameters) and the different system statuses (scenarios). With a reduction of complexity in mind, the quantity of the system’s parameters, respectively their interconnections, have thus to be reduced to a manageable extent: The key parameters.

The step of System Analysis in the scenario creation process addresses, in this context, the first two elements of a complex system’s description (identification of the system’s parameters and their respective interconnectedness), as well the reduction of complexity, by identifying the system’s key parameters.

All a system’s parameters (influence factors for the future scenarios and, accordingly, strategy parameters for the developed business models) that can currently be observed are considered and described in a non-judgmental way. Additionally, further thinkable parameters have to be added, e.g., by means of a panel of experts or creativity techniques, such as brainstorming.

The catalogue of parameters quickly becomes very extensive (30-80 influence factors or rather strategy parameters). As aforementioned, it has thus to be reduced to the crucial key parameters. In this context, the System Analysis assists by means of cross-linking and rating each parameter against each other in a so-called influence matrix (see Fig. 2). In principle, the System Analysis answers the question: “Which parameters are levers and which are rather indicative?” Since the rating of the parameters against each other is determined by the identification of their pairwise degree of influence, this question can be answered by regarding the row, respectively column totals, of the influence matrix. Therefore, a system lever is a parameter that highly influences other parameters (high row total: the active sum), and an indicative parameter is a parameter that is highly influenced by other parameters (high column total: passive sum). Therefore, those parameters with the highest active sums are mostly selected for the further analysis of the system. These are the key parameters of the system. The remaining parameters are excluded from the further analysis.

Grienitz, Schmidt

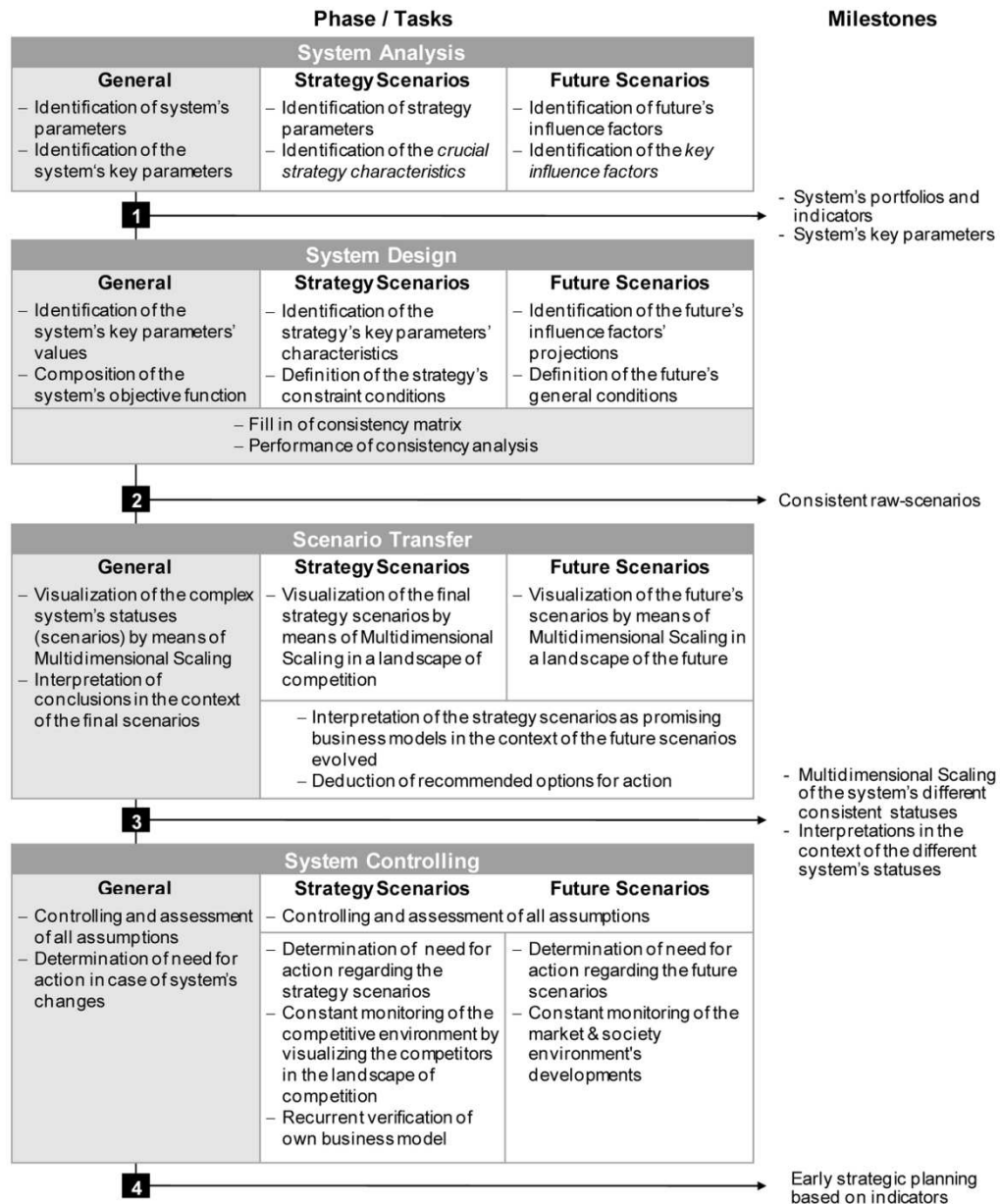


Figure 1: Phase model of scenario technique.

Besides the selection of the key parameters by means of the active sum, several other selection criteria, such as a parameter's particular role in the system (betweenness-centrality - a key figure adapted from Social Network Analysis), can be deployed [17]. This allows for a more reasonable choice, since these additional criteria can describe further very important qualities of the examined parameters. As regards the given example (role in the system) a parameter can be determined for example as a connector between other relevant parameters or even as a gatekeeper (e.g. for information) in the network of (key) parameters.

Grienitz, Schmidt

How strong is the influence of the row on the column? 3: strong and immediate influence 2: normal influence 1: weak and lagged influence 0: no existing influence		Generic competitive strategy	Cruising radius	Financing model	Branch affiliation	Organization	Pre-Sale	...	Focusing on specific branch(es)
1 Generic competitive strategy	Pre-Sale has no existing influence on the branch affiliation.								
2 Cruising radius									
3 Financing model									
4 Branch affiliation									
5 Organization		0	2	1	0	1	1	1	
6 Pre Sale		0	0	0	0	0	0	0	
⋮									
34 Focusing on specific branch(es)	1	2	0	2	2	2	2		

Figure 2: Exemplarily influence matrix for the System Analysis regarding strategy scenarios.

2.2 System Design

The parameters’ values constitute one aspect that has not yet been detailed above, but that is similarly important for the description of complex systems. Regarding strategy scenarios, a parameter can be, for instance, the procurement strategy and the respective values, e.g., local sourcing, global sourcing, multiple sourcing, etc.. In the context of future scenarios, the view is directed towards the future, i.e., projections of the key parameters towards the future are developed. The identification and determination of future developments should thereby rely upon trends that can be observed today. Weak signals indicate possible directions of development. Furthermore, the projections identified should be supplemented by other thinkable paths of development.

The wider the covered range of the parameters’ values regarding their diversity is, the more creative and compelling the resulting scenarios are. The maximal number of values per key parameter cannot be defined exactly. Experience shows that four to five values represent a very good spectrum.

Therefore, the phase of System Design, on the one hand, covers the identification of the key parameters’ values. On the other hand, the joined appearance of these values is assessed in a so-called consistency matrix. Possible ratings (consistency values) range from “not conceivable – total inconsistency” (1) to “lock and key – perfect match” (5). Thereby, the question of probability does not play that important a role. Rather, the plausibility (consistency value) that two characteristics can emerge simultaneously in a scenario is stated.

By means of a consistency algorithm, the most consistent solution-bundles (bundles of parameters’ values) are now calculated on the basis of the filled in consistency matrix. One single solution-bundle is represented by a combination of one specific value per key parameter. In the case of a strategy scenario, a solution-bundle can be, for example, local sourcing (procurement strategy), direct marketing (distribution strategy), corporate clients (clients’ size), etc. The consistency of a solution-bundle is determined by its inner coherence, i.e., by all the pairwise assessed consistency values of the solution-bundle’s key parameters’ values. Since a high consistency value implies a high plausibility, the most consistent solution-bundles have a high consistency sum (summation of all consistency values of the specific bundle).

As a result of the proposed complexity reduction, not all solution-bundles can be considered. In fact, the most consistent solution-bundles (those with the highest consistency sums) are clustered to raw-scenarios. In other words,

Grienitz, Schmidt

similar solutions are clustered together as regards content, resulting in a manageable number of raw-scenarios (two to seven). In principle, the final number of scenarios is determined by the loss of information per aggregation step within the clustering process. One possibility that helps visualizing this information loss and choosing the correct number can be a scree diagram [18].

At this point, trained scenario facilitators can already read the scenarios. However, it is also important to make them communicable for all intended addressees. Therefore, the next step is the visualization of the raw-scenarios in the phase of Scenario Transfer.

2.3 Scenario Transfer

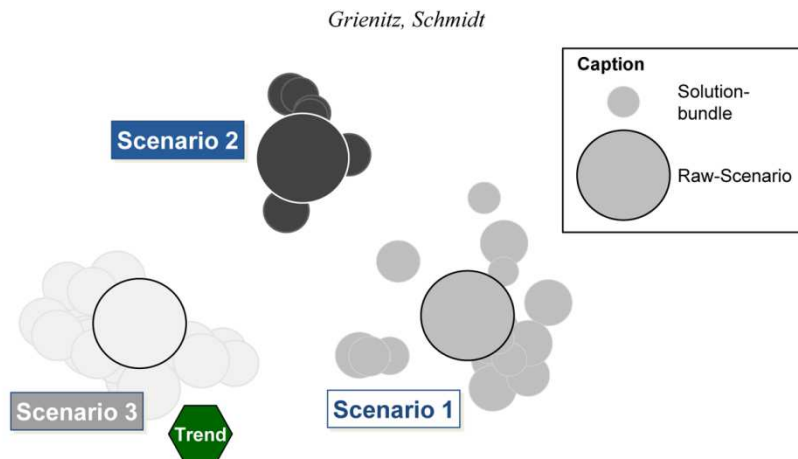
The final visualization of the scenarios can be realized in many ways. One approach is to visualize the scenarios in the graphic form of a table. This form is called a “list of characteristics”. That is, for each scenario’s characteristics, the frequency of occurrence per value is displayed as a percentage. Regarded from a distance, this list looks very similar to a DNA profile (see Fig. 3). That is why the list of characteristics is also called “Scenario DNA”. Since most differentiated scenarios are the target of the optimization, it is likely that a scenario’s “DNA” differs a lot from the remaining scenarios. However, it is also important to make them communicable for all people involved in the scenario creation process. Therefore, the consistent scenarios can also be visualized by means of multidimensional scaling (see Fig. 4). Every small bubble in this graphic represents a consistent solution-bundle. The bigger bubbles constitute the aforementioned raw-scenarios (columns I, II and III on the right side of Fig. 3). In most cases, the multidimensional differences between the particular scenarios’ models are reduced to two dimensions. In other words, the differences with regard to content are condensed to a graphic distance. The closer the scenarios are in the graphic, the more equal they are as regards content, and vice versa. The visual presentation of the scenarios provides a good in-depth overview for both academic and non-academic addressees [19].

		Raw Scenarios				
Parameters	Characteristics	Nr.	I	II	III	Trend
Economic Development (EU)	Continuous boom	1A	0	100	0	0
	Cyclical fluctuations	1B	100	0	20	50
	Weak economic growth	1C	0	0	80	50
	Recession	1D	0	0	0	0
Willingness to Innovate	Innovation for short-term productivity	2A	0	100	0	10
	Strategic innovations	2B	100	0	0	20
	Extrinsic innovations	2C	0	0	100	70
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Environmental policy measures	Environmental desinterest of politics	17A	0	0	0	0
	Raised environmental standards	17B	100	0	0	20
	Retaining of today's policy	17C	0	0	100	80
	EU as lone fighter for env. issues	17D	0	100	0	0

Figure 3 Detail of a “Scenario-DNA” - List of characteristics

2.4 System Controlling

With regard to all system’s parameters’ values, it is investigated how far certain developments can already be detected, or whether revolutionary changes have to take place in order for a parameter’s value to occur. For future scenarios, the results of the assessment can be displayed, for example, as a trend in a landscape for the future (see Fig. 4). For this, data from newspaper articles, interviews, blogs, etc., are gleaned and used, metaphorically speaking, as a litmus test for the actual situation or a trend. That is, the actual situation or a trend can be described in the scenario’s structure (see Fig. 3 - last column) and, therefore, can equally be depicted in the same graphic by multidimensional scaling. Regarding the example given, it becomes clear that future scenario 3 is the scenario that matches the prevailing trend most, since scenario 3 is nearest to the trend in the graphic. In this regard, it is important to remember that the distance in the map of the future describes the similarity of content. Little distance corresponds to great similarity, and vice versa. Because future scenario 1 is likely to occur if few changes in the expected trend take place, it is important to be prepared for this scenario as well. Future scenario 2 can be regarded as an unlikely scenario - fundamental changes have to take place for this scenario to come true.



The key parameters, their values and other indicators have to be continuously reflected. By doing so, the relevance of each scenario can be assessed at any time.

3. Taxonomy of generation for “Blue Ocean” Business Models

As already aforementioned, scenario technique can not only be used for the development of future scenarios. In section 2, some aspects of developing business models with the help of scenario technique have already been mentioned. In the following, a taxonomy for the development of “blue ocean” business models with the help of scenario technique and success factors [20] will be presented. In this context, “blue ocean” business models are business models that are not occupied by the competitors and thus are prospective. Kim and Mauborgne [1] recommend following these “blue ocean strategies,” i.e., leaving the “red ocean” of bloody competition and searching for new paths that make competition irrelevant.

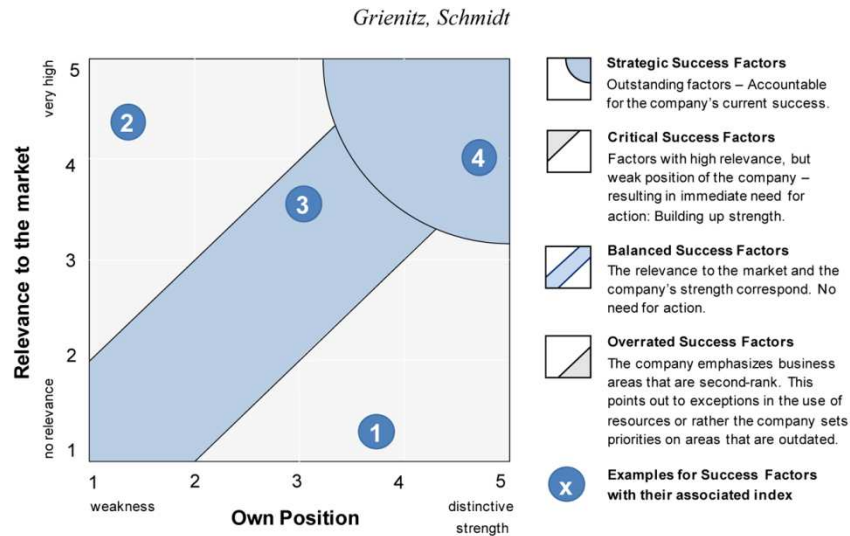
Step 1: Identification of success factors for the market regarded - Internal sight

At first, the company’s own strengths and weaknesses have to be assessed. In this context, the success factor analysis constitutes an appropriate method for the identification of the most relevant strategic parameters. The aim is to identify the integral success factors of a company and to use these as advantages in competition.

Within the success factor analysis, it can be distinguished, on the one hand, between product-specific factors (e.g., operating costs, ease of operation, etc.) and market-specific factors (e.g., logistic performance), and on the other hand, between internal factors (e.g., scope of engineering, delivery on time, etc.) and external factors (e.g., understanding of customer requests, marketing, etc.).

For this, possible success factors have to be identified at the start of the analysis. The optimal solution for the first implementation of the success factors is a workshop with market or product-related internal experts. Wherever possible, the team should ideally be transdisciplinary and heterogeneous. One possibility to describe success factors can be a verb-noun combination, as, for example, “High customer satisfaction” or “Active market investigation.” Descriptions that directly show the target of the success factor, such as “Sales expertise” or “Offering of Product Service Systems,” are another possibility.

Having identified the crucial success factors from an internal sight, the relevance of the success factors, as well as the position of the company in comparison to the competition, has to be assessed, mostly within a workshop. The results can be depicted within a success factor portfolio (see Fig. 5). In this first step of the taxonomy, the independent identification of relevant factors results in a detailed examination of the business situation of the company from an internal sight.



Step 2: Identification of success factors for the market regarded - External sight

From our own experience, success factors that are rated as critical from an internal point of view are very often seen in a much more positive light from the customers' perspective. Therefore, these success factors are often overrated by the companies concerned. This means that valuable resources are very often used in the wrong business divisions. However, it is also thinkable that crucial success factors are overlooked which are rather very important for the market.

That is why, in the second step, the external view should be integrated into the success factor analysis. However, not only should the customers be regarded. The view should also be directed towards the competitors in the respective market. This can also reveal new success factors that are crucial for the respective market but which were overlooked or underrated from the internal sight. These success factors complement in the following the list of success factors from an internal sight.

Step 3: Adding future/visionary success factors

Having identified and assessed all relevant success factors, these have to be complemented by future and visionary parameters or success factors in the third step. Compared to the approach of scenario technique presented, these strategic alignments - success factors from my company and the future - are the strategy parameters' values (see Fig. 1). Hence, with the help of scenario technique, further parameters' values can be identified. For this, the success factors can also be regarded on a higher or rather more abstract level: The level of strategy parameters. This can help in developing possible new success factors. Taking the example "Active market investigation," the respective strategy parameter could be "Mode of market investigation." Further possible future success factors or the strategy parameter's values could be "Outsourcing of own market investigation" or "Market leader - no explicit market investigation required."

Step 4: Use of success factors for the development of promising business models/scenarios

In step 4, all identified success factors are rated against each other if they fit together by means of scenario technique within the phase of System Design. In other words, their joined appearance is assessed in the consistency matrix. This matrix forms the basis for the calculation of the raw business models, i.e., the formation of consistent combinations of success factors (or rather the strategy parameters' values). Further on, only raw business models with the best inherent coherence and, therefore, plausibility are considered - these are at the central point of interest. Coherence is thereby determined by the sum of all pairwise consistencies assessed in the consistency matrix or rather by the consistency sum. With most consistent business models (the finally clustered raw business models) in mind, combinations with the highest consistency sums have to be identified.

Grienitz, Schmidt

Step 5: Landscape of competition

Now, the calculated scenarios have to be depicted with the help of multidimensional scaling in the landscape of competition (see Fig. 6). As already aforementioned, the competitors' business models, as well as one's own business model, can also be positioned in the same graphic, since these can equally be described by the success factors assessed prior to this.

Step 6: Identification of "Blue Ocean(s)" of Competition.

Taking a look at the landscape of competition, uncontested spaces of competition can be discovered. Within these spaces, no competitor occupies a specific business model. In the underlying example of Figure 6, the business model of the company regarded (a service provider in the German forklift market) lay in the highly contested "red ocean" of competition. As a result of the analysis performed, the company decided to establish a new business division that occupied a business model in the "blue ocean" of competition - actually succeeding with this strategy.

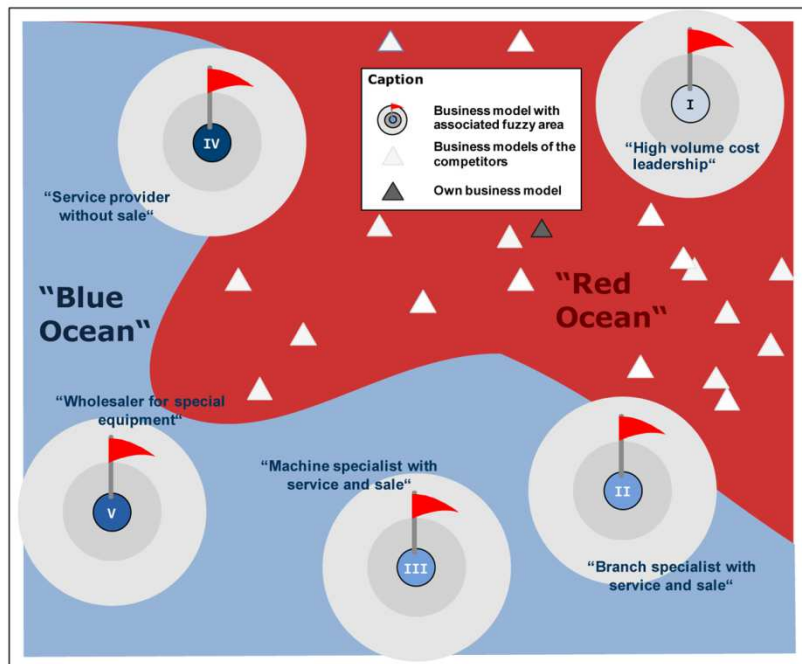


Figure 6: Consistent business models (for a service provider in the German forklift market), depicted in a landscape of competition by multidimensional scaling (MDS).

Step 7: Identification of need for action

As the last step, options for action can be deduced from the analysis of the landscape of competition. In other words, what competences are necessary to get into the "blue ocean" position of competition can be analyzed (if one's own business model is actually in the "red ocean" of competition). With the ideal business model - scenarios close to or in the area of "blue ocean" - the competencies needed can be derived. The loop is closing now. Because, from the landscape of business models, the look can be taken back at the success factor analysis and it can be seen what gaps one's own company has in comparison to the "blue ocean" one needed. Now, it becomes clear that, as a result of the developments of the success factor positions, strategic actions have to be taken in order to change the position at the x-axis (see Fig. 5).

One's own company should build up strength in the areas needed. That means that the "blue ocean" business model will be a lighthouse for the next steps.

Grienitz, Schmidt

4. Conclusion

The approach described can be and is used by companies from different industries and for different company sizes, thus with little adjustments of the approach and the course of action respectively.

Up to now, the company's competitors can be depicted in the landscape of competition by means of a competitive analysis and it is hence possible to identify and highlight "blue ocean" areas of competition. The next questions will be: If there are different ideal business models in the area of "blue ocean", which will be the best one as regards my own competencies? That means that the possible structural changes have to be strategically compared by financial effort, by organizational changes, and so on. It could also be necessary to emphasize the combination of success factors - the fitting function in the order of my company's competences. Further research will show that.

References

1. Kim, W. C. and Mauborgne, R., 2005, "Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant," Harvard Business School Publishing Corporation, Boston, Massachusetts.
2. Fink, A., Siebe, A., 1996, "Handbuch Zukunftsmanagement," Campus Verlag, Frankfurt.
3. Pillkahn, U., 2008, "Using trends and scenarios as tools for strategy development: shaping the future of your enterprise," Publicis Corp. Publ., Erlangen.
4. Steinmüller, K., 1997, "Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung: Szenarien, Delphi, Technikvorausschau," Obtained through the Internet: http://steinmuller.de/media/pdf/WB_21_Grundlagen.pdf, [accessed 30/10/2011].
5. Gausemeier, J., Fink, A.; Schlake, O., 1996, "Szenario-Management Planen und Führen mit Szenarien," Hanser-Verlag, München.
6. Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G., and van der Heijden, K., 2005, "The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning", *Futures* 37/05, 8, Elsevier, Amsterdam, S. 795- 812.
7. Angermeyer-Naumann, R., 1985, "Szenarien und Unternehmenspolitik : Globalszenarien für die Evolution des unternehmenspolitischen Rahmens," Kirsch- Verlag, Herrsching.
8. Reibnitz, U., 1991, "Szenariotechnik: Instrumente für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung," Gabler, Wiesbaden.
9. Wilson, I., 2000, "From Scenario Thinking to Strategic Action," *Technological Forecasting and Social Change*, New York, Elsevier 65 S. 23-29.
10. Schwartz P., 2002, "The Art of the Long View - Planning for the future in an uncertain world," Chichester John Wiley & Sons, 3. Auflage.
11. Schoemaker, J.H., 1995, "Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking." MIT Sloan Management Review Cambridge, Massachusetts MIT Sloan School of Management (1995) 2 (36) S. 25- 40.
12. Mason, D., 2003, "Scenarios and Strategies: making the scenarios about the business," *Strategy & Leadership* Bradford MCB UP Limited 31(1) S: 23-31.
13. Godet, M., 2006, "Creating futures: Scenario Planning as a Strategic Management Tool," London, *Economica* 2. Auflage.
14. Gordon, T.J. et al., 1974, "Trend-Impact Analysis: A New Forecasting Tool," Connecticut The Futures Group, Glastonbury.
15. Mičić, P., 2007, "Die fünf Zukunftsbrillen – Chancen früher erkennen durch praktisches Zukunftsmanagement," Gabal management, Offenbach.
16. Ulrich, H., Probst, G. J. B., 1995, "Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln," Paul Haupt, Bern.
17. Grienitz, V., Schmidt, A.-M., 2010, "Scenariobased Complexity Management by adapting the Methods of Social Network Analysis", Proceedings of "The International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics", pp. 61-66, 6.-19 of June, Orlando, Florida
18. Gausemeier, J., Plass, C., Wenzelmann, C., 2009, "Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung," Hanser-Verlag, München.
19. Wiek, A., Gasser, L., Siegrist, M., 2009, "Systemic scenarios of nanotechnology: Sustainable governance of emerging technologies," *Futures - The journal of policy, planning and futures studies*, Vol. 41, Issue 5, pp.284-300.
20. Grienitz, V., Schmidt, A.-M., 2011, "Derivation of core competencies with help of success factor analysis," Paper Presented at the 2011 Industrial Engineering Research Conference. May, 21-25, 2011. Reno, Nevada.

A 24 [GS12c]**SCENARIO WORKSHOPS FOR STRATEGIC MANAGEMENT WITH
LEGO® SERIOUS PLAY®****Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt**

University of Siegen, Institute for Manufacturing Technology, Siegen, Germany

E-mail: volker.grienitz@uni-siegen.de, marcel.schmidt@uni-siegen.de

Abstract

Doing the right things in a given situation at the right time is the underlying formula for the achievements of every business. It is hereby not only the evolutionary success story of humankind but also the outcome of our cognitive capabilities to think ahead possible future situations. Within strategic management, companies similarly have to think ahead future situations in due time, to ensure the necessary scope for ideas and innovations and generate promising options for action. In this context scenario technique is an appropriate method for future foresight, often realized within a workshop. Lego® Serious Play®, however, is a good tool for enabling and enhancing communication within a workshop framework. The paper presented shows a synopsis of the findings derived from the application of Lego® Serious Play® within a scenario workshop that lead to reliable future options for action.

Key words: scenario technique, scenario workshop, Lego® Serious Play®.

Introduction

At the junior professorship for Industrial Engineering at the University of Siegen, research focuses on future foresight and complexity management on the one hand and technology and innovation management on the other hand. As to the first concern, scenario technique is an accepted toolbox for the visionary look into the future (Geschka, 2006).

Scenario technique is an appropriate toolbox for reducing complexity against the backdrop of an underlying system comprehension. I.e. complexity as regards the multitude of influences and possibilities for development is reduced to a manageable degree.

The process of creating scenarios can be compared to the process of taking a photo with a camera. With a strong flash scenario technique “shoots” a photo of the unknown space “future”. The center of the picture is clear and details can be recognized precisely. At the edges, the blur is growing steadily. Hence, it becomes clear that only a part of the space “future” can be illuminated without being imprecise or losing the focus. Scenario technique therefore cannot help thinking ahead all the future, rather it acts very focused. For future scenarios, it is most important that the question that has to be answered is clearly defined. I.e. three points have to be clarified: the thematic focus, the geographic focus and the time horizon.

According to this, future scenarios and respective options for action were developed within the here described application example. But scenario technique is not only limited to the development of future scenarios. Rather scenario technique can help solving almost any problem with a morphological structure - problems that can be decomposed to parameters with respective

characteristics. For future scenarios the parameters are influence factors for which so called projections are worked out as characteristics. Projections are alternative future development possibilities for the respective influence factors. With that in mind various applications of scenario technique to problems that had a morphological structure have been shown (Grienitz, Schmidt, 2011; Grienitz, Hausicke, Wollny, 2011; Grienitz, Schmidt, 2010).

In general, it can clearly be a challenge taking many opinions into account within a short period of time. Especially it requires a lot of resources and it is prone to problems. On the one hand some persons often don't feel that they have to participate in the process or feel misunderstood. Therefore they hold back their own opinion. On the other hand, results are often limited as regards creativity and imagination. In this context, Lego® Serious Play® (LSP) can make a valuable contribution.

For this, the methodology of Lego® Serious Play® constitutes the second pivot of this paper. At the outset, the Lego Company developed and used Lego® Serious Play® internally for their strategy processes by the mid of the 1990'ies. But ten years later they decided to introduce it to external partners in a special partnership model. Only employees of these partners were trained by the LSP master trainers and became authorized facilitators. Also, only these trained facilitators could buy the specially designed LSP workshop sets. In 2009 LSP became sort of "open source", i.e. since then everyone can buy the special workshop sets and the training program was opened to the public.

LSP bases on fundamental beliefs about leadership and organizations:

- All "voices in the room" are necessary for successful decision-making processes
- Everyone wants to contribute in the process
- Everyone needs to be allowed to contribute their knowledge
- Very often knowledge remains untapped within the minds of the process' participants
- We live in complex and adaptive world

By using the hands for bringing the own ideas and thoughts to Lego® models, more parts of the brain are used than just the working memory. This is called hands-brain-connection. I.e. people are more creative and imaginative when using their hands in the context of mental work. Additionally, everyone gets kind of connected to his ideas by building the respective models and therefore defends the own ideas very intrinsically.

Another Aspect of LSP is to tell the stories that belong to the models. I.e. everyone has to describe the own model afterwards by mainly using metaphors. Metaphors help to give a deeper meaning to the Lego® bricks. I.e. the participants do not build their ideas just by physically representing them with the Lego® bricks. Hence, LSP is not about constructing. Rather the participants give meanings to the bricks by using metaphors and link these meanings to a story that exceeded the physical models. Since everyone has to tell the story that is behind the model, everyone has to contribute. Another rule of LSP is that everyone lets each other speak out their thoughts about the model and the story.

Concluding, LSP can be regarded as a facilitated thinking, communication and problem solving technique that is especially suited for organizations and teams (Roos, Victor, 1999; Roos, Victor, Statler, 2003). In detail, LSP allows for a new way of communication within a scenario workshop that will be described in the following.

Problem of Research

Especially the lack of creativity and imagination evolves / becomes critical within the generation of (future) scenarios, since it is very essential to include a high variety / bandwidth of possible future developments (Grienitz, Schmidt, 2010). As experience shows, the worked out future developments in most cases are in fact not visionary enough. I.e. the available potential of the involved experts was not used efficiently within the process of scenario creation.

The scenario workshop provides - as a special type of scenario technique - an efficient and structured way to involve all stakeholders. The main target of a scenario workshop is to develop reasonable (future) scenarios in a short time (generally in two days) with experts as regards the topic. The scenario workshop will later be depicted in detail within the sample of research in order to accentuate the impressions / conclusions made. At this point it is rather important to emphasize that the scenario workshop in general is also afflicted with the just described problems (lack of creativity and imagination). With that in mind, the idea of integrating the Lego® Serious Play® methodology into a scenario workshop came up.

Research Focus

One aspect of the research at the junior professorship are methods that help to develop more reliable scenarios and therefore to improve the scenarios' quality. In this context, especially the scenario workshop has several group specific problems. LSP can help solving such problems in general. For example by stimulating the participants' creativity or by advancing the process of imagination.

The paper presented hence describes one approach to integrate LSP into the scenario development process and especially into the application form "scenario workshop" in order to achieve an additional benefit. I.e. by establishing systematically managed creativity within the process of scenario creation. Up until now, both methodologies were used independently.

In detail the possible links between both methodologies are of crucial interest. I.e. it has to be questioned what tasks in the workshop could reasonably be replaced or supported by LSP.

Methodology of Research

General Background of Research

In 2008 / 2009, a future study about the competitiveness of the local automotive supplier industry in South-Westphalia, Germany, was conducted (Grienitz, Ley, Schmidt, 2009). Thereby, scenario technique played a major role. Several types of scenarios were developed, thus by using scenario workshops. On the one hand, future scenarios for both the manufacturers and the global environment were developed. These in sum described the future field of action for the regarded supplier industry. On the other hand, strategy scenarios for the suppliers were developed. All scenarios together allowed for the recommendation of consistent options for action.

Scenario creation within workshops has both crucial success factors and pitfalls (Grienitz, Schmidt, 2012). Especially the early and broad integration of all stakeholders and their opinions and know how is very important. During the study LSP was not used, because the junior professorship actually came to know LSP since the end of 2009. Just then, the possibility of connecting both

methodologies could be recognized and it was discussed what advantages there would have been when LSP would have been used for the study. In this context the idea of using LSP within a scenario workshop began to form.

Sample of Research

In the following, both the scenario workshop in general and the experiences / conclusions of the actually performed workshop are presented. The latter are formatted in italic for better reading.

Scenario workshops are an appropriate method for future foresight, bringing different perspectives and opinions to consensus. For this, an ideally very inhomogeneous group of experts should be set up, at which the choice however clearly is dependent on the topic that will be addressed. From this, the following selection requirements may be deduced:

1. The workshop team should include professionals and knowledge holders from all relevant areas
2. All persons that will be involved in the following decision making process should also be included
3. Ideally some externals would be included as creative minds and / or cross lateral thinkers

With a cooperation partner a scenario workshop was performed and future scenarios were developed. Therefore the workshop team was set up with knowledge holders and decision makers from different departments. Externals were not included since the topic was not intended for the general public and had to be treated confidentially. At the beginning of the workshop the introduction round was supplemented by a first round of LSP. I.e. a warm up round for LSP was performed in order to facilitate the group to work with LSP and to create a common starting point for the next LSP tasks. Normally this warm up round is a little bit off topic and helps to “get the hands” on the Lego® bricks. After the warm up round, a topic related tasks was done and more abstract Lego® model was built. This helped advancing imagination and creativity in a first step.

As already described above, the thematic focus, the geographic focus and the time horizon have to be defined at first. This has to be done in the preparation of the scenario workshop. In a next step, all relevant factors that may influence the regarded subject have to be identified. These are so called influence factors. Following Peterhänsel, many strategy implementations, change processes or projects fail owing to a missing understanding as regards both the changes' necessity and possible solutions (Peterhänsel, 2009). Both aforementioned problems can be addressed by a scenario technique in general and the scenario workshop in special. I.e. scenario technique helps to determine the key influence factors that have most (future) impact on the regarded subject, thus by means of prioritization. For this, the influence factors normally are rated against each other as regards their mutual influence in the so called influence matrix.

For the regarded thematic focus, geographic focus and time horizon the workshop team worked out about 50 influence factors. In a general scenario workshop this step is taken by means of paper cards and writing down the ideas by brainstorming. In the regarded workshop the influence factors were identified with help of LSP. For this, every workshop member had to build as much influence factors with help of LSP as possible. By doing so, several advantages could be observed. At first, the diversity of the developed influence factors was very high. I.e. in comparison to previous workshops, it could be notified that the members really were much more creative and imaginative. At second the developed influence factors were much more accessible. I.e. the workshop

participants had a more common understanding of the influence factors. Consequently, everyone could describe all influence factors in detail. This really helped in the process of prioritizing the influence factors. For this not the earlier proposed influence matrix was used. Rather the factors importance was evaluated by means of placing them physically on a printed portfolio (cf. Figure 1), thus also considering the influence factors mutual influences. The portfolio was built up by two dimensions: on the hand, the models were positioned as regards their influence and dynamics on the ordinate and on the other hand by their weight (their importance for the regarded subject) on the abscissa. In detail those factors with the highest weight and influence / dynamics were prioritized - regarding Figure 1, factors that had been positioned mostly right (highest influence to the topic) and mostly at the top (highest importance / weight for the topic). For reducing complexity, not all of the 21 factors in the upper right corner of Figure 1 were chosen. In detail, only twelve factors were selected as key factors - the twelve most right and at the top positioned factors. Compared again to earlier scenario workshops, the prioritization was much more reasonable and finally fully agreed by all participants.

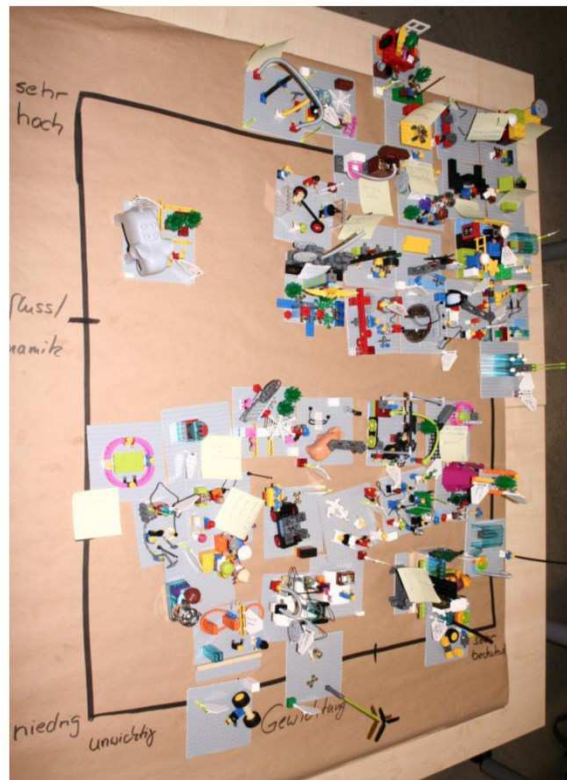


Figure 1: Choice of key influence factors by means of a portfolio.

Within the next step in the scenario creation process the view is directed towards the future. I.e. for all key influence factors, possible (or rather the thinkable) future developments, the so called future projections have to be identified. Normally these are worked out by small groups of the workshop participants, thus guided by the workshop moderator. Similar to the identification of the

influence factors, the projections are created by means of brainstorming and written down on workshop cards with a short description. All cards with the projections are afterwards collected and presented within the whole group.

In a first step the participants were asked to build future projections with LSP that were close to today's is-state. In a second step, they had to be more creative and had to build very visionary future projections for the key influence factors. As a third step they were asked to be open-minded and to create a last model, regardless of whether the respective projection was near to today's is-state or rather visionary. This process step was also taken in small groups. One could ask if the range of projections was comprehensive enough when using LSP, since trends and extrapolations, overstates etc. were not explicitly taken into account. This clearly is a good point for discussion. But it could be noticed that the range of the developed projections was extraordinary. This only became clear when the scenarios were calculated. Hence, this aspect will be discussed later.

Having identified all relevant future projections, these have to be rated against each other in next step. Thereby, the rating criterion is compatibility. I.e. the plausibility for a simultaneous occurrence is questioned. The rating ranges from total inconsistency to strong mutual assistance. All ratings are performed within the so called consistency matrix.

Within the performed workshop, all ratings were performed in exact the same way: by the consistency matrix. But in the following discussion, it became clear that most of the workshop members described the rating process as very efficient and easy accessible. As experience shows, this process step normally is very time consuming and usually has to be facilitated. I.e. LSP allows for a more comprehensive understanding of the projections and therefore provides the mainspring for this advantage compared to the standard scenario workshop. Also, the ratings that were made by the participants felt slightly better, since the resulted scenarios were very selective and there was no necessity for a "fine tuning" of these ratings. As experience shows, especially the latter aspect often evolves within classic scenario workshops.

As a next step the scenarios are calculated, thus based on the consistency matrix. Ideally each calculated scenario consists of projections that are most consistent. For this our special consistency algorithm is used. The scenarios are mostly depicted both as table and a special graphical representation. Within the table the distribution of projections is shown for each scenario. I.e. it can be seen which projections constitute the final scenarios and for example which projections are scenario specific since these occur only in this specific scenario. For the graphic the statistical method of multidimensional scaling (MDS) can be used for example. Based on these depictions, the scenarios are afterwards interpreted, discussed and often also described by short management summaries.

Similar to a classic scenario workshop the developed scenarios were worked up in form of a table and a graphic by MDS in a first step. But afterwards, the scenarios were built with help of LSP. For this, the characteristic projections for every scenario were merged together to a so called shared model. This was done in small groups, each for one scenario.

As a last step, options for actions can be derived based on the developed scenarios. For this, possible alternative courses of action are discussed in the light of each scenario, thus mostly in small groups of the participants. The options for action can afterwards be clustered together to scenario-

specific topics. Also, future proof courses of action can be identified in almost every case. These are courses of actions that fit to any of the developed scenarios.

In case of the performed scenario workshop with LSP, options for actions were also developed. But in contrast to a standard scenario workshop, these were modeled with help of LSP. The according stories that were finally presented by the participants clearly admitted a very broad and common understanding of the developed options for actions and provided insights for further areas of action. In a further step, the courses of action were also clustered together to topics. In contrast to the general course of action, these were not just written together. Rather these were merged together. For this, the core elements of each course of action were used for a common model of topic. In this way, commonalities of the topic specific courses of actions could be identified clearly. This also helped to identify the above mentioned future proof courses of action that were also regarded within the workshop.

Instruments and Procedures

In the core, the depicted insights and the following results were deduced by comparing the experience of further workshops with the workshop supplemented with LSP. For this, recorded lessons learned were compared with the new impressions. Further on in-depth discussions with the participants followed up the workshop. These helped to render more precisely the gained insights and to confirm / confute the impressions made.

Results of Research

In the following the benefits of using LSP for scenario workshops will be depicted. In detail it will be shown where and how LSP was used in the scenario workshop and what benefits could be generated by this.

1. At first, LSP helped to create a common starting point for all workshop members.
This first task helped to set up the team and advanced imagination and creativity. This can be an advantage in case of very inhomogeneous teams, especially when external experts shall be integrated.
2. LSP was further used to identify the (key) influence factor for the workshop topic.
In comparison with experience, the application of LSP lead to a higher diversity of the identified influence factors.
3. Also, the influence factors were prioritized with help of LSP.
It could be experienced that the choice of the key influence factors was much more reasonable and fully agreed, since LSP allowed for a better understanding of the influence factors.
4. As a next step, possible future developments for the influence factors (projections) were gathered with help of LSP.
The range of the developed projections was extraordinary in comparison to earlier workshops. One reason could be the better understanding of the influence factors, thus evoked by the use of LSP. This also helped within the process of assessing the consistency matrix. In detail, the participants experienced this process as efficient and easily accessible. Normally, this process has to be facilitated much more. The very good quality of the developed scenarios supports these statements. Experience shows that the scenarios normally have to be overworked due to minor quality.

5. Further on, the scenarios were visualized with help of LSP. I.e. for each scenario the characteristic projections were merged together to a model of the respective scenario. Normally it is a very complex process of communicating the developed scenarios. But within the applied workshop it became clear that LSP allows for a very good way of communicating the scenarios, compared to the usual ways (table, MDS). I.e. a scenario is not only depicted by the sum of its parts (in form of a table for example). Rather, for each scenario an overall picture could be developed that represented more than just the sum of the respective projections.
6. Based on the LSP models of the scenarios, options for actions were developed in a next step, thus also supported by LSP.
It could be noticed that the developed options for action suited very well to the developed scenarios. In comparison to past experiences, these also provided insights for further areas of action.
7. In a last step, the developed options for actions were clustered together to topics, thus by grouping and putting them into context. For this shared models for each topic were built with LSP. I.e. core elements of each option for action were used for a common model of topic.
By doing so, commonalities of the topic specific courses of action could be identified. This helped to identify future proof options for action. I.e. options for action that fit to any of the developed scenarios.

In addition to the results that are very workshop-task specific, overall improvements could be noticed:

1. LSP helped clearly motivating the workshop members, thus very intrinsically.
2. Each workshop member was satisfied with the results (seeing his ideas / suggestion integrated in the overall solution) and hence agreed with them.
3. The communication of the results was much easier (everyone had the same picture in mind: the shared model).
4. LSP allowed for a guided discussion as well as creativity.
5. There was not only a common understanding of the scenarios. In fact, also the gathered options for action were commonly agreed and were also based on a common understanding.
6. The course of action as regards the workshop could also be improved. Compared to past experiences the workshop had more “flow”. This was also mentioned by the workshop members in following discussions.

Discussion

Since a workshop is a group process by nature, it is also affected by several group process specific problems. Some elements of LSP may have helped in this context.

At first, a group process or rather the group members are affected by fatigue, thus especially within full-time workshops. LSP addresses this problem by an intrinsically motivation of the participants. By building the LSP models, everyone gets personally connected with his model (In classic LSP workshops the facilitators therefore are urged to ask ever before touching any model). Hence, everyone is very intrinsically motivated to present his own model. Since everyone wants to speak out the thoughts about his / her model, everyone is also interested in hearing the thoughts about the other models. The theory of flow is also a basic thought / concept behind LSP. I.e. the elements within a workshop should be designed in such a manner that the complexity of the tasks should equally grow as the knowledge / the abilities of the participants (Csikszentmihalyi, 1991). These two aspects can clearly help preventing fatigue.

In normal group processes the aspect of conscious deception is another possible problem. I.e. someone for example can make false statements and no one can identify this statement as false. When using LSP it is very unlikely that someone can make false statements, since he / she has to explain his / her thoughts by telling a very detailed story of the model. Making false statements would therefore imply making “false” stories. It is very unlikely that this would remain undiscovered.

Another group related problem is to meet with a refusal as regards specific workshops participants. Since storytelling is a main thought behind LSP and everyone has to contribute his story, everyone gets included in the discussion.

Although rarely occurring, it could also be possible that the whole group refuses to work with the methods given. Since LSP has a very low entry barrier - almost everyone already had Lego® bricks in hands - the entry barriers for the scenario workshop could also be reduced. Within the meaning of flow it is also very good to start with low complexity and hence also with low entry barriers.

As a last point, it is also very important to very creative and visionary when compiling scenarios. But in fact the scenario workshop participants are often dominated by their current ideas / visions / thoughts / day-to-day business / projects etc. As experience shows, it clearly is a great challenge facilitating the participants creating visionary scenarios. LSP can help in this context by establishing a guided creativity through core LSP elements: imagination and hands-brain-connection.

Conclusions

In fact, this was the first time LSP was used for a scenario workshop. I.e. there clearly are lessons-learned and some minor coordination issues as regards the integration of LSP elements within a regular scenario workshop.

Therefore the first impressions made within the described workshop have to be confirmed. For this, it is planned to integrate LSP in further scenario workshops. The lessons-learned have hence to taken into account.

References

- Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow - The Psychology of Optimal Experience*. New York City: Haper Perennial.
- Geschka, H. (2006). Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung. In Gassman, O., Kobe, C., Management von Innovation und Risiko. (2. Aufl., p. 357 – 372). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Grienitz, V., Schmidt, A.-M. (2011). Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models using a multi-stakeholder- approach. International Journal of Foresight and Innovation Policy, Special Issue on: „Foresight and New Trajectories“.
- Grienitz, V., Hausicke, M., Wollny, B. (2011). Technikunterstützte Bewertungsprozesse in der Szenariotechnik. In: 7. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Berlin, 2011.

Grienitz, V., Schmidt, M.-A. (2010). Gewichtete Konsistenzberechnung – Kopplung von Systemanalyse und Szenarioerstellung. In: 6. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Berlin, 2010.

Grienitz, V., Schmidt, M.-A. (2010). Scenario-based generation of Business models considering market constraints. In: Proceeding of the 2010 Industrial Engineering Research Conference. Cancun: IERC (Industrial Engineering Research Conference), 2010.

Grienitz, V., Ley, S., Schmidt, A.-M. (2009). Scenario based future business models in automotive supply industry. In: Proceeding of the 2009 Industrial Engineering Research Conference. Miami: IERC (Industrial Engineering Research Conference), 2009.

Grienitz, V., Schmidt, M.-A. (2012). Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models. International Journal of Foresight and Innovation Policy (IJFIP), Special Issue, 2012, unpublished.

Peterhänsel, M. (2009). Wertstrommanagement: Eine wirksame Intervention im Rahmen von Grundlegenden Veränderungsprozessen. Retrieved 3/02/2009, from <http://www.sedlak-partner.de/PDF/Wertstrommanagement.pdf>.

Roos, J., Victor, B. (1999). Towards a New Model of Strategy-Making as Serious Play. European Management Journal, August 1999, p. 348 – 355.

Roos, J., Victor, B., Statler, M. (2003). Playing Seriously with Strategy. Imagination Lab Working Paper 2003-2a, Lausanne Switzerland.

A 25 [GS13]*Int. J. Manufacturing Research, Vol. 8, No. 1, 2013*

1

**Designing sustainable production systems with
'GraFem'**

Volker Grienitz* and André-Marcel Schmidt

Department of Industrial Engineering,
University of Siegen,
Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57068 Siegen, Germany
E-mail: volker.grienitz@uni-siegen.de
E-mail: marcel.schmidt@uni-siegen.de
*Corresponding author

Abstract: The at the University of Siegen developed production system modelling method 'GraFem' allows a function-orientated depiction of a manufacturing system with help of a predefined set of symbols and an underlying semantics. Through this, manufacturing systems can be regarded at any level of detail. The depiction of the manufacturing system can be added by additional 'swimming lanes' that contain differentiated information such as weak points and potentials or even sources of waste. At this, the possibility of multiple views constitutes one specific feature of 'GraFem'. Thus, it is in particular possible to focus on the examination of sources of waste as for example the dissipation of energy. The paper presents this specific view of 'GraFem' that can help to endorse manufacturing in terms of sustainability.

[Received 20 January 2011; Revised 15 July 2011; Accepted 3 August 2011]

Keywords: function-orientated modelling method; sustainable manufacturing; production system planning.

Reference to this paper should be made as follows: Grienitz, V. and Schmidt, A-M. (2013) 'Designing sustainable production systems with 'GraFem'', *Int. J. Manufacturing Research*, Vol. 8, No. 1, pp.1–17.

Biographical notes: Volker Grienitz is the Chair Head of the Assistant Professorship Industrial Engineering at the University of Siegen, Germany since 2007. He studied Industrial Engineering, specialised in Automation Engineering and did his Doctor's in Technology Scenarios. He has long-time practical and management experience and was the Head of the Competence Centre 'Strategic Planning' in the technology-orientated management consultancy UNITY AG for eight years. His research focuses on scenario technique, production system engineering and technology and innovation management.

André-Marcel Schmidt is a Research Assistant in the Assistant Professorship Industrial Engineering at the University of Siegen. He wrote his Master thesis to the topic of consistency calculation in scenario technique based on evolutionary strategies.

2 *V. Grienitz and A-M. Schmidt*

1 Introduction

These days, it is getting increasingly important for companies to stay competitive by a continuously optimisation of their manufacturing and assembly processes. In contrast, high pressure of competition and daily routine are the issues that attract most of the companies' management attention. Therefore the assessment of the manufacturing processes as regards non-value adding sub-processes is often unattended.

Furthermore, a shift in thinking about the manufacturing's sustainability can be noticed. Sustainable manufacturing is understood as an environmentally friendly and environmental-cost saving way to satisfy the customers' needs and as an increasingly important success factor in the worldwide competition – that by reason of more and more environmentally conscious customers. Following Wisner et al. (2005), customers are increasingly interested to know, where the products that they are going to buy come from, how they are made and distributed and what are the product's future impacts from legislation. Through this, companies are under pressure to reduce their carbon footprint and to focus on improving their manufacturing processes – especially as regards the reduction of waste (energy, fuel, water, compressed-air, etc.).

In this context, the graphically and functionally orientated modelling method GraFem, which will be introduced consecutively, tries to cover all important issues as regards the manufacturing process. All results are finally condensed in one graphic: the 'GraFem-map'. This graphic comprises – additionally to the depiction of the material-flow – other perceptions that are important for the optimisation of the manufacturing process, e.g., the flow of information and energy, non-value adding processes as well as capabilities and weaknesses within the sub-processes. The manufacturing process itself is visualised with help of a predefined set of symbols and an underlying semantics. The splitting of an integrated manufacturing process into sub-processes as well as its visualisation through GraFem helps the company to understand their processes in order to be able to optimise them in a consecutive step.

The performance of GraFem is shaped by four successive steps: preparation, modelling, analysis and optimisation. This paper provides a short overview of GraFem and the application of GraFem in the context of sustainable (green) manufacturing will be presented.

2 Theoretical framing

On the one hand, the increasing treatment of business from a process view (business reengineering) brought up a rapidly growing number of modelling methods for business process. Actually, it is even a complex process identifying the right tool for the use case at hand. Table 1 constitutes a short overview of current business process modelling methods with a short description of each. Additionally, most of the present business process modelling methods originate from the computer science sector and are therefore mostly inappropriate for modelling manufacturing processes.

On the other hand, there exist also several approaches in literature that allow for a modelling of manufacturing processes. These can basically be assigned to two different groups.

Designing sustainable production systems with 'GraFem'

3

Table 1 Business process modelling languages and their characterisation

<i>Language</i>	<i>Characterisation</i>
Event-driven process chains	Alternating progression of events and functions in control flow that are interconnected through a logic operator.
Structured analysis (SA) data flow diagrams	The structured analysis data flow diagrams are used for the structured design of functions (processes) of a system.
Structured analysis and design technique (SADT)	Logical and statically description with an SADT-activity model in order to depict business processes with their input and output objects.
Petri net	Graphically oriented language for design, specification, simulation and verification of systems.
Unified Modelling Language (UML)	UML is a language for specifying, visualising, constructing and documenting the artefacts of software systems, as well as for business modelling and other non-software systems.
Program flow chart	Illustration the chronological order of process units and their possible branching.
Semantic object model (SOM)	Approach for modelling company's systems and for the specification of application systems.
Work flow diagram (PROMET)	Method for the design of processes by means of a work flow diagram, a task list and workplace-related documents.
Entity-relationship-models (ER)	Semantic data model that consists of entities and relationships and allows the illustration of static structures within a company.
Object modelling technique (OMT)	Graphic notation that allows an illustration of object-oriented models. It consists of an object model, a dynamic model and a functional model.
Business process modelling notation (BPMN)	BPMN is a graphical notation that gives organisations the ability to communicate procedures in a standard manner.

At first, mathematical-based methods try to describe the manufacturing processes in such a way, that these can be computed. Cooke et al. (2004), for example, studied the economic lot scheduling problem and developed mixed integer programming formulations. Tsai et al. (1997) made an approach with fuzzy mixed integer programming in order to model and analyse manufacturing cell formation problems. Ferney (2000) uses bond-graphs and state equations for the modelling and controlling of product manufacturing systems. Oyarbide et al. (2003) proposes system dynamics for modelling manufacturing system. Yun and Gen (2002) use constraint programming for the development and establishment of a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model. Nevertheless, those mathematically based approaches do not allow for an intuitive understanding of the regarded processes. Hence, these are often used for the solving of production scheduling problems.

At second, there are several approaches that predominantly are graphically orientated by their nature. For example, Park et al. (1997) propose an object-orientated modelling framework that allows for a modelling of automated manufacturing systems. As regards the involved manufacturing resources, Zhang et al. (1999) described an object-orientated modelling method for an adaptive process planning. Shih and Sekiguchi (1991) used Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing

systems. Similarly, Xiong et al. (1996) and Zhou and Venkatesh (1999) used Petri nets for the modelling, simulation and controlling of flexible manufacturing systems.

However, the mentioned approaches (cf. Table 2) are mostly constricted to very specific points of view and therefore a holistic approach, which allows modelling as well as optimising a manufacturing system, is still missing.

Table 2 Selected manufacturing process modelling approaches

<i>Author</i>	<i>Short characterisation</i>
Cooke et al. (2004)	Mixed integer programming formulations for the lot scheduling problem
Ferney (2000)	Use of bond-graphs and state equations for modelling and controlling manufacturing systems
Košturiak and Gregor (1995)	Description of manufacturing systems with help of sub-systems and their dynamic, stationary and gateway elements
Oayrbide et al. (2003)	Approach of system dynamics for manufacturing modelling
Park et al. (1997)	Object-orientated modelling framework for automated manufacturing systems
Shih and Sekiguchi (1991)	Application of Petri nets and heuristic search methods within the scheduling of flexible manufacturing systems
Tsai et al. (1997)	Fuzzy mixed integer programming for manufacturing cell automation problems
VDI guideline 2860 (1990)	Functionally orientated modelling of manufacturing systems
Wirth (2004)	Interpretation of manufacturing systems as flow-systems (flow-system theory)
Xiong et al. (1996)	Application of Petri nets for the modelling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells
Yun and Gen (2002)	Constraint programming for a pre-emptive and non-pre-emptive scheduling model
Zhang et al. (1999)	Object-orientated modelling method for an adaptive process planning
Zhou and Venkatesh (1999)	Application of Petri nets for the modelling, simulation and controlling of flexible manufacturing cells

Three other approaches that allow for modelling manufacturing processes and that can be found within literature are the approaches of Košturiak and Gregor (1995), the approach of Wirth (2004) and the VDI guideline 2860 (1990). Since these three approaches were investigated further during the development of GraFem, these are briefly depicted in the following.

2.1 Approach of Košturiak and Gregor

In the mid of the 1990s, Košturiak and Gregor (1995) interpreted a production system as a specific system with its sub-systems machining-system (respectively assembly-system), material-flow system and information-system. Each sub-system contains dynamic, stationary and gateway elements. Dynamic elements are elements that change their position over time and that can trigger actions, which are performed by the static

Designing sustainable production systems with 'GraFem'

5

elements. Gateway elements enable the dynamic elements to interact with the regarded system's surrounding.

The approach of Košturiak and Gregor is very well suited for a depiction of the production system's basic structure. However, it lacks of crucial elements for a detailed and thus more accurate characterisation of the regarded production system – the human factor is particularly missing.

2.2 Approach of Wirth

In the late 1980s, Wirth introduced his flow-system theory that assumes the possibility to depict all processes within a production system as 'flows' (material flow, information flow, energy flow) and 'flow-systems' (system of multiple 'flows'). Those with the underlying function of production, which consists of several to be detailed individual functions.

The described approach gives a good overview about the different types of flows within a production system and their connection to the different functions. Admittedly, the approach of Wirth is characterised by a static view on the production system – hence, especially the factor 'time' is unregarded. Losses in the value creation process are likewise unregarded, an analysis as regards potentials and weaknesses is not contemplated and aspects of quality are not integrated in the approach. For example, it cannot be defined which route a workpiece takes in case an assessed quality characteristic does not meet the demands.

2.3 VDI guideline 2860

The VDI guideline 2860 gives a clear classification, delimitation and definition of handling with its sub-functions as regards manufacturing (VDI – The Association of German Engineers, 1990). These sub-functions are storing, changing quantity, moving, locking and inspecting and can further be composed of seven elementary-functions (separating, joining, rotating, sliding, clamping, declamping and checking). The symbolic description of the sub-functions as well as the elementary-functions provides a manageable task description by means of a symbol chain. Furthermore, it is possible to vary the level of detail and to break down the sub-functions to so called composed-functions, which comprises in turn of the elementary-functions. Additionally, the individual symbols can be supplemented through parameters and quantitative data.

The manufacturing process itself can therefore be described through chain-linking the symbols of the individual sub-functions with a connection-line. Simultaneously subsiding functions are visualised through symbols that are stringed together without a connecting line. Functions related to specific technical equipment can be characterised by a semicolon frame around respective group of symbols.

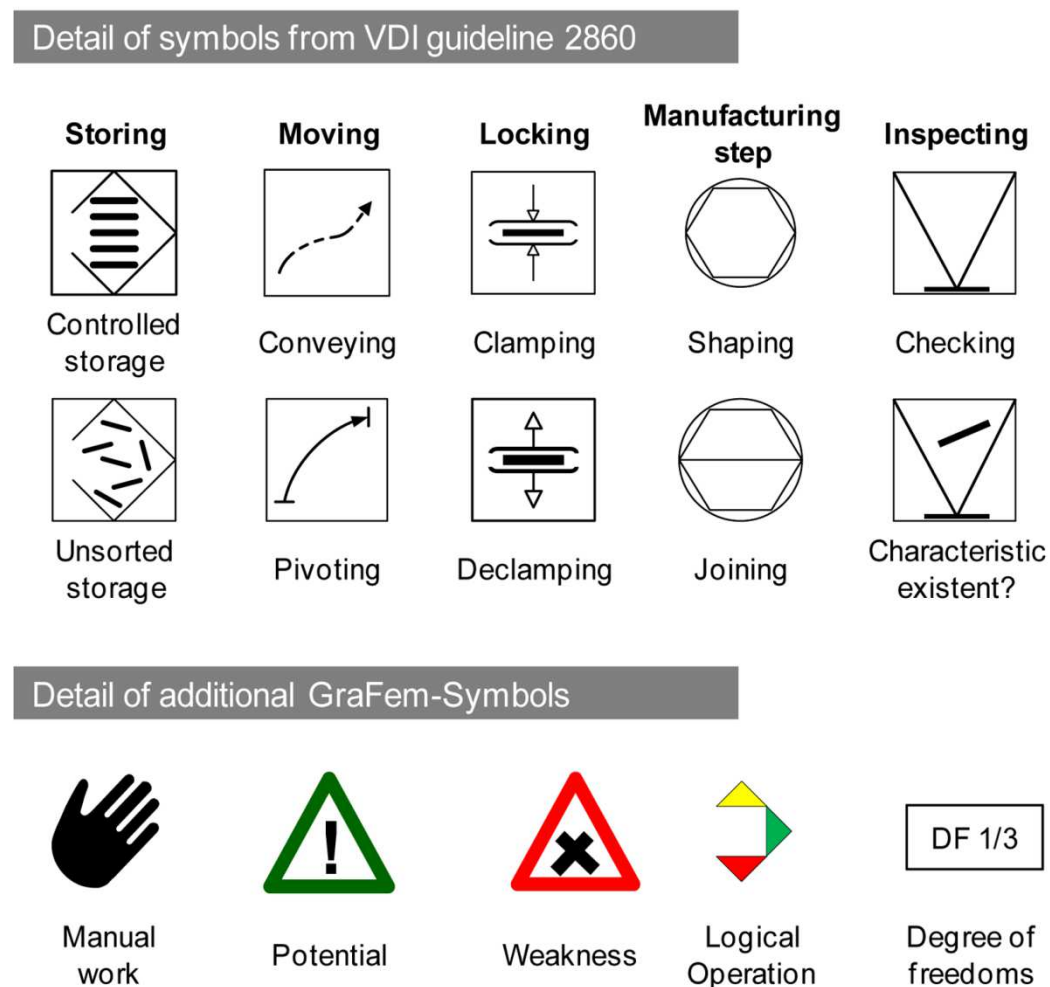
Despite the fact that the VDI guideline 2860 constitutes the basis for GraFem, it has restrictions regarding its practicability. I.e., energy- and information-flows as well as losses in the value-creation process cannot be considered. Furthermore logic operations are not taken into account: The VDI guideline 2860 provides no opportunity, for e.g., the consideration of quality decisions. Another restriction is the absence of a detailed semantics.

3 GraFem

Graphemes are basic units of writing systems. Comparatively, the GraFem approach describes production systems by means of their basic elements. In this context, GraFem can be characterised as a graphically orientated, functional and value-free modelling method for manufacturing and assembly processes. It was developed in order to model production systems under consideration of energy-, information- and material-flow and the identification of sources of waste in the value creation process.

GraFem uses the basic symbols of the above mentioned German VDI guideline 2860 and combines these symbols with new created ones for modelling the functional material flow (cf. Figure 1). These symbols are enhanced in order to comprise further information – e.g., if the process step is either manually performed or automated. Furthermore, GraFem allows logic operations, which means that the run of the process can depend on a decision such as any following a quality check.

Figure 1 Selected GraFem symbols (see online version for colours)



Designing sustainable production systems with 'GraFem'

7

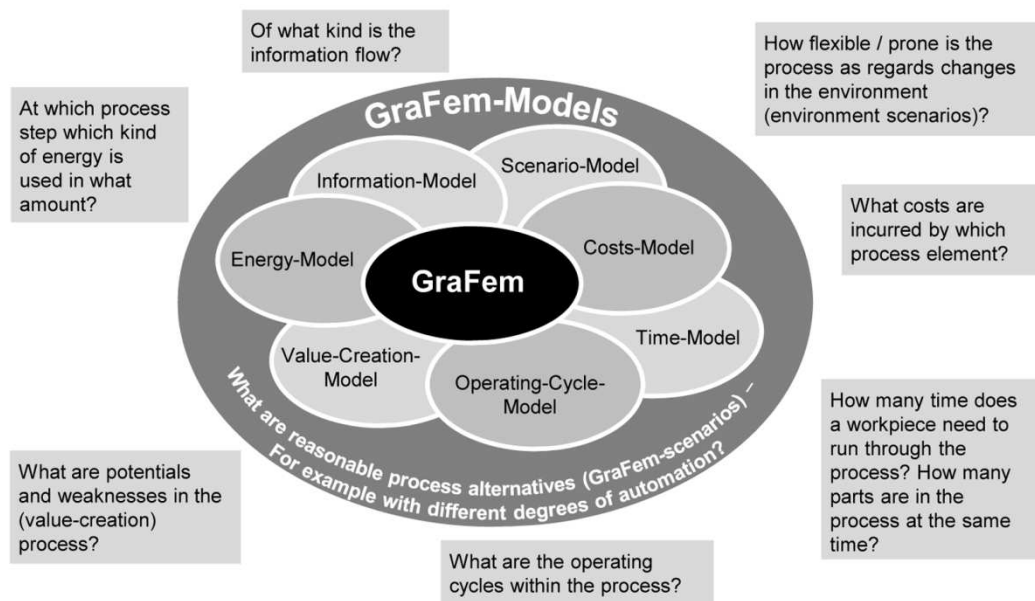
Each single manufacturing step is represented by a symbol that can be grouped to production steps, which helps to give a better overview about the whole process. In addition, photos from the production process can be placed below the depiction of the functional material flow that helps to keep track on the process. All depictions are finally consolidated in a single depiction: The 'GraFem-map'.

3.1 Aims of GraFem

As GraFem is a visualisation method that illustrates processes in a coherent and comprehensible way, it helps to build an understanding for processes as well as for the opportunities and weaknesses connected to them. In this regard, the aim of GraFem is to detect losses in the value-adding processes as well as weaknesses in the material-, information- or energy-flow.

As depicted in Figure 2, GraFem also covers various types of views within different GraFem-models – necessary for a successful modelling of manufacturing processes. Furthermore, we clustered the different models into three groups: the consuming group (consisting of the information-, energy- and value-adding-model), the time group (consisting of the time- and work-cycle-model) and the application-scenario group. The energy-model for example considers, besides the consumption of electric-energy, also the consumption of compressed air, industrial gas, light and other energies. Most companies spend particular attention to the consumption of electrical-energy and compressed air – as this is a highly relevant cost factor. The work-cycle-model considers the time, a work piece needs to run on the one hand through various process steps and on the other hand through the whole process, in order to visualise the parts in process. This can also be a starting point for further methods time measurement (MTM)-studies, as production systems are often planned by using the MTM-systems (Christmansson et al., 2000).

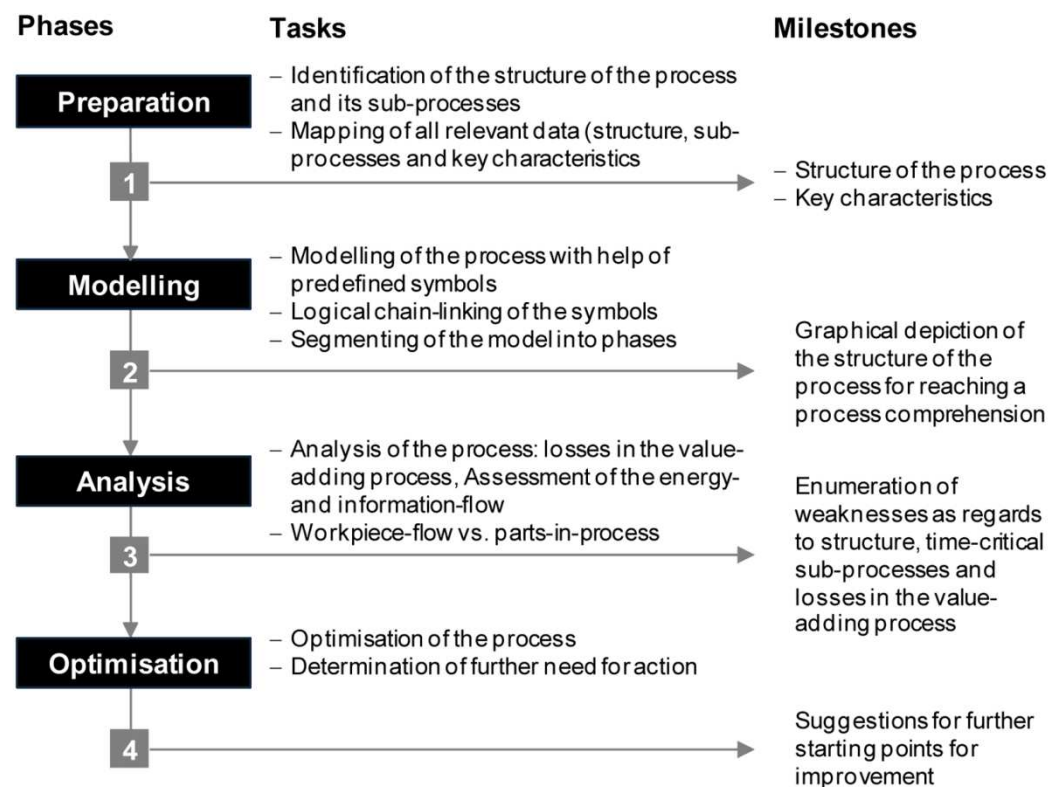
Figure 2 The different GraFem perceptions



3.2 The four GraFem-steps

Predominantly, GraFem has a workshop character and can be subdivided into four steps (cf. Figure 3). Step one starts with the identification of the structure of the manufacturing process and additionally, key characteristics will be recorded with help of special workshop cards. These workshop cards (cf. Figure 4) are attributed to five categories (storage, transport steps, intermediate steps, manufacturing steps and inspection steps) and permit the mapping of all important data for the second step: the modelling.

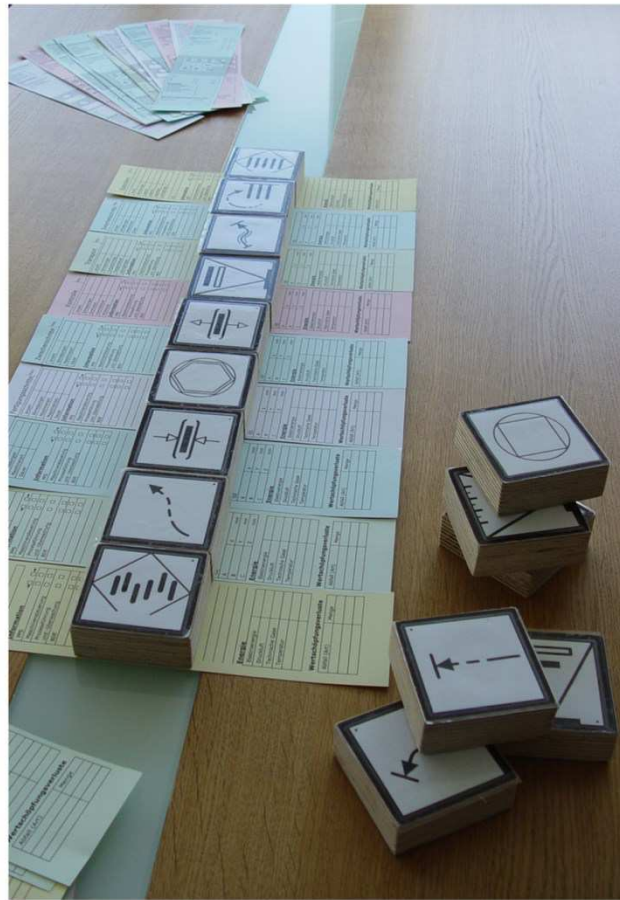
Figure 3 The four steps of GraFem



Within the second step, the modelling step, all mapped data will be visualised, e.g., with help of Microsoft® Visio® as visualisation tool (cf. Figure 6). This step is not yet finished by the visualisation of the functional material-flow. Rather, the mapped manufacturing process should be segmented into phases, which can be aided by representative pictures of the process, and the GraFem-‘swimming lanes’ are added to the GraFem-map. These ‘swimming lanes’ contain several process-relevant information, as for example the visualisation of the information- and energy-flow as well as an assessment of the losses in the value-adding processes. Therefore environmental attributes are treated as primary objects rather than systemic constraints and should be regarded as opportunities for improvement (Franchetti et al., 2009). Furthermore, the time requirement of each manufacturing or assembly step is visualised through a weighted time line at the bottom of the GraFem-map.

Designing sustainable production systems with 'GraFem'

9

Figure 4 GraFem workshop-set (see online version for colours)

In step three, after having modelled the manufacturing or assembly process, the workshop team starts to analyse the GraFem-map. For example, with help of a strength, weaknesses, opportunities, threats (SWOT)-analysis. The objective is the identification of starting points for effective improvements of the mapped process that are operated in the fourth step.

3.3 *Going green with GraFem*

To this day, solutions for environmental problems are mostly of end of pipe-character – for example new systems for waste treatment (as regards production systems) or even the banning sale of polythene bags in some countries (Sangwan, 2006). In this context, GraFem is a new method for leaving this counterproductive treatment of environmental problems: Sources for waste can already be identified in the manufacturing process (it is best to reduce then recycle). Instead of establishing a new system for waste treatment, the waste itself should be reduced within the manufacturing processes. According to Mohanty and Desmukh (2007), waste can be managed by strategies of waste reduction, waste control, waste avoidance and waste prevention. At this point, GraFem facilitates in all four strategies by several approaches: e.g., the GraFem-‘swimming lanes’ and the GraFem-scenarios. Additionally, Routroy (2009) describes re-manufacturing and

recycling as main levers for a minimisation of waste sent to landfills. Since Hoshino et al. (1995) define re-manufacturing as a recycling-integrated manufacturing, the feasibility of an integration of re-manufactured parts in the regarded manufacturing or assembly process can also be an interesting object of investigation that can be evaluated with help of GraFem.

3.3.1 The GraFem-‘swimming lane’: losses in the value creation process

One specific aspect in the GraFem-map is the additional ‘swimming lanes’ that are positioned below the depiction of modelled material flow. Several ‘swimming lanes’ allow an identification of the directly recognisable losses in the value creation process – Since these losses were already registered during the mapping of the process whilst the first GraFem step.

Directly recognisable losses in the value creation process can be for example exhaust emissions, leakages, used filler materials, unnecessary scrap, etc. These identified losses can be a first starting point for an improvement of the sustainability of the process. Figure 7 shows the losses identified within the application example from chapter 4.

3.3.2 The GraFem-‘swimming lane’: use of energy

Since some ‘swimming lanes’ allow the identification of directly recognisable losses in the value creation process, additional ‘swimming lanes’ show the energy used within the manufacturing process. On the one hand, the used energy is in most cases already defined during manufacturing planning as regards the machine planning. Therefore, there seems to be no need for an optimisation. But on the other hand, there are several aspects that could indicate the need for an optimisation of the manufacturing process.

At first, it could be for example interesting, how high the actual consumption of energy is in total – can differences in comparison to the originally planned consumptions be spotted? At second, the chronological distribution of the energy consumption itself can be of interest: Machines could be for example turned off when idle. Mouzon et al. (2007) emphasise that indeed a significant amount of energy can be saved, when non-bottleneck machines (such as underutilised machines) are turned off in case they will be idle for a certain length of time.

At last, by means of GraFem-scenarios, different energy-scenarios can be thought ahead: For example, pneumatic clamps could be replaced (in the GraFem-map) by those with an electric actuator. In the same context, the European Motor Challenge Programme recommends the replacement of non-efficient electric motors with electronically controlled exemplars. In Europe, electric motors account for 70% of the industrial energy consumption. 96% of the overall costs over the motor’s entire service life are power consumption costs. Examples in this area of application show up to 30% possible savings (European Motor Challenge Programme, 2010; Fraunhofer ISI – Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2010). Finally, the (theoretical) replacements can result in another amount of used energy – ideally reduced.

3.3.3 *The GraFem-scenarios*

As already aforementioned, GraFem-scenarios can help to reduce the used amount of energy. These scenarios can be regarded as micro-scenarios – since only single aspects of the GraFem-map are changed. Furthermore, GraFem-scenarios can also be developed as macro-scenarios that constitute an integrated view on the manufacturing process.

For example, GraFem-scenarios can be developed for differentiated levels of automation that can, e.g., aid in the location planning process. In this context, on the one hand, a planned production system that possess manufacturing and assembly processes with an excessive energy consumption can be placed in an industrially developed location that can provide the required amount of energy. In most cases, these locations do have a good infrastructure – this also applies for the availability of skilled employees. Therefore manufacturing systems with an automation level on average can be thought ahead. On the other hand, the production system can be placed beneath a power plant. Ideally, as regards sustainability, beneath power plants that provide regenerative energy such as for example hydroelectric power plants. Nevertheless, these are often located nearby mountained regions, which are often lacking in infrastructure – as for example qualified employees. Therefore, a high degree of automation is needed. An actual example for such a location planning process provides the German OEM BMW: A new production plant will be built in Moses Lake/USA beneath an environmentally acceptable hydroelectric power plant.

In this context, GraFem can help to think ahead different degrees of automation. That not only for location planning processes – furthermore, GraFem-scenarios with different automation levels can be developed in terms of a preferably efficient use of resources. Especially, as regards the identification of an ideally most minimal waste stream and a forward-looking development of the waste treatment system.

4 Application example 'production of an automotive body part (wheelhouse part)'

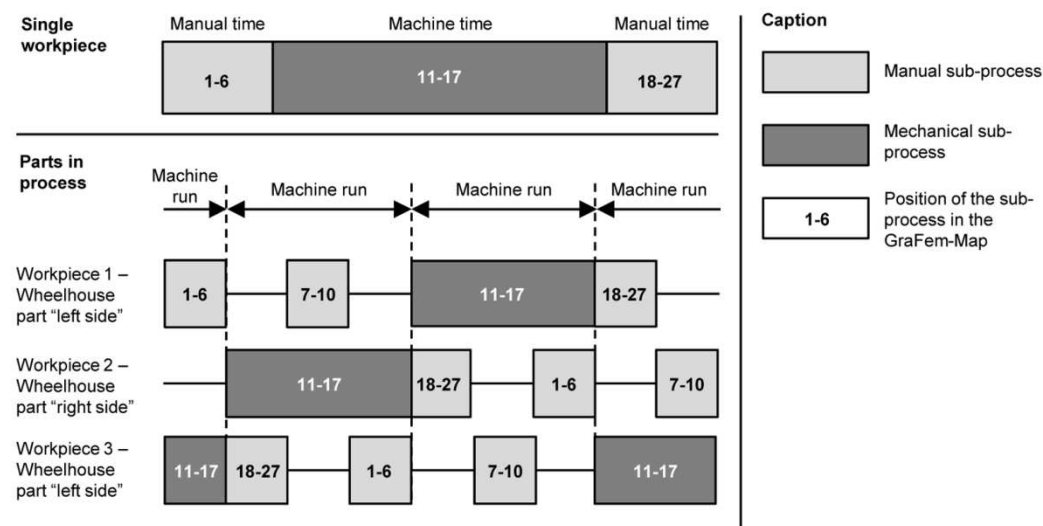
As an application example, the manufacturing process of a product of a second level automotive supplier was regarded and modelled with help of GraFem. In detail, the product was manufactured in a highly automated manufacturing cell with up- and downstream processes conducted by a machine operator. Due to the up- and downstream processes the overall level of automation averaged out 0.38.

At first, according to the presented course of action, the process structure and the manufacturing steps were identified. In the presented application example, two sheet-metal parts had to be welded together. Additionally, the first part had to be stamped with the actual batch number. At first, the sources of both sheet-metal parts were identified and described. Following, the subsequent manufacturing steps of the first part were assessed.

Concretely, the first part was manually conveyed (i.e., taken out of the respective carrier – unsorted storage), then positioned in the stamping machine by hand, stamped with the actual batch number and then temporarily stored (before it afterwards had to be joined with the second part). After the worker had taken out the second part out of its carrier (likewise unsorted storage), the second part was joined manually with the first part and conveyed and positioned manually in the automated welding cell. At first, both parts were clamped (locking) in the automated welding cell, then pivoted both towards the welding robot and welded together (one welding spot, two welding lines). The now welded final part then was pivoted back to the machine operator, declamped and afterwards manually conveyed and positioned before a lamp in order to check the welding. In case the welding was okay, the final part was manually conveyed to the carrier for the finished parts. In case it had to be reworked, the machine operator had the possibility to manually rework the welding (then the part was manually conveyed and positioned in a special clamping fixture, then afterwards was manually welded, checked again and conveyed to the carrier for the finished parts). In some cases, the welding and the part respectively could not be reworked and therefore the part manually was conveyed to a carrier for degraded material. In this connection, the process mapping was aided by pictures and videos of core process elements and characteristics.

Modelling the processes structure as the second step resulted in the graphically depiction of the process: the GraFem-map (cf. Figure 6). This in order to reach an overall comprehension for the regarded process. At first, the single process steps that were identified in the first step were stringed together in their likewise identified order within the manufacturing process. At second, selected pictures from crucial manufacturing steps and all other information, which were gathered during the first GraFem-step, were added to the GraFem-map.

Figure 5 From a single work-piece to parts in process (see online version for colours)



Designing sustainable production systems with 'GraFem'

Figure 6 GraFem-map of the application example 'production of an automotive body part (wheelhouse part)' (see online version for colours)

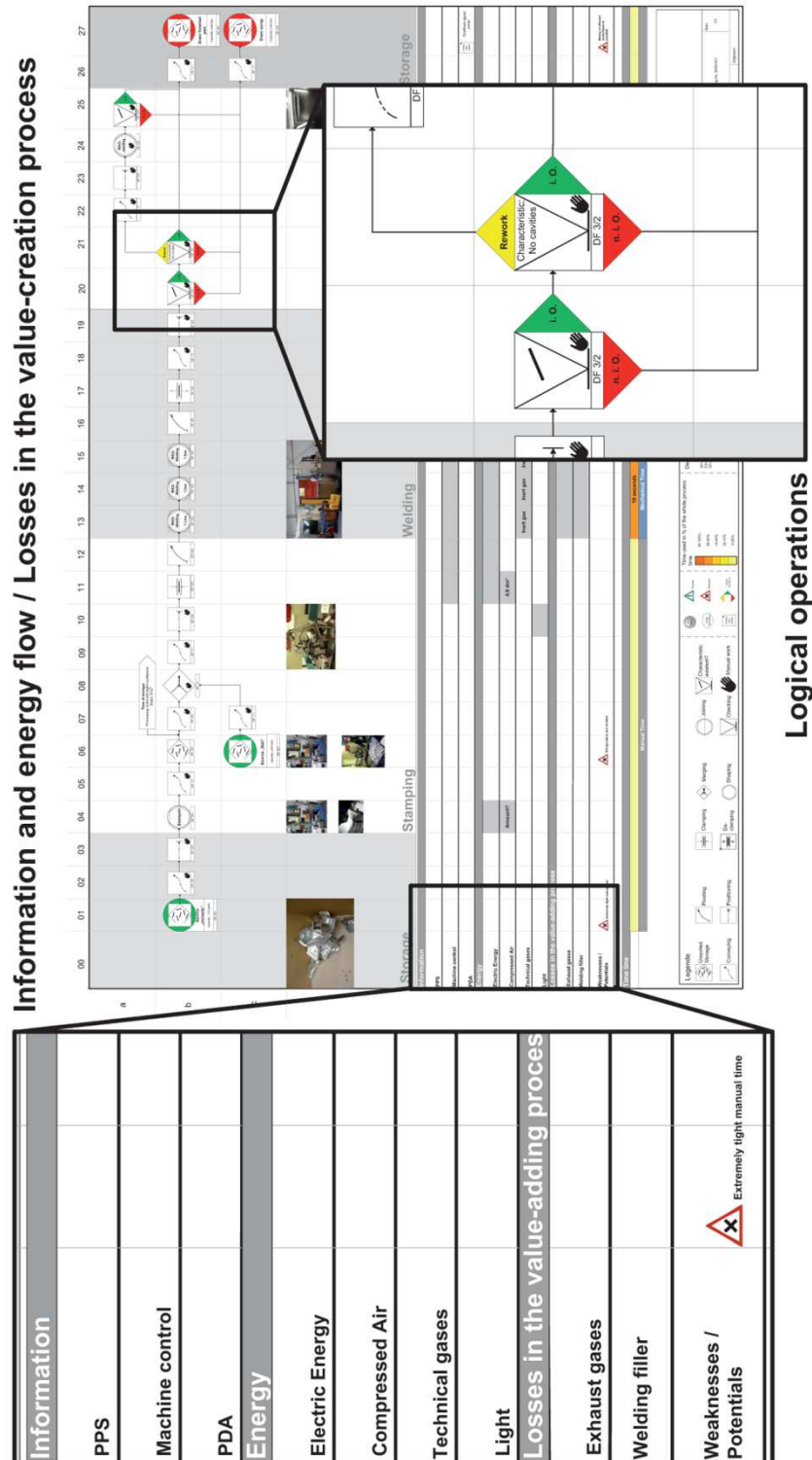
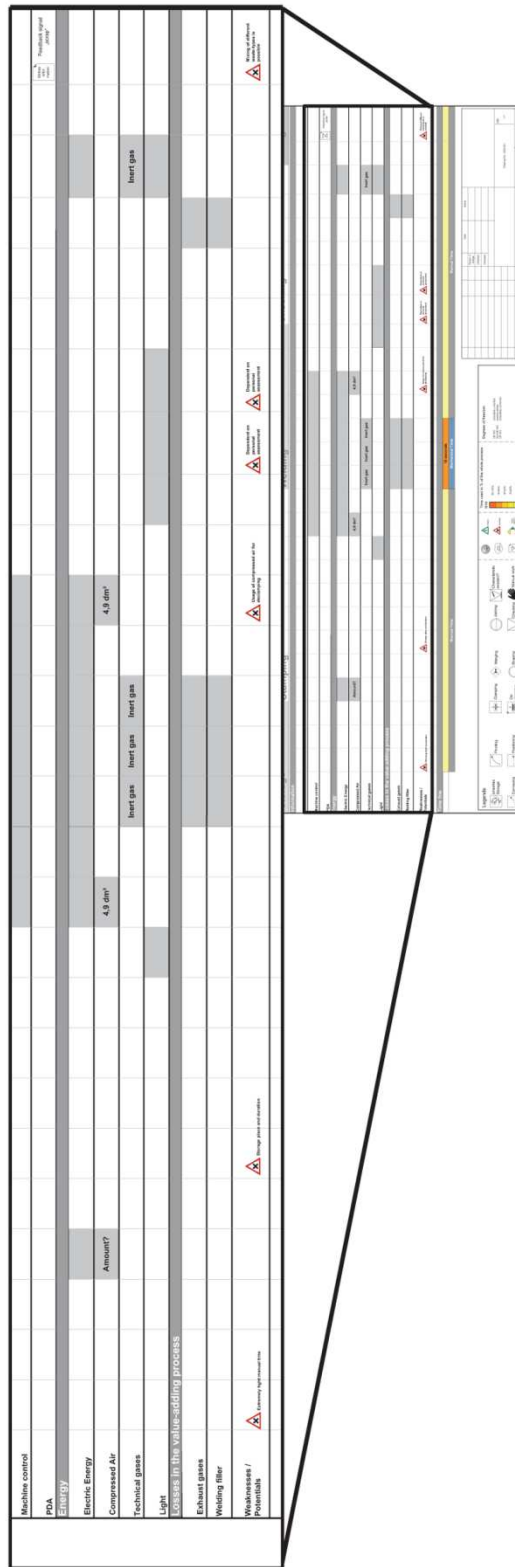


Figure 7 Identified losses in the value-creation process (see online version for colours)



In the third step, the process analysis, sub-processes that apparently did not contribute in the value-adding process could clearly be identified. This with help of all persons involved in the GraFem-process. Weaknesses that could be identified were for example the short manual time compared to the machine time, the storage place and storage duration of the first part (temporarily storage due to the conveying of the second part) or the subjective evaluation of the final workpiece's quality (the welding quality was assessed with help of light from within the welding cell that shine through a little window in front of the machine). An explicit weakness of the process as regards sustainability was the very inefficient use of compressed air. Especially, the lengths of the pneumatic tubes from the control box to the pneumatic actuators were regarded as very critical. By a decentralisation (the pneumatic actuators could be for example replaced by actuators with integrated pneumatic valves) of the pneumatic elements, the lengths of the pneumatic tubes could be drastically reduced. The expected economisation was calculated and constituted approximately 10%–20%. Additionally, it was proposed to reduce the pneumatically moved masses. At this point, the economisation constituted up to 20%. Summing up, GraFem and especially the GraFem-map helped to highlight the crucial process steps and to focus on the right improvement measures.

Due to the already well designed process structure, the recommended improvement opportunities admittedly were of minor extent. But the general applicability clearly could be demonstrated again.

Additionally, the possibility of using several abstraction levels was very helpful for the identification of weaknesses: By changing the focus from a single work piece to machine cycles, the parts in process could be identified (cf. Figure 5). The numbers in Figure 5 are equal to the numbers in the GraFem-map, which represent the chronological position of the specific process step.

5 Conclusions

The function-orientated production system modelling method GraFem is well suited for a discretionary detailed analysis of manufacturing and assembly processes from different point of views. In this context, especially aspects of sustainable manufacturing can be considered or rather regarded.

Admittedly, the present applications of GraFem only had a predominantly qualitative view on green manufacturing aspects. For this reason, the depicted aspects of GraFem as regards lean management have to be seen as a starting point for a further quantitative analysis of further applications. This further research will finally help to validate the effectiveness of the proposed method.

Additionally, further research also has to show the application potential for other areas of application – as for example, the integration into a digital factory or the applicability for holistic factory planning.

References

- Christmansson, M., Falck, A-C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmussin, L. and Kadefors, R. (2000) 'Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry', *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 17, pp.4051–4059.

- Cooke, D., Rohleder, T.R. and Silver, E.A. (2004) 'Finding effective schedules for the economic lot scheduling problem: a simple mixed integer programming approach', *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 1, pp.21–36.
- European Motor Challenge Programme (2010) 'Motor challenge' [online] <http://www.copperinfo.co.uk/motors/downloads/pub-172-motor-challenge-programme.pdf> (assessed 03/11/2010).
- Ferney, M. (2000) 'Modelling and controlling product manufacturing systems using bond-graphs and state equations: continuous systems and discrete systems which can be represented by continuous models', *Production Planning and Control*, Vol. 11, No. 1, pp.7–19.
- Franchetti, M., Bedal, K., Ulloa, J. and Grodek, S. (2009) 'LEAN and GREEN', *Industrial Engineer: IE*, Vol. 41, No. 9, pp.24–29.
- Fraunhofer ISI – Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2010) 'Das motor challenge programm' [online] <http://www.motor-challenge.de/module/brochures/technischer-de.pdf> (assessed 03/11/2010).
- Hoshino, T., Yura, K. and Hitomi, K. (1995) 'Optimization analysis for recycle-orientated manufacturing systems', *International Journal of Production Research*, Vol. 33, No. 8, pp.2069–2078.
- Košturiak, J. and Gregor, M. (1995) *Simulation von Produktionssystemen*, Springer, Wien.
- Mohanty, R.P. and Desmukh, S.G. (2007) *Essentials of Supply Chain Management*, 3rd ed., Jaico Publication House, Mumbai.
- Mouzon, G., Yildirim, M.B. and Twomey, J. (2007) 'Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment', *International Journal of Production Research*, Vol. 45, Nos. 18–19, pp.4247–4271.
- Oyarbide, A., Baines, T.S., Kay, J.M. and Ladbrook, J. (2003) 'Manufacturing systems modelling using system dynamics: forming a dedicated modelling tool', *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 2, No. 1, pp.71–87.
- Park, T.Y., Han, K.H. and Choi, B.K. (1997) 'An object-oriented modelling framework for automated manufacturing system', *International Journal for Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 10, No. 5, pp.324–334.
- Routroy, S. (2009) 'Antecedents and drivers for green supply chain management implementation in manufacturing environment', *ICFAI Journal of Supply Chain Management*, Vol.6, No. 1, pp.20–35.
- Sangwan, K.S. (2006) 'Performance value analysis for justification of green manufacturing systems', *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 5, No. 1, pp.59–73.
- Schenk, M. and Wirth, S. (2004) *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik*, Springer, Berlin.
- Shih, H. and Sekiguchi, T. (1991) 'A timed Petri net and beam search based on-line FMS scheduling system with routing flexibility', *Proceedings of 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Sacramento, CA, April, pp.2548–2553.
- Tsai, C.C., Chu, C.H. and Barta, T.A. (1997) 'Modeling and analysis of a manufacturing cell formation problem with fuzzy mixed-integer programming', *IIE Transactions*, Vol. 29, No. 7, pp.533–547.
- VDI – The Association of German Engineers (Eds.) (1990) *VDI Guideline 2860 – Assembly and Handling: Handling Functions, Handling Units; Terminology, Definitions and Symbols*, VDI – The Association of German Engineers, Düsseldorf.
- Wisner, J.D., Leong, G.K. and Tan, K.C. (2005) *Principles of Supply Chain Management: A Balanced Approach*, Thomson Asia, Cincinnati.
- Xiong, H.H., Zhou, M.C. and Caudill, R.J. (1996) 'A hybrid heuristic search algorithm for scheduling flexible manufacturing systems', *Proceedings of 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Minneapolis, MN, April, pp.2793–2797.

Designing sustainable production systems with 'GraFem'

17

- Yun, Y.S. and Gen, M. (2002) 'Advanced scheduling problem using constraint programming techniques in SCM environment', *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 43, Nos. 1–2, pp.213–229.
- Zhang, Y., Feng, S.C., Wang, X., Tian, W. and Wu, R. (1999) 'Object oriented manufacturing resource modeling for adaptive process planning', *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 18, pp.4179–4195.
- Zhou, M.C. and Venkatesh, K. (1999) *Modeling, Simulation, and Control of Flexible Manufacturing Systems: A Petri Net Approach*, World Scientific Publishing Company, River Edge, NJ.

A 26 [GSH13a]

*Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference
A. Krishnamurthy and W.K.V. Chan, eds.*

Strategic Support System With Focus On Success Factor Analysis

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt, Michael Hausicke
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Abstract

Success factor analysis, which especially allows for a detailed and systematic analysis of a company's strengths and weaknesses, has turned out to be a good approach for strategic management. However, the actual assessment of the success factors is mainly done manually; in other words, success factors are questioned within interviews or with the help of a paper questionnaire and evaluated by hand. Hence, this paper, on the one hand, gives an overview of the tools used for the realization of online surveys, which may also be used for a success factor analysis. On the other hand, this paper presents a new approach for real-time success factor analysis within an online tool. The first implementation of a developed success factor online tool will be shown, supplemented by real success factor investigations of both a small and a medium-sized company.

Keywords

Strategic Support System, success factor, strategy, online tool

1. Introduction

Many interpretations of the term 'strategy' in a corporate context can be found in literature. Most of them are complementary and very often only emphasize different aspects of strategy. On the one hand, MINTZBERG ET AL., for example, provide the 'classic' interpretation of a strategy as managerial plans for the achievement of specific goals and place it in relation to the corporate mission. Hence, a strategy is a result of a rational and formal planning process. On the other hand, MINTZBERG developed his school of five P's for corporate strategies [1], [2]:

- Strategy as a plan (pre-planned and target-oriented)
- Strategy as a pattern (a pattern for everyday decisions)
- Strategy as a ploy (pro-active operation in competition)
- Strategy as a position (the company's inimitable position in competition [3])
- Strategy as a perspective (a company's individual way of dealing with its surroundings)

GAUSEMEIER, FINK and SCHLAKE define strategy as a guardrail for a company's everyday thinking and acting, used for a properly aligning of partial measures with specific goals [4]. Furthermore, they distinguish between three areas in the main level of strategy [5]:

- Corporate Strategies: The basic orientation of the company is defined at the top hierarchical level. Amongst other things, decisions are made regarding what products are provided to a specific market.
- Business Strategies: Consequences and options for actions (to reach the targets chosen) are defined on the subjacent level. A description of how the company will distinguish itself from competition is an example.
- Functional Strategies: Sub or rather functional strategies are developed for specific (functional) areas of the company on the lowest level; for example, regarding prices and distribution policies.

Regarded from another perspective, corporate strategies connect the market requirements with the company's own strengths [6]. The implementation of a strategy, on the one hand, is based on the requirements of the area of competition in which the company operates (or wants to operate) and, on the other hand, depends on the definition of the competencies with which the company wants to achieve its goals. A strategy, therefore, can describe a way to achieve the company's (market) goals, based on their core competencies [7]. Core competencies can, for example, be identified in the context of a success factor analysis [8]. In this context, the success factor analysis tries to

Grienitz, Schmidt, Hausicke

identify the integral success factors of a company and to use these as advantages in competition [9]; for instance, the success factor analysis may give crucial hints for the successful strategic alignment of a company.

However, making decisions about strategies within strategic management can be very complex and requires the consideration of a lot of factors. Possible important factors include the company's vision and mission statement, competition and market requirements, respectively, stakeholder requirements, availability of resources, and its own strengths and weaknesses. The strategic problems in this procedure are often divided into several sub-problems and also regarded on different levels of decision-making (e.g. as regards hierarchal assignments). Therefore, multiple and complex interactions of the people involved in the decision-making process also have to be considered [10]. In this context, (decision) support systems can help to reduce the complexity by providing methodological support for some or all areas of the decision problem.

In the context already mentioned, this paper will show a framework for the support of strategy-making processes by means of a real-time success factor online tool. To illustrate this, possible business models for the online tool will be discussed and excerpts and conclusions from a real success factor evaluation for a German company in the machine building and plant engineering industry will be provided.

2. Success Factor Analysis in a strategic context

When speaking of success factors, many authors think of factors that have an imminently high relevance for a company's actual and future success [11]. As regards this, only a few factors can have such an imminent relevance and they can be identified empirically [12], [13]. A good overview of literature and study results can be found here: [11], [14-17]. Some authors also propose frameworks or methods for the comprehensive identification of success factors [18]. However, in general, success factors are mostly rated one-dimensionally: Only the relevance of the specific factors is regarded – and determined as very high by the assessment of the factor as a success factor [18-20].

In our opinion, some other – albeit very important – aspects are hence disregarded. On the one hand, a company's strength and the investment of resources determine in a significant way the ability to fulfill the requirements as regards the success factor(s). Therefore, no statements can be made as to the efficient use of resources. On the other hand, no meaningful comparisons can be performed.

Firstly, it could be of interest, for example, whether a company's self-assessment of the (success) factors matches an external view – as regards both dimensions: relevance and subjective strength. Questions such as: "Do we focus on the right success factors?" or "What are our weaknesses and strengths as regards the success factors?" and "Where do resources have to be invested or disinvested?" can be answered.

Secondly, the success factors' relevance in the future can be assessed, for example, by trend and Delphi studies or scenario technique. By doing so, (future) options for actions can be deduced. It can, for example, be stated whether the strategic success factors, which determine the present company's success, are of similar relevance for the future success; or do they even lose relevance and, hence, the amount of resources used can be reduced for the specific factor and can be invested in other areas that are characterized by success factors that gain in relevance.

The results of a success factors analysis can be depicted in the so-called success factor portfolio (cf. Figure 1). With the help of the success factor portfolio, different kinds of factors (critical, overrated, strategic, and balanced) can be derived.

Strategic success factors can, therefore, give support in achieving long-term, above-average results in comparison to the competition and allow for the identification of a company's current and future strengths and weaknesses. This information can be used for the definition and adjustment of a corporate strategy. On the one hand, the topics which have to be emphasized from now on in order to be successful in the future can be determined. On the other hand, it is possible to identify such areas in business where resources are burned. Based upon these findings, strategic goals can finally be defined (e.g. the opting out of strategic business units that have or will become less important [21]).

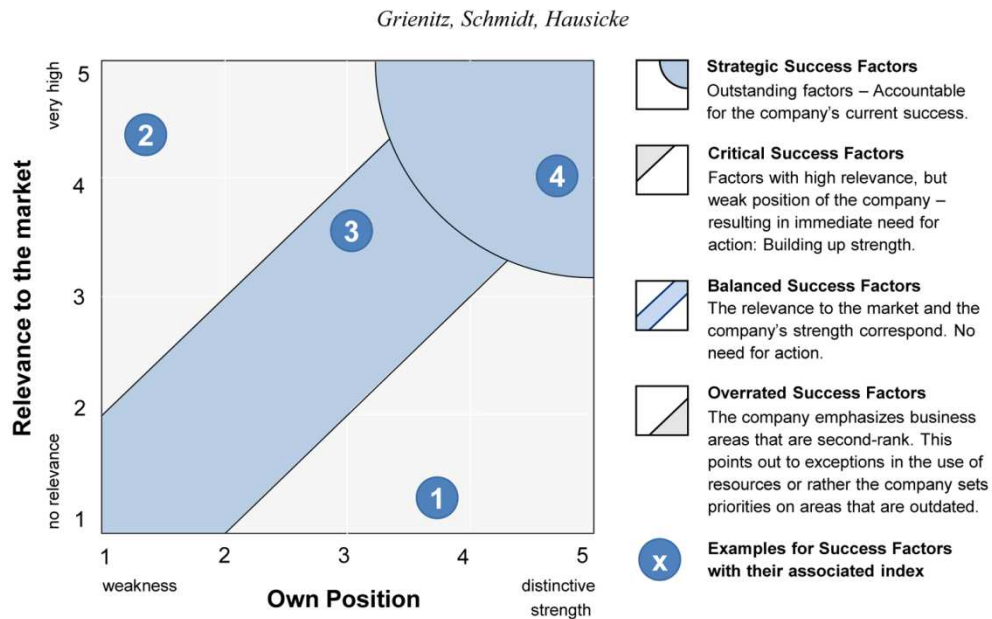


Figure 1: Success Factor Portfolio

3. Online Survey Tools

Currently, success factors (as described above) are mostly assessed manually. The success factors identified are questioned within interviews or with the help of a paper questionnaire and are manually evaluated afterwards. This process can be very time-consuming, evoked by organizational expense (the questioning itself) and a multitude of possible and required evaluation possibilities. The questioning of the survey participants experientially takes the largest proportion of the time.

In recent years, many online platforms for the performance of surveys have come into being that allow for various types of questioning. Online tools for surveys may have different possible advantages compared to offline questioning. Since many people actually have access to the internet while in transit, answers can be received and analysis can be undertaken at any time. This, in turn, can help to prevent tiredness – in comparison to when the complete “hard copy” questionnaire had to be filled out individually [22].

In this context, the idea of performing the success factor questioning within an online survey tool emerged and the following main requirements were decided: computer-based questioning, online and asynchronous questioning (remote locations of the participants – when externals are questioned), anonymity, continuous availability, and the possibility of a continuous analysis of the results in real-time. A modular approach was also needed, i.e. it must be possible to modify the structure of the surveys, since success factor analyses are always company-specific.

The available tools on the market were researched with this idea in mind. The internet was scanned and actual scientific publications for success factor analysis were investigated. In a first step, 37 online tools were identified in detail (cf. Table 1). In a consecutive step, the tools identified were analyzed regarding the requirements described above; for example, how far the tools provide asynchronous questioning or allow for a real-time analysis of the results was examined.

As a result, it can be stated that no tool on the market actually allows specific questioning (in the manner described above) for the success factor analysis in a comfortable and reasonable way. Hence, it was decided to implement our own tool.

Grienitz, Schmidt, Hausicke

Table 1: Overview of current online survey tools

Provider No.	Domain	Company	Headquarter(s)
1	askallo.de	askallo GmbH	Karlsruhe, Germany
2	netigate.de netigate.se	NETIGATE Deutschland GmbH Netigate AB	Wiesbaden, Germany Stockholm, Sweden
3	surveymonkey.com	SurveyMonkey Europe Sarl	Luxembourg
4	surveyshaker.com	Le Sphinx Développement	Chavanod, France
5	netq-umfrage.de	NetQuestionnaires Nederland B.V.	Utrecht, The Netherlands
6	2ask.de	amundis communications GmbH	Konstanz, Germany
7	umfrageonline.com	enuvo GmbH	Zurich, Switzerland
8	freeonlinesurveys.com	Problem Free Limited	Cornwall, England
9	limesurvey.org	Carsten Schmitz	Hamburg, Germany
10	unipark.info	Questback AG	Hurth, Germany
11	linequest.de	Wolfgang Marzian	Unterhaching, Germany
12	keysurvey.co.uk	WorldAPP, Inc.	Braintree, MA, USA
13	fluidsurveys.com	Chide.it Inc.	Bridgewater, NJ, USA
14	feedbackserver.com	Data Illusion	Geneva, Switzerland
15	surveytool.com	Peanut Labs	San Francisco, CA
16	surveygizmo.com	Widgix, LLC	Boulder, CO, USA
17	polldaddy.com	PollDaddy Ltd.	Sligo, Ireland
18	constantcontact.com	Constant Contact, Inc.	Waltham, MA, USA
19	qualtrics.com	Qualtrics Labs, Inc.	Provo, UT, USA
20	questionpro.com	QuestionPro	Seattle, WA, USA
21	kwiksurveys.com	Martin Dover	Kent, England
22	surveymethods.com	SurveyMethods, Inc.	Dallas, Texas, USA
23	actiondialog.com	Action Dialog Partner	Stockholm, Sweden
24	alstra.se	Alstra AB	Stockholm, Sweden
25	click4survey.cz	Click4Survey	Vinohrady, Czech Republic
26	surveysystem.com	Creative Research Systems	Petaluma, CA, USA
27	examinare.com	Examinare AB	Kristianstad, Sweden
28	rationalsurvey.com	RationalSurvey	Delray Beach, FL, USA
29	smps-surveys.com	SMP Survey Systems	Sydney, Australia
30	snapsurveys.com	Snap Surveys, Inc.	Portsmouth, NH, USA
31	surveypool.com	SurveyPool, Inc.	Brooklyn, NY, USA
32	surveyshare.com	Research Tools, Inc.	Chapel Hill, NC, USA
33	surveysquare.com	Corporate Communications	Prairie Village, Kansas, USA
34	voxco.com	Voxco Group	Rue Sainte-Catherine O, MO, USA
35	websurveymaster.com	WebSurveyMaster LLC.	Manor, NC
36	npolls.com	Npolls Inc.	Porto, Portugal
37	toluna.com	Toluna Inc.	Wilton, CO, United States

Grienitz, Schmidt, Hausicke

4. Real-time success factor analysis – a case illustration

As has already been mentioned above, no online tool on the market fulfilled the requirements described and it was decided to implement our own tool. This online survey tool for success factor analysis actually consists of several modules (cf. Figure 2). The first module is the Survey Module that allows the realization of the questioning itself, i.e. this module constitutes the interface to the respondents and their responses. The Survey Module allows the respondent to navigate through the respective questionnaire and to submit the responses. The second module is the Management Module (cf. Figure 3). This module is the interface to the online survey tool for the facilitator. Within this module, the facilitator can add, edit or delete surveys (with the respective questionnaires), and access the Reporting Module (cf. Figure 4) and the Data Analysis Module.

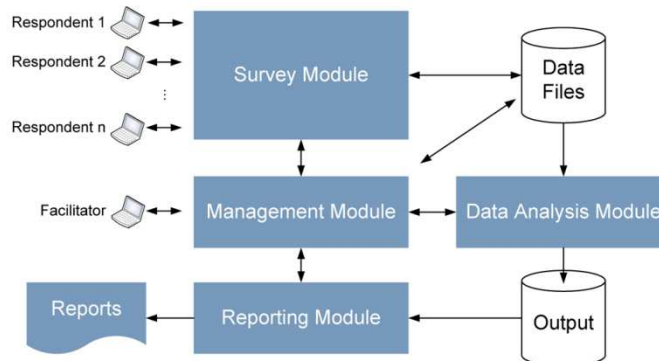


Figure 2: Architecture of the Real Time Success Factor Online Tool

The Reporting Module and the Data Analysis Module are also linked, i.e. the Reporting Module can access the Data Analysis Module and generates reports from this data. The form of the reports can be defined individually (for each survey) in the Management Module. The Data Analysis Module accesses the raw data files from the surveys and structures them for the Reporting Module.

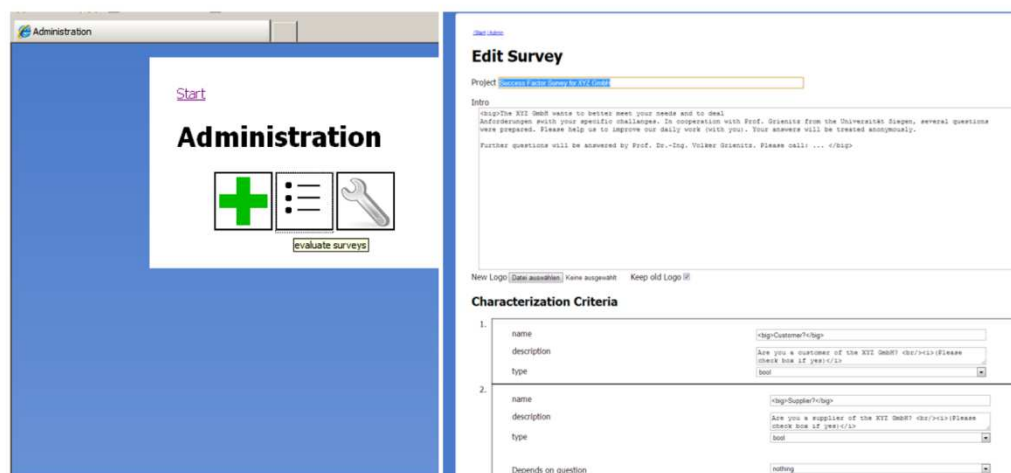


Figure 3: Management Console (left part: overview; right part: questionnaire editing)

The tool was tested within a real application. The strategic orientation of a German company in the machine building and plant engineering industry was verified. Abstracting the core of the project realization process, the following course of action was followed:

Grienitz, Schmidt, Hausicke

1. Literature Research and Brainstorming for a pre-set of success factors
2. Kick-Off Workshop (*Finalization of the success factor was pre-set, prioritization of the identified success factors, identification of the recipients, or rather the target group(s), e.g. employees, customer groups, etc.*)
3. Design of the questionnaire
4. Finalization of the questionnaire (*after clearance*)
5. Preparation of the decision support system (*implementation of the questionnaire within the online-tool, etc.*)
6. Draft of the 'covering letter'
7. Distribution of access information (*for the online tool*) among the recipients targeted (*using the covering letter*)
8. Reminder (*if necessary*)
9. Preparation of the results in the form of a report, based on the survey results (*within the decision support system*)
10. Workshop for the interpretation of the results from the success factor analysis

According to the course of action, 48 factors could be identified from literature and by brainstorming as possible success factors at the beginning of the success factor analysis. Since the major part of the company's business is project based, a search was made for factors that may describe the successful management of a project. This first set of success factors was further roughly structured according to a general course of action within project management: early phase (acquisition and negotiation), project handling and realization, and project support (collateral and following).

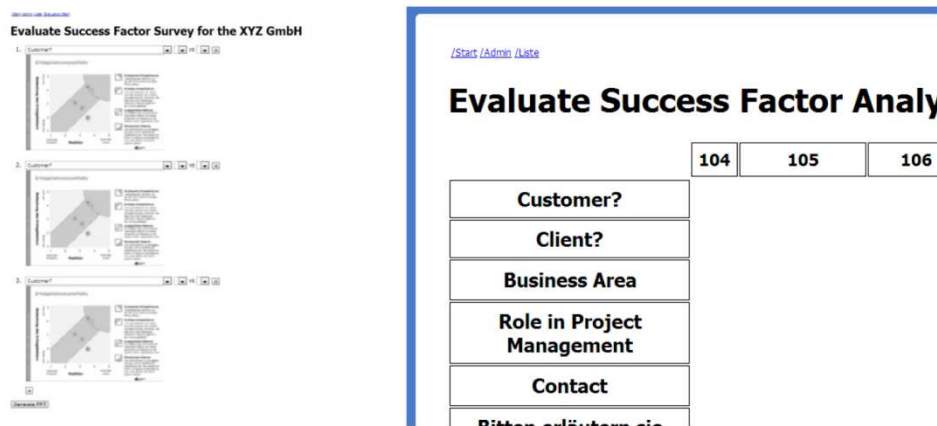


Figure 4: Reporting Module (left part: defining of reports; right part: access to the Data Module)

A kick-off workshop was prepared based on this first pre-set of success factors. Individual short descriptions were added to each success factor for clarity. Within the workshop, the pre-set was discussed against the background of the company's long-time experience in the field of project management (within the respective branch) and, finally, prioritized with the help of a strategy grid. Firstly, the factors were evaluated regarding their impact for a successful management of a project (from low to high). Secondly, the factors were evaluated in terms of their 'broadness'; i.e. factors that only have relevance for one specific project were distinguished from factors that have imminent relevance for all projects. Finally, the factors were positioned within a portfolio based on their specific ratings and the factors that have a very high impact and a very broad relevance were prioritized. Factors were also sorted out that can be seen as hygiene factors [23] within competition and have to be considered in any case.

As a result, eighteen factors made up the final list of success factors. In addition to the success factor selection, the targeted groups were also discussed. The employees (on all company levels) were identified as the first group to undergo the questioning, as results from the employees were thought to deliver good insights into the company. From this group, the internal view of the company was consequently derived. The company's clients were identified as the second group to be questioned, and the company's suppliers formed the third group. The external view of the company was identified from the last two groups. Questions for the classification, or rather filtering, of the results

Grienitz, Schmidt, Hausicke

were also discussed with regard to the success factor analysis. In other words, a success factor questionnaire consists of preliminary questions for classification, and the following main part regarding the success factors. Classification criteria were, for example, the association to a specific customer group or their main area of contact as regards the company's product groups. With regard to the online tool, at this point especially, the form and the contents of the reports were discussed. It was decided, for example, to compare specific groups of customers against one another and to depict the differences between different groups of employees.

The consolidated list of success factors was used in the next step for the design of the success factor questionnaire. As the internal and external characterization criteria are different, the internal and the external parts of the questionnaire also differ, and therefore, two questionnaires had to be created; however, this is only for the preliminary questions. The main part of both questionnaires, the part with the success factors, is the same. This is obvious, since the internal results are to be contrasted with the external results and, for this, the success factors have to be identical.

After the clearance of the success factor questionnaires (internal and external), the questionnaires were implemented within the online success factor tool. A survey was created via the Management Console and the questionnaires were added to the survey. Having implemented the questionnaires, the online tool provides links to each success factor survey (one each for internal and external). The internal link was sent to the employees and the external link to the customers and the suppliers. For both cases, the link was sent by email with a carefully composed covering letter including first instructions for the survey.

From this point on, the facilitator can see the actual state of the survey within the Management Console at any time. The facilitator can also view the first reports (based on the actual results from the survey) and start or stop the survey. In case there are too few responses, the facilitator can send a reminder to the respondents targeted. Having obtained the desired number of responses, the facilitator stops the survey and extracts the respective reports from the system. The reports are presented by the online success factor tool in the form of slides (cf. Figure 5).

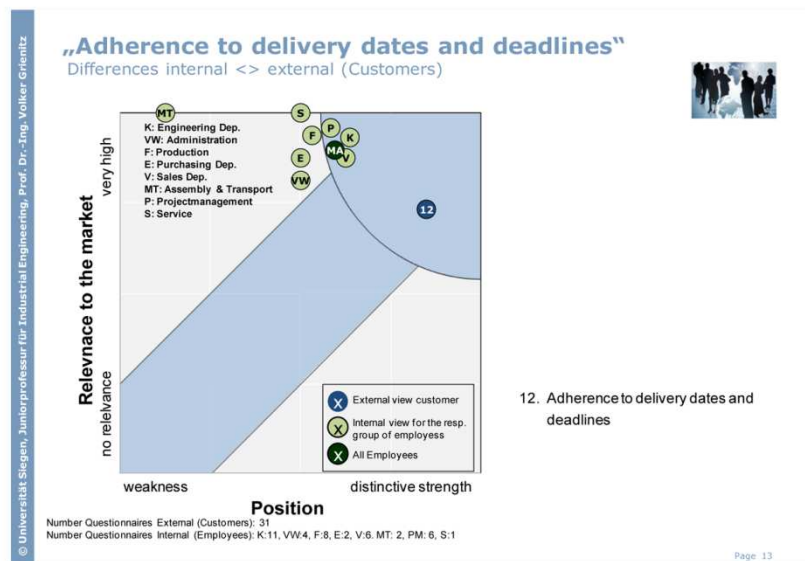


Figure 5: Exemplarily slide of the report obtained (for the success factor “Adherence to delivery dates and deadlines”)

The reports obtained were finally used for the discussion in a workshop. Specific interpretations based on the slides were made and options for actions were derived.

5. Conclusion and Outlook

As no currently available online survey tool allowed for the specific kind of questioning concerning the success factor analysis described here, our own implementation of an online survey tool was shown. Regarding the modular design of the tool and the ability to individually define the structure of the questionnaires, the tool presented should not be restricted to a specific application area and should allow for an individual adaption to many different problems. Further applications will have to prove that.

References

- 1 Mintzberg, H., 1987, "The Strategy Concept I: Five Ps For Strategy," *California Management Review* 1/1987, University of California, Berkeley.
- 2 Mintzberg H., Ahlstrand, B. and Lampel, J., 2007, „Strategy Safari – Eine Reise durch die Wildnis des strategischen Managements,“ Redine Wirtschaft, München.
- 3 Porter, M. E., 1996, "What Is Strategy?," *Harvard Business Review* 6/1996, Harvard Business School Publishing, Cambridge.
- 4 Gausemeier, J., Fink, A. and Schlake, O., 1996, „Szenario-Management. Planen und Führen mit Szenarien,“ Hanser-Verlag, Berlin.
- 5 Gausemeier J., Plass, C. and Wenzelmann C., 2009, „Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung,“ Hanser-Verlag, Berlin.
- 6 Zahn, E. and Braun, F., 1992, „Identifikation und Bewertung zukünftiger Technikrends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung,“ in: VDI Technologiezentrum (Eds.): „Technologiefrühaufklärung,“ Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
- 7 Gausemeier, J. and Fink, A., 1999, „Führung im Wandel – Ein ganzheitliches Model zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung,“ Carl Hanser, München.
- 8 Grienitz, V. and Schmidt, A.-M., 2011, "Derivation of core competencies with help of success factor analysis," *Industrial Engineering Research Conference (IERC)*, Reno.
- 9 Grienitz, V. and Schmidt, A.-M., 2012, "Taxonomy for generation of Blue Ocean Business Model with Scenario Technique," *Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC)*, Orlando.
- 10 Pinson, S. D., Louçã, J. A. and Moraitis, P., 1997, "A distributed decision support system for strategic planning," in: *Decision Support Systems*, 20 (1997), pp. 35-51.
- 11 Ernst, H., 2001, „Erfolgsfaktoren neuer Produkte: Grundlagen für eine valide empirische Forschung,“ Gabler, Wiesbaden.
- 12 Diller, H. and Lücking, J., 1993, „Die Resonanz der Erfolgsfaktorenforschung beim Management von Großunternehmen,“ *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 63 (1993) 12, pp. 1229-1249.
- 13 Day, G. S. and Wensley, R., 1988, "Assessing Advantage: A Framework for Diagnosing Competitive Superiority," *Journal of Marketing*, 52 (1988) April, pp. 1-20.
- 14 Köhler, R., 1993, „Produktpolitik: strategische Stoßrichtung und Erfolg von Produktinnovationen,“ *Ergebnisse empirischer betriebswirtschaftlicher Forschung: zu einer Realtheorie der Unternehmung*, Stuttgart, pp. 255-293.
- 15 Hauschildt, J., 2001, „Innovationsmanagement – Promotoren – Erfolgsfaktoren für das Management von Innovationen,“ *Zeitschrift Führung + Organisation*, 70 (2001) 6, pp. 332-337
- 16 Hauschildt, J. and Witte, E., 1999, „Promotoren: Champions der Innovation,“ Gabler, Wiesbaden.
- 17 Wagner, P., 1997, „Erfolgsfaktorenforschung für Finanzdienstleister im Electronic Commerce,“ *Deutscher Universitätsverlag*, Göttingen.
- 18 Belassi, W. and Tukel, O. I., 1996, "A new framework for determining critical success/failure factors in projects," *International Journal of Project Management*, 14(3), pp. 141-151.
- 19 Gleister, K. W. and Falshaw, J. R., 1999, "Strategic Planning: Still Going Strong?," *Long Range Planning*, 32(1), pp. 107-116.
- 20 Linss, V. and Fried, A., 2010, "The ADVIAN classification – A new classification approach for the rating of impact factors," *International Journal of Technological Forecasting and Social Change*, 77, pp. 110-119.
- 21 Marquardt, G., 2003, „Kernkompetenzen als Basis der strategischen und organisationellen Unternehmensentwicklung,“ *Deutscher Universitäts-Verlag*, Wiesbaden.
- 22 Bradfield, R. M., 2008, "Cognitive Barriers in the Scenario Development Process," in: *Advances in Developing Human Resources*, Volume 10, pp. 198-215.
- 23 Herzberg, F., Mausner, B. and Snyderman, B. B., 1959, "The Motivation to Work," 2nd Edition, Wiley, New York.

A 27 [GSH13b]

Eur J Futures Res (2013) 15:27
DOI 10.1007/s40309-013-0027-0

ORIGINAL ARTICLE

Scenario development without probabilities — focusing on the most important scenario

Volker Grienitz · Michael Hausicke ·
André-Marcel Schmidt

Received: 9 July 2013 / Accepted: 17 October 2013
© The Author(s) 2013. This article is published with open access at Springerlink.com

Abstract Within foresight management in general and scenario development in particular, the question is often asked: “For what scenario do I have to be prepared?” Since there are manifold approaches of scenario technique, the ways to answer this question with the help of scenario technique are also manifold. Scenario approaches using probabilities, for example, would recommend emphasizing the most probabilistic scenario. However, the consideration of probabilities, in our opinion, is not always useful. From a combinatorial point of view, any given scenario has an infinitesimal probability of being right, since there are so many possible variations (Gee et al. in *Deep News Glob Bus Netw* 2(4):199, 1991). Additionally, when regarding all possible developments that may be relevant for a scenario, each development has only an infinitesimal probability of coming true. Following these thoughts, the consideration of probabilities often has no additional benefit and, therefore, is not necessarily needed within scenario development. In this paper, the use of probabilities in scenarios will be discussed. On the one hand, this includes a discussion about scenarios in which the considerations do not make sense. On the other hand, the paper will also show an approach of considering additional information within the scenario creation process to select the most important scenario.

Keywords Scenario process · Probability · Foresight · Trends

Preface

Having developed scenarios within foresight management, it is often unclear for what scenario a company has to be

prepared. Different existing scenario approaches presumably also deliver different answers in this (decision-making) situation.

In this context, Bradfield et al. [2] provide a good overview of the existing schools of scenario technique using several criteria for classification. One classification criterion is the use of probabilities for the development of the scenarios. Probabilities within scenario technique are well discussed in literature – along with their advantages and disadvantages [1, 3, 4]. We will pick up these discussions and take a deeper look at probabilities in scenario development. We divide our consideration into three parts in order to do this: the use of probabilities within the scenario creation process; the attachment of probabilities to the developed scenarios; and probabilities in the scenario controlling process.

Since we see that the disadvantages dominate the advantages of using probabilities, the paper clearly takes a position against the use of probabilities. Hence, the paper constitutes more a position paper than a discussion paper. Nevertheless, it is naturally also our intent to foster discussion about the use of probabilities.

Foresight management with scenarios

Companies today find themselves in global competition with ever increasing dynamics and a complexity of framework requirements, processes and products. Apart from being internationally present, companies are also required to assure sustainable advantages in competition. Companies need to master the demands of markets (e.g. customer requirements, competition, reduce product lifecycles, etc.), as well as the demands of technologies (e.g. technological complexity, technological innovation barriers, etc.), among many other things (e.g. organizational behavior, processes, etc.), in order to succeed.

However, these demands, requirements, etc. are described mostly from today’s point of view. Future topics also have to be regarded in order to achieve success. In this context,

V. Grienitz (✉) · M. Hausicke · A.-M. Schmidt
Industrial Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11,
57068 Siegen, Germany
e-mail: volker.grienitz@uni-siegen.de

foresight activities can assist the company within the process of preparing for and focusing on the right topics in the future. Foresight management can help to coordinate all the foresight activities within a company.

Foresight management, according to Ahuja et al. [5], can be described as the capability to generate competitive advantages. Salo, Könnöla and Hjelz [6] have a more detailed understanding and place emphasis on three objectives of foresight management. These are the elemental outcomes of the foresight activity: improved system understanding, enhanced networking and strengthened innovation activities. The success of foresight management itself depends on an adequate adoption and combination of analytical and communicative methods. Another and more likely description, from our point of view, is presented by Amsteus [7]. He sees foresight as a behavior that is limited by cognitive variables with the aim of pointing out possible futures and clarification of emerging situations; this is underlined by the following statement: “There is no need to know the future, but to be prepared for the future” [39].

In addition to this understanding, we emphasize the knowledge aspect that accompanies foresight management. In these terms, knowledge, for example, can be distinguished between one’s own knowledge itself, and metaknowledge, i.e. the knowledge about one’s own knowledge (cf. Fig. 1). Hence, it can be distinguished between known knowns (uncritical), unknown knowns (“forgotten” or hidden knowledge), known unknowns (white spots in knowledge), and unknown unknowns (so-called *black swans* [8]). Transferred to foresight management, the known unknowns are especially regarded – we know that there is a topic that we are unsure about and that this topic, therefore, has to be investigated.

In the context of foresight management, scenarios can be helpful when regarding (complex) future situations and problems. *Complex* means that the problem regarded is influenced by many factors, that these factors are interlinked in a manifold way and that there are a number of possible answers to the problem [9]. Research has shown that humans cannot be aware of and work with more than three pieces of information at the same time by reason of their limited working memory [10]. Hence, such problems should be supported by specific methods – such as scenario technique – when regarding complex future situations. The effectiveness of scenario technique, especially concerning increasing decision quality in

strategy processes and improving performance, has just recently been empirically proven [11, 12].

However, recent research in this context at first calls for professionalization by higher quality standards, including, stronger scientific rigor and theoretical foundation [13, 14]. Wilkinson et al., for example, see the necessity to incorporate key insights from the theoretically grounded complexity science into the *pragmatic field* of scenario creation *grappling with theoretical grounding* – in order to engage the *upcoming complex, messy and puzzling situations* [14]. Secondly, recent research proposes cross-validation and multi-methodology (triangulation) [14–16], for instance, combinations of different scenario approaches may lead to more reasonable scenarios and a surplus. Thirdly, stronger integration of qualitative and quantitative data in foresight is also called for as different methods have their strengths and weaknesses in different areas [16–18].

Some scenario developers avoid assigning probabilities to the developed scenarios [19]. They argue that assigning probabilities to a scenario creates an expectation of predictability, which is not the aim of scenario planning [20]. Therefore, approaches, such as the one presented, do not use probabilities. In our opinion, there are considerable disadvantages that go along with probabilities; for example, probability ratings are often characterized as subjective [21]. Furthermore, when regarding all possible developments that may be relevant for a problem, each development only has an infinitesimal probability of coming true. When looking back at the concept of knowledge and metaknowledge (cf. Fig. 1), we think that it is also difficult to estimate probabilities of aspects that we do not know. In fact, there are also aspects, or rather events, and we do not even know that we do not know them, so-called *black swans* [8]. These events form the majority of all events [22] and often have a very high impact: For instance, even if a scenario is highly probable, there are many events about which we do not know and they can override the scenario – despite the scenario’s high probability. Based on these thoughts, a great variety of thinkable and also (from today’s point of view) unthinkable events should rather be used for developing scenarios, thus trying to cover a greater range of the unknowns – from both known and unknown unknowns (cf. Fig. 1).

However, there are also several advantages that go along with the use of probabilities, for example, the possibility of regarding development paths [23] or causal relationships of specific events [24]. In this context, Mahmoud et al. [25], for example, state that the question whether one uses consistency analysis or probabilities for the development of scenarios is so far unsolved. Therefore, some approaches propose combining the concepts of probability and consistency [26]. Heinecke [27], for example, concludes that the use of consistency analysis leads to very plausible scenarios, but not necessarily to very probable ones. As to this, a combination of both approaches is suggested: Calculating the most probable scenarios with a following consistency calculation for each probable

		Knowledge	
		Knows	Unknowns
Meta - knowledge	Know	Know Knows	Know Unknowns
	Unknown	Unknowns Knows	Unknown Unknowns

Fig. 1 Knowledge and Metaknowledge; according to Taleb [8]

scenario. In this manner, very probable scenarios with high consistencies should be preferred.

Since we think that the disadvantages of the use of probabilities outweigh the respective advantages – and, therefore, that no probabilities should be used – we will present an alternative approach: focusing on the most relevant scenario(s). This concept combines the concept of consistency with the concepts of attributes and closeness. In this context, we use an inductive approach.

Scenario development omitting probabilities

Three major subjects where probabilities may actually be used can be identified when regarding the scenario development: the scenario creation process, the scenarios themselves and the scenario controlling. It will be argued in the following why the use of probabilities for each subject should be avoided.

Case 1: “the consideration of probabilities is not meaningful within the process of scenario creation”

Firstly, probabilities can be used within the process of scenario creation, i.e. probabilities are used for the calculation of the scenarios. In these terms, the rating of the probabilities themselves is the issue most discussed [28]. As has already been mentioned, these ratings are often characterized as subjective [21, 29], are based on the specific know-how of the people doing the evaluating [30] or are difficult to obtain [26]. These circumstances can be intensified by a growing complexity of the subject regarded [29]. Thereby, the number of ratings is twice as high compared to approaches that use consistencies. This requires scenario developers or experts with a high willingness and ability to estimate the probabilities [26]. Furthermore, the experts who perform the ratings are often unsure about the question behind the rating [31].

Mphahlele et al. [32] point out another problem that comes along with the revision of the marginal probabilities: the probability of the occurrence of the single events. They showed that the impact ranking that is generated by the marginal probabilities depends quite significantly on the revising method – thus leading to different outcomes. Jenkins highlights that estimates of conditional probabilities (cross-impacts) are, most of the time, not completely compatible with the estimates of the marginal probabilities [33].

Gausemeier, Fink and Schlake [34] also have concerns about the use of probabilities and refer to the so-called Linda test of Kahnemann and Tversky [24]. This test shows that humans tend to deduce the probability of an assumption from its consistency [24]. Jonda mentions, at this point, that normative and analytic aspects can be mixed and, therefore, that known and desired aspects are recognized as more probable

and more impactful – fortified by the affectedness of the individual who does the evaluation of the rating [29].

Case 2: “assigning probabilities to the developed scenarios does not make sense”

Secondly, having calculated the scenarios, these could be described by a specific probability for each scenario. These probabilities, for example, can be calculated based upon the probability ratings of the events or are labeled to the scenarios in a qualitative process (e.g. most likely scenario) in a step that follows the scenario creation [35].

According to Reilja, a scenario is not a most likely forecast, but rather a more or less possible future development [36]. This is also the opinion of Gausemeier, Fink and Schlake. They point out that assigning probabilities to developed scenarios does not match the main aim: thinking ahead to a possible future and not predicting the future in a clear way [34]. The possible future consists neither of realities nor of wishes, but rather possibilities without probabilities [28, 29]. Furthermore, a scenario contains a combination of consistent events. The question about the likelihood of occurrence does not matter. The consistency of scenarios is sufficient and desirable in the majority of cases [34].

The possibility and desirability are two different kinds of rating dimension. Following Steinmüller, these two dimensions should not be mixed [37]. Mahmoud et al., furthermore, state that the effort significantly increases by adding probabilities to the scenarios [25].

Case 3: “working with probabilities within scenario controlling is not beneficial”

Thirdly, a controlling process should follow the scenario creation process – where probabilities could also be used. In our opinion, there are also considerable disadvantages that accompany the use of probabilities for the controlling process. Continuous and dynamic changes of market and technology developments, for example, complicate the prediction and assessment of probabilities. The number of relevant facts and variables of the business environment, as well as interdependencies, also increase the complexity [38].

Choosing and following the most probable scenario would also disagree with a basic idea of scenario technique. This basic idea aims at thinking in alternatives in order to cover a large area of possibilities [29]. By focusing on the most probable scenario, one limits the solution space. Furthermore, the inclusion of wild cards, for example, would not be possible – wild cards possess a relatively low probability of occurrence. This is critical, since wildcards by definition have a likely high impact on the conduct of business [39, 40]. Scenarios that have many wild cards, therefore, would have a smaller probability than other scenarios.

As to this, such wild card-dominated scenarios would not be considered.

Following Reibnitz, a consideration of probabilities is not beneficial [41]. This can be attributed to the subjective character of the assessment [30] and, furthermore, these assessments often represent only a snapshot of the current situation. The consideration of probabilities also depends heavily on the experience and knowledge of the risk perceptions of the scenario team [30]. On the one hand, relevant disruptive events for the company have a tendency to be underestimated by the scenario team [41]. On the other hand, it is observed that probabilities are often overestimated from a company's point of view.

The most important scenario

As the disadvantages that accompany the use of probabilities, in our opinion, dominate the respective advantages, in the following, an alternative course of action – focusing on the most important scenario – will be presented. Consequently, different sets of scenarios have to be regarded.

The cross-interpretation of the different sets finally allows for the identification of the most important scenario. The course of action will be shown by an application example: “future study of the automotive supplier industry in South Westphalia” [42]. In fact, the study was performed in 2009. It was initiated by the University of Siegen and tried to identify future needs for the local automotive supplier industry around the university. Since the time horizon back then was set to 2015, some scenario elements, of course, are prevalent today or have already appeared. In 2009, for example, we identified a differentiated scenario for the global development (“Crossroads”) that could be more or less noticed after the economic crisis that started in 2008. In other words, in addition to the many successful companies that emerged stronger from the crisis, there were also a lot of companies that had to suffer. This differentiated development led especially to the establishment of a regional automotive center (as was proposed by the study) – accompanied by very strong political support.

The Siegener approach of scenario technique that was used for the development of the scenario sets for the application example will be briefly presented. A detailed description of our approach and the methodology for the creation of the application example can be found in Grienitz and Schmidt [43].

Siegener approach of scenario technique

As mentioned previously, we omit probabilities within our scenario approach. Rather, our approach uses the concept of consistency evaluation for developing scenarios. This course of action originated in Europe and was first presented by

Gausemeier, who established his “Scenario Management” methodology in Germany in the 1990s [34]. The following Table 1 tries to delineate our approach from the one of Gausemeier. Some criteria following the classification of Bradfield et al. [2] are used for this. Bradfield and colleagues classified the existing scenario approaches into “Three schools of Scenario Technique.” The “Intuitive-Logics Models” School is also listed in Table 1 as it is the most similar to our approach and the approach of Gausemeier.

System analysis

In terms of a system analysis, the key factors are identified and described in a first step. In these terms, factors that have a strong influence on the whole system, that have a high significance and that play a special role in the whole system are chosen as key factors.

System design

Alternative characteristics for each key factor are worked out by means of a morphological analysis in a next step. The spectrum of characteristics should intentionally be stretched from today thinkable to provocative and also to improbable.

The calculation of the scenarios afterwards is performed with help of the consistency matrix. The characteristics identified in the consistency matrix are rated pairwise with regard to the consistence of their common appearance within the system regarded. The consistency evaluation ranges from “1” (inconsistent) to “5” (synergetic compatibility). Afterwards, consistent combinations of characteristics are calculated from the consistency matrix. These combinations consist of one characteristic per key factor and are referred to as raw scenarios.

Communication/transfer

In a next step, the raw scenarios identified are aggregated to a manageable number of scenarios by means of a cluster analysis. The cluster analysis provides the scenario-DNA in the form of a table that shows the percentage distribution of the characteristics per scenario for a better interpretation and communication of the scenarios. The scenario-DNA includes today's situation in addition to the scenarios. Graphic visualizations of the future scenarios are also created. This includes multidimensional scaling (MDS) or pictures of the future.

System controlling

Any assumptions that were made, the key factors, their characteristics, and the consistency evaluation may change over time. If there are changes, some single operations or evaluations may have to be redone.

Table 1 Overview of the Siegener approach, in comparison to the Intuitive-Logics Models and Scenario Management following Bradfield et al. [2]

	Intuitive-Logics Models	Siegener Approach Grienitz	Scenario Management Gausemeier
Purpose of the scenario work	Multiple, from a one-off activity making sense of situations and developing strategy, to an ongoing activity associated with anticipation and adaptive organizational learning [2].	The same as Intuitive-Logics Models. Additionally, we explicitly see scenario technique not only for future issues. In fact, we regard all problems that have a “native” morphological structure [44] and also consider systemic thinking.	The same as Intuitive-Logics Models – but mainly used in strategic management and restricted to future scenarios.
Scenario perspective	Descriptive or normative [2].	The same as Intuitive-Logics Models. Comprehensive description of complex contexts, thus following the Intuitive-Logics Model	The same as Intuitive-Logics Models.
Scope of the scenario exercise	Can be either broad or narrow scope ranging from global, regional, country industry to an issue-specific focus [2].	All problems that can be derived by a morphological structure (future, product [45], strategy [46], risk [47], production systems [48], etc.) Additionally, we also use sets of scenarios, i.e. combining different types of scenarios (e.g. future scenarios with product scenarios). See also 4.2.	The same as Intuitive-Logics Models.
Tools commonly used	Generic – brainstorming, STEEP analysis, clustering, matrices, system dynamics, and stakeholder analysis [2].	The same as Intuitive-Logics Models, but also intelligent morphological analysis using evolutionary strategies. Additionally, we integrated some other concepts, such as Social Network Analysis [49], LEGO® SERIOUS PLAY® [50], Attributes [48], “Blue ocean, Red Ocean” [46], and Delphi surveys.	The same as Intuitive-Logics Models, but also morphological analysis.
Scenario starting point	A particular management decision, issue or area of global concern [2].	The same as Intuitive-Logics Models.	The same as Intuitive-Logics Models.
Scenario exercise output	Qualitative – a set of equally plausible scenarios in discursive narrative form supported by graphics; some limited quantification. Implications, strategic options and early warning signals are increasingly a part of scenario output [2].	The same as Intuitive-Logics Models. However, not limited to future scenarios. We also use so-called “Landscapes of scenarios” (multidimensional scaling).	The same as Intuitive-Logics Models. Also: “Landscape of scenarios” (with multidimensional scaling).
Probabilities attached to scenarios	No; all scenarios must be equally probable [2].	No; the same as Intuitive-Logics Models.	No; the same as Intuitive-Logics Models.
Scenario evaluation criteria	Coherence, comprehensiveness, internal consistency, novelty – underpinned by rigorous structural analysis and logics. All scenarios equally plausible [41].	Basically the same as Intuitive-Logics Models. Additionally, we use Attributes to evaluate the characteristics, and hence, can add virtually any evaluation criteria; for example, for performing sensitivity analysis (closeness to today: close to today, trend, close to science fiction, etc.).	The same as Intuitive-Logics Models.

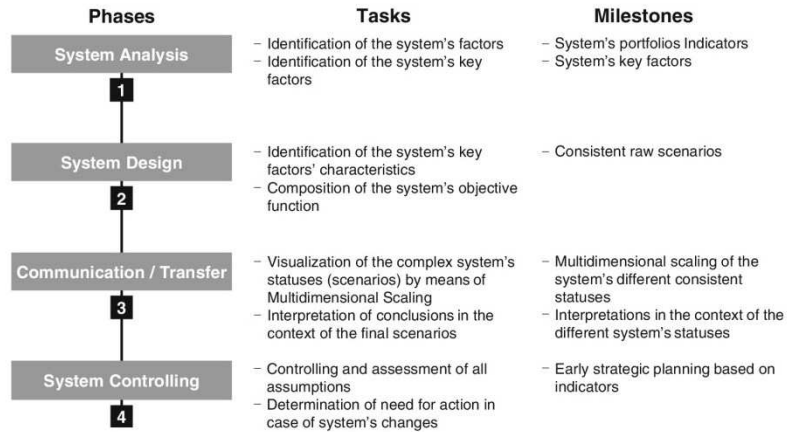
The course of action within the Siegener approach of scenario technique can be described by a phase-model, as shown in Fig. 2. The following paragraphs will briefly explain the essence of each phase

Application example “future study on the competitiveness of the automotive supplier industry in South Westphalia”

In the past, the business models had to change on both sides (automotive suppliers as well as original equipment manufacturers: OEMs) because of the increasing shift in value creation from the OEMs towards the automotive suppliers. In this

context, the branch study assessed tried to assure the competitiveness of the local automotive supplier industry by thinking ahead for the future and generating promising future options for action. Figure 3 illustrates the method that was used to determine the prospective strategic positions [43]. In this way, the paper presented focuses on the phases “Social/global developments” and “Development of the automotive

Fig. 2 Phase model of the Siegener scenario approach



industry," since these phases used the Siegener approach provided for the scenarios developed.

A wide range of different enterprise sizes and fields of activity could be covered within the survey of 71 companies.

The companies questioned generate 67 % of the turnover of all economic power in the region located. Thus, the study is based on a strong foundation.

Global scenarios

Global developments in ecology and technologies, as well as in politics, society and economics, have a significant impact on the development of the OEMs and suppliers. Hence, global scenarios can describe the major basic conditions for all participants in the automotive sector. Three global scenarios: "Low road," "High Road" and "Crossroads," have been developed in this context during the scenario process. These scenarios were explicitly described (cf. Fig. 4) and supplemented by short management summaries (cf. Table 1).

OEM scenarios

As has already been mentioned, scenarios for the OEM market were also generated because the OEMs essentially affect the whole structure of the industry sector and, thus, the automotive sector's drivers and "internal clock." Thereby, an automobile is and remains an emotional product. However, the focus from today's possession and individual claims, e.g. in the case of equipment, will change. There will be a shift to the real value of mobility, availability and its price. Comparable to the telephone market, the product will be pushed into the background. Moreover, there will also be product innovations that involve new business models. The following Table 2 presents the four developed and thinkable environment developments from the automobile manufacturer's perspective. It seems clear that the descriptions pointed out will not occur singularly and selectively. Nevertheless, the statements should be used as a fundamental framework by the supplier industry. In detail, the study identified four consistent OEM scenarios.

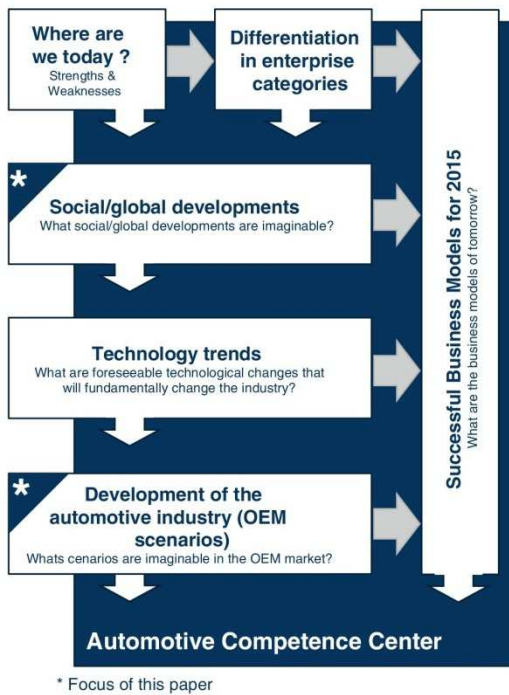


Fig. 3 The process model of the industry study "Future-study on the competitiveness of the automotive supply industry in South Westphalia in 2015"

Fig. 4 Detailed prose description of the global scenario “Crossroads”

Compared to Europe, the high growth rate of emerging nations, especially in the Asian and the Latin American regions, continues. Even though the growth rate of the “old” Europe is far behind the rate of the emerging nations, the economic trend of Germany has sustainably recovered from the impacts of the financial and economic crisis. The low geographical distance and the economic interlinkage with the eastern European countries is a specially important economic success factor for Germany. The power of innovation of some key industries has set international standards and secured jobs.

Subsidies and tax benefits were drastically deleted: Only the regional support of innovation and technology are specifically perceived. Decision-making channels are transparent, because bureaucracy has been reduced. The state ensures a basic education. Furthermore, there is a real education industry. Some excellently equipped research institutions were founded. A major part of the knowledge-based manpower will come from the non-European regions to equalize the German educational deficits. Media and press freedom is given, but, if the individual wants to be well-informed, he has to take care of the information gathering by himself.

The income gap is widening more and more – the development of a two-tier society is noticeable and induces more social tensions. Ethical and religious values play an important role externally, but the expression of individuality caused by the consumer behavior is decisive for the social status. The family has a great significance, but the number of one- and two-person households is increasing. People mainly live in conurbations with very good infrastructure.

Access to new technologies is only available to the well-educated and well-paid people. People are less mobile in both their working and private life. Health awareness depends strongly on social background.

German companies have a competitive advantage compared with their international competitors caused by a low corporation tax. Liquidity has a higher importance for most companies than profitability. The power of individual choice is greater than ever, but it can only be used by the wealthy part of society. The character and communication of companies with micro consumer groups plays a central role in the field of sales distribution and marketing. New distribution channels enable a more profitable but, simultaneously, wider variation of highly individualized products and mass products.

These scenarios are: “Cheaper than four tires, better than two feet,” “Ecological renaissance and sustainable mobility,” “Digital mobility and information concept,” and “Darwinism in the OEM market” (cf. Table 2).

Scenario selection – relevance evaluation

The global scenarios established represent polarized future descriptions. A regular monitoring of all relevant trends, developments and all positioned premises is needed to point out realistic statements in order to place the right scenario in focus. In this case, the evaluation of the today’s DNA is necessary. This can be performed by workshops and discussions with experts of the industry. Furthermore, this will be supported by observation of the economic indicators and/or by regular and extensive scanning and monitoring of numerous sources, e.g. the literature and internet.

The noticeable developments in focus are located close to the global scenario III “Crossroads” due to consideration of the current framework. Some ways to use the opportunities of scenario II and some ways to prepare for dangers of scenario I will also be mentioned within the future study developed.

Scenario compatibility

The OEM scenarios were then rated in the light of the global scenarios (Table 3); in other words, those combinations which are most plausible and worth looking at were analyzed.

As mentioned above, all current signs and developments point to the global scenario “Crossroads,” so that after the rating, the scenario “Darwinism in the OEM market” followed

by the scenarios “Cheaper than four tires, better than two feet” and “Ecological renaissance and sustainable mobility” are the industry scenarios in focus.

The global scenarios contain only a few statements regarding technological developments. Nevertheless, technological trends should be taken into consideration for the strategic calculus. This can also be confirmed by the fact that the analysis of the current situation neglected these trends.




In addition to the description and classification of the business models compared with each other, a rating with regard to the scenario compatibility was made as a part of the study. The description of the scenario compatibility was followed by a rating of the business models with regard to their relevance in the light of the global scenarios, the OEM scenarios and company classes. In other words: “How relevant are the different environments for this specific business model?”

In addition to the compatibility of the “OEM scenario” – “business model,” all combinations of scenarios were rated with regard to their compatibility in a workshop. The following Table 4 shows the results. The business models regarded, thus, have a differentiated relevance according to the global and OEM scenarios, as well as to the company classes observed.

Discussion

In the following chapters, the three cases from chapter two are discussed in the context of the Siegener scenario technique approach.

Table 2 Global scenarios – a brief overview

Global Scenario I "High Road" – The "country of knowledge" becomes reality	Global Scenario II "Low Road" – Tangibles characterize the low-tier society	Global Scenario III "Crossroads" – Liberalization of all economic and socio-political structures
		
Quintessence		
<ul style="list-style-type: none"> • Convergence of the markets in the Euro zone induces a strong economic growth • Media democracy encourages the independent formation of opinion • Social pluralism and environmental awareness have a high importance • Efficient research facilities help to open new niche markets 	<ul style="list-style-type: none"> • International terrorism and a shortage of resources lead to new stress ratios of the community of states • Weak economic growth and trade barriers baste foreign investments • There is a high regulation density and a polarized political party landscape • The label "Made in Germany" has worn out 	<ul style="list-style-type: none"> • The economic situation is stable – German key industries are staying competitive • The social market economy has worn out – Americanization is ubiquitous • Traditional social values are accompanied by status-oriented individualism and fragmented consumer behavior • Egocentrism supports the political apathy

Case 1: "the consideration of probabilities is not meaningful within the process of scenario creation"

As we look at the idea behind the scenario technique, we see that it is necessary to think of alternatives to cover a large area of developments. Thereby, it is valid to think in extremes; that means, "What might happen, what is thinkable?"

In this context, a wide search and the consideration of characteristics in the phase of system design is necessary. Not only probable and thinkable developments should be taken into account, but also, in particular, improbable and thinkable developments. The past has already demonstrated that even experts can err. Karl Benz once said in 1920, "The car is completely developed. What is next?" In his opinion, it was impossible and unthinkable that the automobile was at the beginning of its development at that time.

The range of alternative solutions would already be restricted at the beginning of the scenario process if one only concentrated on the probable developments. That means, from the present vantage point, improbable characteristics would not be followed up. As a consequence of this, the whole concept of wild cards would also not be considered in the scenario process. Characteristics which are thinkable and have a high influence from today's point of view, but have a probability of occurrence close to zero, would not appear in scenarios calculated later. According to Steinmüller [39], an example of





this is the wild card, which describes that biological sexual dimorphisms disappear as a result of a lifestyle revolution. Its probability of occurrence is very low, but, in the case of occurrence, its impact would be high.

In further steps, a very important question arises in the context of scenarios: How are the individual probabilities handled to get a scenario overall probability? It consists of a certain uncertainty in the case of the allocation of the probabilities. Should they to be summed up, multiplied or should the arithmetic mean be determined?

The Siegener approach of scenario technique avoids this difficulty by calculating scenarios based on a consistency analysis (cf. Fig. 5). The question, thereby, is not how high the probability of occurrence is, but rather, if it is thinkable that both characteristics considered will appear pairwise in the future.

After the consistence evaluation, the future scenarios are calculated in a consistent way by the use of natural analogue algorithms. These future scenarios only contain bundles of characteristics that are able to appear in common in the future from the vantage point of the present; for this reason, they are consistent. A major advantage is that the whole solution space becomes better illuminated. No possible solution is eliminated in advance. Another advantage is that our brain builds so-called trails by repeated consideration and evaluation of all future developments. In other words, we are "thinking in

Table 3 OEM scenarios – a brief overview

OEM Scenario I "Cheaper than four tires, better than two feet"	OEM Scenario II "Ecological renaissance and sustainable mobility"	OEM Scenario III "Digital mobility and information concept"	OEM Scenario IV "Darwinism in the OEM market"
			
Quintessence			
<ul style="list-style-type: none"> • Classification of the market in cheap and individualized premium products • Automotive market in focus shaped by minimal concepts • Increasing competition from emerging countries • Unchanged supplier structure 	<ul style="list-style-type: none"> • Ecologically ambitious mobility instead of one's own car • Mass production vehicle with intelligent user-models and sustainable resource usage • Threat for suppliers from traditional machine building industry • New suppliers with intelligent service 	<ul style="list-style-type: none"> • Functional and intelligent mobility instead of one's own car • Mass production vehicle with intelligent user-models • Threat for suppliers from traditional machine building industry • New suppliers with intelligent service 	<ul style="list-style-type: none"> • Environmentally-friendly high-tech and cheap products • Eco-friendly high-tech and low-cost products • Companies from emerging countries take over traditional brands • Company concentration over all steps of value creation • High innovation pressure for suppliers

stock" and immunize ourselves against undesirable surprises. As soon as a combination of characteristics (scenarios) arises, we already know intuitively what the consequences are and which countermeasures we have to initiate.

Case 2: "assigning probabilities to the developed scenarios does not make sense"

The selection of the most probable occurring scenario does not make sense in the respect that it does not allow a statement on the topic if it is also the most relevant scenario for us. The determination of the most relevant seeming scenario for us is, in fact, a multidimensional optimization problem that cannot be solved by the calculation of the overall probability. The multidimensionality is directly dependent on the number of key factors. Each key factor builds a dimension.

The selection process of the most relevant scenario(s) is as follows. After the calculation of the raw scenarios by the natural analogue algorithms already mentioned, a clustering of the raw scenarios takes place on the basis of their similarity regarding content. That means that the high number of raw scenarios calculated becomes summarized to a manageable number of scenarios. The clustering is made by the use of multivariate methods. Which raw scenario belongs to which scenario is calculated, depending on the content of each raw

scenario. It is possible to derive a so-called scenario-DNA for each scenario. On the one hand, this scenario-DNA shows the percentage distribution of characteristics per cluster. On the other hand, this structure, to the same extent, provides the possibility of determining today's situation ("present-DNA").

The landscape of scenarios is built by the use of a distance calculation of the content similarity of scenarios and the help of multidimensional scaling (MDS) (cf. Fig. 6). This map consists of the present situation in addition to the scenarios. Using this graphic, the relevant scenarios can be determined by checking which scenario(s) is (are) closer to the present situation. In the application example, we did this interpretation with the group of experts that helped to develop the scenarios. The attributes could also be used for a more detailed analysis of the closeness.

This shows that the identification of the most relevant scenario by the (graphical) spatial closeness is more effective and easier to communicate than by the consideration of probabilities. Moreover, a certain uncertainty of the allocation of probabilities exists. Should they be summed up, multiplied or should the arithmetic mean be determined?

The Siegener approach of scenario technique is able to calculate scenarios under different aspects by means of the consideration of further attributes of the characteristics. As an example, the calculation of high impact or volatile scenarios is

Table 4 Compatibility of the OEMs and global scenarios

Compatibility of the OEMs and global scenarios Reading support: The OEM Scenario I "Cheaper than four tires, better than two feet" has a high compatibility to the global scenario "Low Road." The global scenario "Crossroads" plays a certain role for the OEM scenario I; the global scenario "High Road" has no importance for OEM scenario I.			
OEM scenario I "Cheaper than 4 tires, better than 2 feet"	OEM scenario II "Ecological renaissance and sustainable mobility"	OEM scenario III "Digital mobility and information concept"	OEM scenario IV "Darwinism in the OEM market"
The segments show the single global scenarios. The filling level of the segments increases with the compatibility.			

The segments show the single global scenarios. The filling level of the segments increases with the compatibility

also possible. By the calculation of scenarios under the consideration of volatility, which combination of characteristics provides wild fluctuations of the future or which provides a pole of tranquility can be spotted. The evaluation of the attributes can, for example, take place by a Delphi survey while collecting the uncertainty of the experts in the form of a standard deviation additional to the attributes themselves. The standard deviation builds areas of uncertainty of the characteristics for later checking.

Case 3: "working with probabilities within scenario controlling is not beneficial"

Since attributes such as the time horizon or impact can be considered, it is possible to automatically derive roadmaps from the scenarios calculated and some characteristics can be prioritized. The combination of scenario-DNA and roadmaps (cf. Fig. 7) induces an initialization of a foresight system in terms of the concept of weak signals according to Ansoff [51].

Fig. 5 Example of consistency matrix

Consistency matrix Crucial Question: "How does characteristic A (row) get along with characteristic B (column)?" Rating of consistency 1 = not conceivable/total inconsistency 2 = conceivable with restrictions 3 = neutral or stand-alone 4 = good combination/fits well 5 = lock and key/perfect match			
Key factor	Characteristic	No.	Characteristic
Key factor 1	Characteristic 1A	1A	Characteristic 1A Characteristic 1B Characteristic 1C Characteristic 1D
	Characteristic 1B	1B	
	Characteristic 1C	1C	
	Characteristic 1D	1D	
Key factor 2	Characteristic 2A	2A	Characteristic 2A Characteristic 2B Characteristic 2C Characteristic 2D
	Characteristic 2B	2B	
	Characteristic 2C	2C	
	Characteristic 2D	2D	
Key factor 3	Characteristic 3A	3A	Characteristic 3A Characteristic 3B Characteristic 3C Characteristic 3D
	Characteristic 3B	3B	
	Characteristic 3C	3C	
	Characteristic 3D	3D	

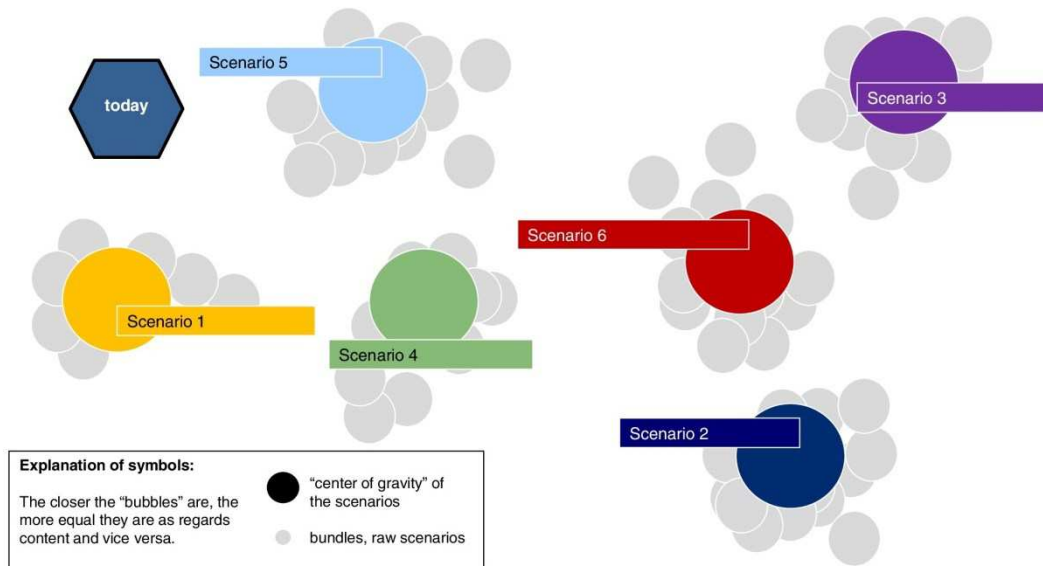


Fig. 6 Example landscape of scenarios

Firstly, it becomes clear when, in theory, the first characteristic arises, and secondly, if our assumptions were right and are still valid. If a characteristic does not occur at the expected date, this is a first indication to verify the assumptions of the scenario development process. When the first characteristics occur, the process of action should slowly start, depending on the priority of the characteristics. At the point when the last characteristic of a scenario occurs, it is absolutely necessary to act. With this in mind, it is obvious that dealing with probabilities cannot achieve a foresight system in this way.

As described at the beginning, the market and its developments are underpinned by continuous changes. This requires an inspection and adaptation of the scenarios and of the present situation if necessary. The inspection and adaptation focuses for this purpose on every underlying assumption, the influential factors, their characteristics, and the influence, weighting and consistence evaluations. Because the scenario development process is already free of probabilities, a consideration of probabilities at this point would also not provide additional value.

Scenario DNA				Scenario Roadmap											
Key factor	Characteristic	Scenario		2013				2014				2015			
		No.	I	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		
Key factor 1	Characteristic 1A	1A	100												
	Characteristic 1B	1B	0												
	Characteristic 1C	1C	0												
	Characteristic 1D	1D	0												
Key factor 2	Characteristic 2A	2A	100												
	Characteristic 2B	2B	0												
	Characteristic 2C	2C	0												
	Characteristic 2D	2D	0												
Key factor 3	Characteristic 3A	3A	100												
	Characteristic 3B	3B	0												
	Characteristic 3C	3C	0												
	Characteristic 3D	3D	100												

expected time of occurrence with its impact
 low
 middle
 high

Fig. 7 Example for scenario-DNA including Roadmap

Limitations and future work

The process of scenario development has indeed been well investigated, nevertheless, there are a number of outstanding points which should be further researched. These include, for example, the choice of characteristics and their attributes. At this point, the following questions arise: “When do I have the right and the right number of characteristics?” and “Are all thinkable developments of attributes considered?”

A further outstanding point is the evaluation of the matrices by the scenario team. Everyone who takes part in the evaluation process holds another position or perspective to the respective topic. This often causes the evaluation to be subjective. At this point, the following questions arise: “How can the subjective character be invalidated?” and “How can the uncertainty in the evaluation process be handled?”

Future research will have to deal with the points listed among other things.

Open Access This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License which permits any use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited.

References

- Gee K, Greenwood K, Ogilvy J, Schwartz P (1991) Probabilities: Help or Hindrance in Scenario Planning? *Deep News Glob Bus Netw* 2(4):199
- Bradfield R, Wright G, Burt G, Cairns G, van der Heijden K (2005) The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures* 37(2005):795–812
- Ha-Duong M (2006) Scenarios, probability and possible futures. Working Paper. <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00003925/en/>. Accessed 3 Sep 2013
- Millet SM (2009) Should probabilities be used with scenarios? *J Future Stud* 13(4):61–68
- Ahuja G, Coff RW, Lee PM (2005) Managerial foresight and attempted rent appropriation: insider trading on knowledge of imminent breakthroughs. *Strat Manag J* 26(9):791–808
- Salo A, Könnölä T, Hjelt M (2004) Responsiveness in foresight management: reflections from the Finnish food and drink industry. *Int J Foresight Innov Pol* 1(1–2):70–88
- Amsteus M (2008) Managerial foresight: concept and measurement. *Foresight* 10(1):53–66
- Taleb NN (2010) *Black swan*. Random House Trade Paperback, New York
- Ulrich H, Probst GJB (1988) *Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln*. Haupt, Bern/Stuttgart
- Rouder JN, Morey RD, Cowan N, Zwilling CE, Morey CC, Pratte MS (2008) An assessment of fixed-capacity models of visual working memory. *Proc Natl Acad Sci U S A* 15(16):5975–7979
- Meissner P, Wulf T (2013) Cognitive benefits of scenario planning: its impact on biases and decision quality. *Technol Forecast Soc Chang* 80(4):801–814
- Phelps R, Chan C, Kapsalis SC (1998) Does scenario planning affect performance? Two explorative studies. *J Bus Res* 51(2001):223–232
- Godet M (1990) Integration of scenarios and strategic management: using relevant, consistent and likely scenarios. *Futures* 22(7):730–739
- Wilkinson A, Kupers R et al (2013) How plausibility-based scenario practices are grappling with complexity to appreciate and address 21st century challenges. *Technol Forecast Soc Chang* 80(4):699–710
- Bishop P, Hines A et al (2007) The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight* 9(1):5–25
- Varum CA, Melo C (2010) Directions in scenario planning literature – a review of the past decades. *Futures* 42(4):355–369
- Armbruster H, Kinkel S et al (2008) Kombination von Szenarien und Delphi-Methodik: Potenziale und zukünftige Herausforderungen. In: Gausemeier J, Kinkel S (eds) *Strategische Technologieplanung mit Zukunfts-Szenarien*. VDMA, Frankfurt am Main, pp 83–98
- Tapio P, Paloniemi R et al (2011) The unholy marriage? Integrating qualitative and quantitative information in Delphi processes. *Technol Forecast Soc Chang* 78(9):1616–1628
- Goodwin P, Wright G (2001) Enhancing strategy evaluation in scenario planning: a role for decision analysis. *J Manag Stud* 38(1):1–16
- Wilson I (2000) From scenario thinking to strategic action. *Technol Forecast Soc Chang* 65(1):23–29
- Oehler A, Unser M (2002) *Finanzwirtschaftliches Risikomanagement*, 2nd edn. Springer Verlag, Berlin
- Burmann C, Freiling J, Hülsmann M (2005) *Management von Ad-hoc-Krisen: Grundlagen – Strategien – Erfolgsfaktoren*. GWV Fachverlage, Wiesbaden
- Duperrin JC, Godet M (1975) SMIC 74 – a method for constructing and ranking scenarios. *Futures* 7(4):302–312
- Kosow H, Gaßner R (2008) *Methods of future and scenario analysis – overview, assessment, and selection criteria*. German Development Institute, Bonn
- Mahmoud M, Liu Y, Hartmann H et al (2008) A formal framework for scenario development in support of environmental decision-making. *Environ Model Softw* 24:798–808
- Dönitz EJ (2009) *Effiziente Szenariotechnik durch teilautomatisierte Generierung von Konsistenzmatrizen*. Gabler, Wiesbaden
- Heinecke A (2003) *Die Szenario-Technik als entscheidungsunterstützendes Instrument*. In: Biethan J, Kuhl J, Lackner A (eds) *Soft-Computing in Wissenschaft und Wirtschaft*. Conference paper, University of Göttingen, pp 41–52
- Schoemaker PJH (1993) Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation. *Strat Manag J* 14:193–213
- Jonda M (2004) *Szenario-Management digitaler Geschäftsmodelle – Skizze einer Geschäftsmodellierung am Beispiel von Mobile-Health-Dienstleistungen*. Dissertation, University of Oldenburg
- Winter DH (2011) *Simultane strategische Produktionsplanung beim Vorliegen unvollständiger Informationen: Vorstellung eines risikobasierten Entscheidungsunterstützungssystem unter Verwendung der unscharfen, stochastischen Programmierung*. Logos, Berlin
- Mitchell RB, Tydeman J (1978) Subjective conditional probability modelling. *Technol Forecast Soc Chang* 11:133–152
- Mphahlele M, Olugbara O, Ojo S, Kourie D (2011) Cross-impact analysis experimentation using two techniques to revise marginal probabilities of interdependent events. *ORION* 27(1):1–15
- Jenkins L (1997) Selecting a variety of futures for scenario development. *Technol Forecast Soc Chang* 55:15–20
- Gausemeier J, Fink A, Schlake O (1996) *Szenario-management – planen und führen mit szenarien*, 2nd edn. Carl Hanser, München Wien
- Schnaars SP (1987) How to develop and use scenarios. *Long Range Plan* 20(1):105–114
- Reiljan J (2008) *Die Probleme der Szenarioerstellung für die Wirtschaftsentwicklung Estlands*. *Discuss Estonian Pol* 16:163–180
- Steinmüller K (2003) *Szenarien Instrumente für Innovation und Strategiebildung*. Z_punkt, Essen
- Fichter K, Kiehne DO (2004) *Trendmonitoring im Szenario-Management*. nova-net, Stuttgart

39. Cornish ES (2003) The wild cards in our future. *Futurist* 37(4):18–22
40. Petersen JL (2000) Out of the blue: how to anticipate big future surprises, 2nd edn. Madison Books, Lanham
41. Uv R (1991) Szenario-Technik – Instrument für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung. Gabler, Wiesbaden
42. Grienitz V, Ley S, Schmidt AM (2009) Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015. Universität Siegen, Siegen
43. Grienitz V, Schmidt AM (2012) Anticipation of developments in industry sectors with future scenarios and creation of business models using a multi-stakeholder approach. *Int J Foresight Innov Pol* 8(4): 335–353
44. Ritchey T (2012) On the formal properties of morphological models. *Acta Morphol Gen* 1(2):1–15
45. Grienitz V, Blume V (2008) Strategic Planning of Future Products with Product Scenarios. Proceedings of 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, 21–24 Sept 2008, Bangkok, Thailand, pp 374–379
46. Grienitz V, Schmidt AM (2012) Taxonomy for generation of Blue Ocean Business Model with Scenario Technique. Proceedings of the 2012 Industrial and Systems Engineering Research Conference (ISERC), Orlando, Florida
47. Grienitz V, Schmidt AM (2011) Development and Assessment of future scenarios in the context of the Security Environment. Systems Analysis and Studies (SAS) Panel, Specialists Meeting SAS– 088 on long range forecasting of the future security environment, Stockholm, pp 5–1 to 5–12
48. Grienitz V, Schmidt AM (2011) Entwurf von nachhaltigen Produktionssystemen mit Hilfe der Szenariotechnik. Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, TBT'11 - 14. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs. TU Chemnitz, Chemnitz, S. 383–392
49. Grienitz V, Schmidt AM (2010) Scenariobased Complexity Management by adapting the Methods of Social Network Analysis. Proceedings of The International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics: IMCIC 2010, Orlando, Florida, pp 61–66
50. Grienitz V, Schmidt AM (2012) Scenario workshops for strategic management with Lego® serious play®. *Probl Manag 21st Century* 3(2012):26–36
51. Ansoff HI (1975) Managing strategic surprise by response to weak signals. *Calif Manag Rev* 18(2):21–33

A 28 [GSK+13]

*Proceedings of the 2013 Industrial and Systems Engineering Research Conference
A. Krishnamurthy and W.K.V. Chan, eds.*

Vision Statement Development With LEGO® SERIOUS PLAY®

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Per Kristiansen
Trivium
Nybrogade 12, 2, 1203 Copenhagen, Denmark

Prof. Helmut Schulte
acs - Automotive Center Südwestfalen
Attendorn, North Rhine-Westphalia 57439, Germany

Abstract

Doing the right things in a given situation at the right time is the underlying formula for the achievements of every business. But what are “the right things”? On what foundation can good and solid decisions be based upon? Most companies have vision and mission statements which guide them in their daily and / or strategic decision making processes. These statements embody a company’s fundamental convictions and values - its core of being. The vision statement typically is future oriented outlining a clear picture about a superior state or goal that a company wants to achieve. In this context, the paper presented shows an approach to the development of a vision statement in a workshop framework with help of the LEGO® SERIOUS PLAY® method (LSP). LSP can be described as a perfect tool for enabling and enhancing communication within a workshop framework. In detail, it will be shown how LSP made a valuable contribution to the development of a vision statement. For this, the paper provides a real application example: The development of a vision statement for an automotive competence center that is organized as a public private partnership.

Keywords

LEGO® SERIOUS PLAY®, Vision Statement, Public Private Partnership

1. Introduction

Today companies find themselves in a global competition with an ever-increasing dynamic and complexity of framework requirements, processes and products. Apart from being internationally present, companies are also required to assure sustainable advantages in competition. In order to succeed, companies need to master the demands of markets as well as the demands of technologies. In this context, a company’s strategy framework plays a major role. It describes several important core elements: The vision statement, the mission statement, dedicated strategies, concrete options for actions and agreed guiding principles for the everyday behavior of the company’s employees. Since the strategy development and the vision statement are of further interest for this contribution, these will shortly be described in the following.

1.1 Strategy Development

The plan for seizing tomorrow’s chances is written down in the corporate’s strategy. A corporate strategy can generally be described as a guideline for a company’s daily actions [1], the pattern of decisions that will help the company to obtain its desired future state [2]. It always represents a bridge between the requirements of the market and the abilities of the company [3].

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

The formulation of strategies requires an incorporation of all spheres that lie within the control of a company. On the one hand these can be illustrated by the market, i.e. demand and supply. On the other hand capacities for future products and services can be depicted by the consideration of technologies. These two basic strategic forces are described as market pull and technology push (cf. figure 1).

- Market pull describes the social and economic developments from the point of view of the branch of business and of the market. It also includes the description of specific requirements of different customer segments.
- Technology Push describes changes in the technological environment. These include, for example, innovative substitution manufacturing technologies, improvements in existing technologies as well as innovations in the field of materials that allow for the adoption of new technologies and therefore make the satisfaction of new and complex customer requirements possible.

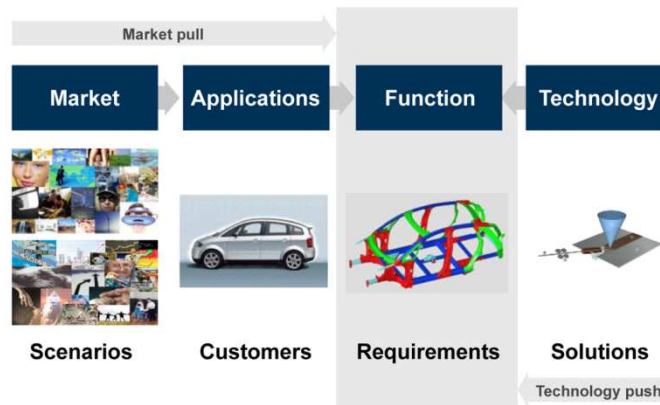


Figure 1: Interaction of Market Pull and Technology Push

The corporate strategy stands, on a higher level, for a future-oriented corporate structure. On a lower level, the subordinate business strategies are the pre-requisite for the functional strategies (R&D strategy, personnel strategy, technology strategy etc.) of a company [1].

The development of strategies is a both a systematic and a recursive process. The required iterations are evoked by new findings in research and development or changes in the company's framework requirements (e.g. by shifts of market segments). Likely the corporate strategy is not irrevocable. Developments in the company's external environment (e.g. recognized through trends or technological developments) can for example be used for a back coupling of the company's strategic orientation.

In this sense DRUCKER for example suggest three key questions that could be used to identify the basis for the competitiveness of a company [4]:

- „[...] what to concentrate on“
- “What are we going to do ourselves?”
- “[...] what to bring in from others, and at what stage.”

1.2 Corporate Vision

Following EL-NAMAKI, a corporate vision can be described as „a mental perception of the kind of environment an individual, or an organization, aspires to create within a broad time horizon and the underlying conditions for the actualization of this perception“ [5]. Hence, several important aspects of a strategy have to be mentioned regarding this definition: At first, a corporate strategy is something that describes far future (overall) targets. At second, a corporate vision is not irrevocable. I.e. it should be updated periodically. Besides this general definition, further aspects are also essential for a corporate vision: A corporate vision has to be communicated and has hence to be communicable, i.e. it should be easily to understand. Also, a corporate vision should be realistic and feasible,

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

provide a challenge and translatable into specific goals and strategies [5, 6]. It must also be added that the vision should be emotionally compelling [7]. It should compel the employees to act in the interest of the company. For this, a vision should make sense. If a vision does not make sense, it is meaningless.

Besides this, the corporate vision can be regarded as a conglomerate of a company's mission statement, its strategic competencies and strategic positioning" (cf. figure 2):

- A corporate mission is the reason the company exists, its raison d'être. It describes what the company does in its core (business) [8].
- Strategic competencies are important and dominant abilities that allow the company to achieve long-term, above-average results in comparison to the competition [9]
- Strategic positions define the area of competition. They represent outstanding business segments as market performance-market-combinations [1]. Further on the strategic position can be used to specify the strategic business areas (as a definition of the area of competition).

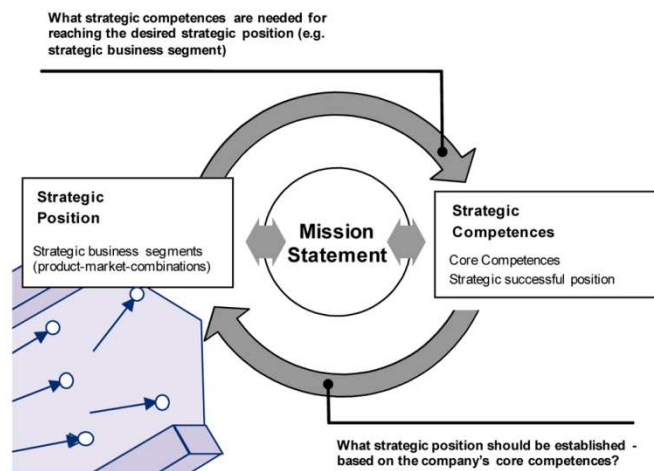


Figure 2: The corporate vision as a combination of mission statement, strategic competencies and strategic positioning [1]

2. The LEGO® SERIOUS PLAY® method

At the outset (by the end of the 1990'ies), the LEGO Company developed and used the LEGO® SERIOUS PLAY® method only internally for their own strategy processes. However, it was shortly thereafter decided to introduce it to external partners in a special partnership model. But only employees of these partners were trained by the LSP master trainers and became authorized facilitators. Also, only these trained facilitators could buy the specially designed LSP workshop sets. In 2009 it was decided to offer the method through a community based business model, where everyone can buy the special LSP workshop sets and LEGO encourages individuals to complete a facilitator certification program with experienced master-trainers.

LSP bases on fundamental beliefs about leadership and organizations:

- We live in complex and adaptive world
- Everyone wants to contribute in the process and has potential to do so
- Everyone needs to be allowed to contribute their knowledge
- All "voices in the room" are necessary for successful decision-making processes
- Very often knowledge remains untapped within the minds of the process' participants

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

By using the hands for bringing the own ideas and thoughts to LEGO® models, more parts of the brain are used than just the working memory and the processing power of the prefrontal cortex. This is called hands-mind-connection [10]. I.e. people can be and are in fact more creative and imaginative when using their hands in the context of mental work. Additionally, everyone gets kind of connected to his ideas by building the respective models and therefore defends the own ideas very intrinsically. Hence, a facilitated trainer always has to ask the participants before he / she touches his / her LSP model.

Another Aspect of LSP is to tell the stories that belong to the models. I.e. after building the models everyone has to describe the own model - mainly by using metaphors. Metaphors help to give a deeper meaning to the LEGO® bricks. I.e. the participants do not build their ideas just by physically representing them with the LEGO® bricks. Hence, LSP is not about modeling, rather it is about construction new meanings through a process where the participants give meanings to the bricks by using metaphors and link these meanings to a story that transcends the meaning of the physical models. Since everyone has to tell the story that is behind the model, everyone has to contribute. Another general rule of LSP is that everyone lets each other speak out their thoughts about their model and their own story.

LSP can be regarded as a facilitated thinking, communication and problem solving technique that is especially suited for organizations and teams [11], [12]. In detail, LSP allows for a new way of communication within workshops:

- The use of 3-dimensional physical objects allows for an easier experimenting, speaking out individual opinions freely and a deeper immersion in the workshop situation [13]
- LSP provides a common language [14] that results in a collaboration with equal representation
- With help of the LSP-elements “metaphors” and “story telling” cultural-historical backgrounds can be addressed that allows for efficient exchange mechanisms [15, 16]
- The hands-brain connection leads to a more enduring and more efficient information processing in the brain of the workshop participants [17]. This can also be reasoned by actual empirical results in learning research [18].

As already aforementioned, LSP originally was used for the team and organizational development. Actually further applications are discussed. TRÖGER ET AL. for example are discussing LSP in the context of factory planning [19]. Reasons for the widening of the area of application may be evoked by the increasing importance of knowledge work [20].

But there are also methodical challenges for the use of LSP. Cynicism can for example often be recognized when starting a workshop, this as a result of the playful appearance of LSP [21]. Another methodical challenge is that the meaning of the models is only obvious to the people that build it. But sharing the meaning of the LEGO model - the story - in experience is easier than simply sharing another story/vision with an outsider. So, the model alone does not help the outsider, but the model and the story together are much stronger than just a story. In our opinion, the neuroscientific reason is that the models help the receiver to process the information in a multi-sensory manner - what also should help memory formation.

3. Vision Statement Development with LSP

As already aforementioned, a vision statement for an automotive competence center was developed with help of LSP. The regarded competence center, the ‘acs’, was established and commenced operations in January 2012. Its core competencies lie in the field of affordable lightweight constructions for automotive applications. The idea for the automotive center was born at the University of Siegen [6, 22]. In a nutshell, it was asserted that the competencies of the regional automotive supplier industry were not congruent to the needed competencies in future. For this the establishment of an automotive center was recommended.

The conceptual design of the ‘acs’ as a Public Private Partnership (PPP) was a special challenge for the vision statement development process. In detail, the ‘acs’ has two associates from the public authorities (a city and an administrative district) and a university, a university of applied science, nine regional companies as well as a

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

supporting organization (consisting of actually 81 regional company) as associates. When performing a workshop, all participants hence would have their own backgrounds (in their respective company or public institution).

Based on the thoughts above, it was decided to use LSP for the development of the vision statement. In detail, the workshop was conducted with twenty participants of the associates. Seven participants came from the public partners and thirteen from the industry partners. Additionally, the workshop participants from the industry partners all were the CEO of the associate partners (in contrast to a regular strategy development workshop – where the participants are executive from one specific company). Further it was decided to have an external moderator for the workshop. One reason for this decision was that all workshop participants now could solely work on the contents that had to be worked out.

At the beginning, the workshop had to be prepared. For this an agenda was set up, the introduction for the workshop was worked out and the LSP part of the workshop was designed. The last point will later be described in detail. As regards the agenda, the following course of action was determined:

1. Reception and round of introductions
2. Warm up: The Strategy Framework
3. Development of Mission Statement (Mission and values)
4. Development of Dedicated Strategies
5. **First draft of the vision statement based on all previous thoughts (Supported by LSP)**
6. First set of agreed guiding principles
7. Development of first ideas for brands and corporate design
8. First concrete tasks

According to the topic of this paper, only the LSP-supported task, the development of the vision statement, is explicitly discussed in the following.

Following the agenda, a brief overview of strategy development in common was provided to the participants for warming up at the first part of the workshop. For this the different elements of the strategy framework were presented and shortly discussed. In detail, the introduction was about basics as regards the vision statement (as the main result of workshop shop), the mission statement, dedicated strategies, the mission, concrete options for actions and agreed guiding principles for the everyday behavior of a company's employees.

The first substantial work, the development of the mission statement, was done in a next step. For this, the group was split into three smaller groups. One main question was asked to the groups: What is the core reason for the existence of the 'acs'? After the group discussions, all gained results were united to a single understanding of the mission statement:

"The 'acs' is a contribution for securing the stakeholders competitive positions. It tries to secure the competitive edge as regards technology in the field of economical lightweight construction for automotive applications. For this, know-how from the stakeholders, leading universities and companies has to be combined in order to develop new competitive products, processes and technologies for strengthening the region's overall competitive potential."

As a next step, dedicated strategic goals and respective strategies were identified. This was done for the following main areas:

- Customers / Clients
- Finance
- Employees
- Processes
- Knowledge and Innovation
- Technologies and Materials

At this point it is necessary to emphasize that all strategic goals have to be concrete enough, so that these can be measured and tracked. At least a point in time (for the latest realization) has to be provided for each goal.

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

Having had identified the mission statement and the dedicated strategic goals (and strategies) a first draft of the vision statement was developed with the participants from university and the company leaders in a next step. For this, all preceding results were primarily discussed in the whole group. After this, the group was split into two groups. The first group consisted of the company leaders and the second group of the members from university. This connected with the idea of consolidating both (according to experience - mostly supportive) results in a further step.

After this a warming up with LSP was performed in each group for getting in touch with the LEGO® bricks. The challenge was to develop a story about what the essence of an automobile in future could be. Generally, when designing a LSP-Workshop the task should be provided in such a manner that no one of the participants can build a purely representational solution. The intent is to develop metaphors not metonyms. I.e. the participants should build models that express and explore their ideas and thoughts about a specific topic. For this, the LSP-part of the workshop started with a short warm-up task to introduce the LSP-basics. Within this task, each participant had to build an own simple model and to explain it to the participants by telling the respective 'story'.

After having understood the meaning of working with LSP, the participants were asked to think about their understanding of the vision for the 'acs'. At this point, every one of the participants worked out his / her idea own his / her own based on the already developed mission statement and strategic goals. It could be noticed that everyone did not build physical models anymore. Rather very complex (in positive sense) and approachable models were created that afterwards were presented to the respective group. For this everyone explained his / her model by telling the associated story.



Figure 3: LSP-Model for the Vision Statement, First Group

As a next step, the individual models of each participant were merged in each group to a group-specific overall model (the so called shared model) that contained the very essence of all individual models of the group. This was done in a group discussion. For this everyone had to present and advocate his / her own thoughts, since not all models are just merged into one big model. Rather only specific elements of each own model go into the shared model: Those elements that are agreed by all workshop participants (in the respective group). This lead to a very intensive negotiation and finally to models that were agreed by all group members. Figure 3 shows the model of the first group that consisted of the participants from university and Figure 4 the shared model of the group with the participants from industry.

As a last step in the LSP-supported vision statement development process, both shared models of the groups were merged to an overall shared model for all workshop participants. This was also done in (moderated) discussion round after a representative of each group had explained the respective group model. As a result of the LSP-assisted workshop part the following vision statement was identified based on the story of the overall shared model:

“The ‘acs’ is the leading international partner for Research and Development in the field of economical and innovative lightweight construction for automotive applications. Further the ‘acs’ is a guarantor for integrated product development.”

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

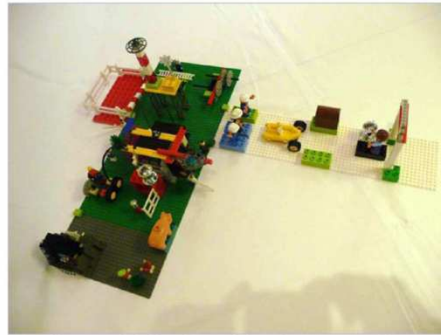


Figure 4: LSP-Model for the Vision Statement, Second Group

Based on the agreed definition of the vision statement, a first set of guiding principles were worked out in a next step. These allow for a conscious behavior in terms of the vision statement. I.e. it is possible to conform to the vision statement by simply following these guiding principles for the everyday work / decisions. Additionally to the guiding principles, also first ideas for brands, the corporate design and first concrete actions were discussed.

4. Conclusion and Outlook

In a nutshell, LSP was a great enrichment to the vision statement development process. One participant emphasized that he was impressed how easy the different knowledge of the mostly heterogeneous could be combined - especially when looking back at his concerns before the workshop. Especially as regards the fact that no one of the participants had common thoughts about a possible vision for the 'acs'. Additionally, no one of the participants mentioned that he / she was left out or rather was not able to bring in his / her meaning to the consensus.

Hence it can be stated that it was a very efficient way to include many specific views and to enhance communication in the development process of the vision statement. In our opinion LSP provided a common language for the participants on that they were able to communicate and to voice their insights and concerns. Especially against the background of the special corporate form: the public private partnership - this not only with industrial entrepreneurs but also with players from public and universities.

At second LSP helped the participants to be more efficient. In detail, the LSP models allowed for a very fast and efficient identification of the core elements of the vision statement. The possibility to direct the emotions and negotiations at the physical models perhaps made it easier for the participants to look at the core of the topic.

As already aforementioned cynicism can often be recognized when using LSP as a result of the playful appearance. For this it was especially interesting to use LSP within a workshop with such a heterogeneous group of participants and the high quotient of CEO. But within the workshop no cynicism could be regarded. Rather, they were very interested in the method of LSP and were also very concentrated when they were working out the results. At the end of the workshop, many participants mentioned that they felt very exhausted, probably as a result of the intensive work with LSP.

In a following workshop the strategy was specified, thus with the same group of participants as in the above described workshop, but without the use of LSP. Hence it was especially noticeable that at the end of this workshop, when the participants were asked to give feedback on this consecutive workshop, LSP still was in their minds and they were a little bit sad that it was not used within this workshop. So the participants even demanded for the use LSP.

All above described points base on individual conversations with the workshop participants and the workshop's feedback round. To resolve this methodical challenge, an empirical analysis of the participants' feedback should be performed within further applications. In this first approach, LSP was only used for the identification of the vision statement. In further workshops it is planned to evaluate LSP for the development of the mission statement and the strategic goals.

Grienitz, Schmidt, Kristiansen and Schulte

References

1. Gausemeier, J., Fink, A., 1999, "Führung im Wandel - Ein ganzheitliches Model zur zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung," Carl Hanser, München.
2. Rumelt, R., 2012, "Good Strategy / Bad Strategy: The Difference and Why it Matters," Profile Books, London.
3. Zahn, E., Braun, F., 1992, "Identifikation und Bewertung zukünftiger Technikrends – Erkenntnisstand im Rahmen der strategischen Unternehmensführung," In: VDI TECHNOLOGIEZENTRUM (Hrsg.): Technologieführaufklärung, Schäffer-Poeschel, Stuttgart.
4. Drucker, P.F., 1969, "The age of Discontinuity. Guidelines to our changing society," Harper & Row, Publishers, New York.
5. El-Namaki, M. S. S., 1992, "Creation a Corporate Vision," In: Long Range Planning, Vol. 25, No.6, pp. 25 – 29.
6. Grienitz, V., Ley, S., Schmidt, A.-M., 2009, "Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015," Eigenverlag, Siegen.
7. Morgan M., 2007, "Telling the corporate story: vision into action," Journal of Business Strategy, Vol. 28 Issue 1, pp.26 – 36.
8. Hill, C. W. L., Jones, G. R., 2010, "Strategic Management Theory: An Integrated Approach," 9th Edition, South-Western Cengage Learning, Mason, Ohio.
9. Pümpin, C., 1983, "Management strategischer Erfolgspositionen. Das SEP-Konzept als Grundlage wirkungsvoller Unternehmensführung," 2. Auflage., Bern.
10. Wilson, F. R.; 1998, "The Hand: How Its Use Shapes the Brain, Language, and Human Culture," Pantheon Books, New York.
11. Roos, J., Victor, B., 1999, "Towards a New Model of Strategy-Making as Serious Play," European Management Journal, August 1999, p. 348 – 355.
12. Roos, J., Victor, B., Statler, M., 2003, "Playing Seriously with Strategy," Imagination Lab Working Paper 2003-2a, Lausanne Switzerland.
13. Jentsch, D., Riedel, R., Müller, E., 2012, "Flow and Physical Objects in Experiential Learning for Industrial Engineering Education," In: Emmanouilidis, C., Taisch, M., and Kiritsis, D. (Hrsg.), Proceedings of APMS 2012 International Conference Advances in Production Management Systems: Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services, 24-26 September, Rhodos (Griechenland), IFIP Advances in Information and Communication Technology (IFIP AICT).
14. Kristiansen, P., Hansen, P. K., Nielsen, L. M., 2009, "Articulation of tacit and complex knowledge," In Schönsleben, P., Vodicka, M., Smeds, R., Riis, J. O. (Hrsg.), Learning and Innovation in Value Added Networks. (S. 77-86) Zurich: ETH Zurich Center for Enterprise Sciences (BWI).
15. Gauntlett, D., 2007, "Creative explorations: new approaches to identities and audiences," Oxon, Routledge, New York.
16. Heracleous, L., Jacobs, C. D., 2011, "Crafting Strategy: Embodied Metaphors in Practice," University Press, Cambridge.
17. Penfield, W., Rasmussen, T., 1950, "The cerebral cortex of man: a clinical study of localization of function," Macmillan, Oxford.
18. Bara, F., Gentaz, E., 2011, "Haptics in teaching handwriting: the role of perceptual and visuo-motor skills," Human movement science, 30(4), S. 745-59.
19. Tröger, S., Berndt, M., Müller, F., Jentsch, D., Riedel, R., Müller, E., 2012, "3D-Kommunikation in der Fabrikplanung - Unterstützung von Fabrikplanungsprozessen durch physische Modelle," Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb ZWF, 9 (2012), S. 632-636, ISSN: 0947-0085.
20. Tröger, S., Jentsch, D., Riedel, R., Müller, E., 2012, "Ernsthaftes Spielen – Eine paradoxe Tätigkeit," Industrie Management, 28 (2012) 3, S. 35-38, GITO Verlag, ISSN: 1434-1980.
21. Jentsch, D., Domagk, M., Riedel, R., Barnstedt, C., Müller, E., 2011, "Evaluation ernsthaften Spielens zur Entwicklung eines Projektteams der MAN Diesel & Turbo SE," In: Müller, E. & Spanner-Ulmer, B. (Hrsg.), Tagungsband 14. Tage des Betriebs- und Systemingenieurs, Nachhaltigkeit in Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. (S. 211-222) TU Chemnitz: Wissenschaftliche Schriftenreihe des Institutes für Betriebswissenschaften und Fabriksysteme, Eigenverlag TU Chemnitz, ISSN: 0947 – 2495, Sonderheft 17.
22. Grienitz, V., Ley, S., Schmidt, A.-M., 2009, "Scenario based future business models in automotive supply industry," Industrial Engineering Research Conference: IERC 2009, Miami (USA).

A 29 [GSL09a]

Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference

Scenario based future business models in automotive supply industry

Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt
Department of Industrial Engineering
University of Siegen, Siegen, North Rhine-Westphalia 57068, Germany

Sebastian Ley (M.Sc. dist.)
UNITY AG, Büren, North Rhine-Westphalia 33142, Germany

Abstract

The automotive sector and its surrounding industries represent one of the backbones of the German economy. Especially automotive suppliers in form of small and medium sized enterprises struggle with the evolving industry specific requirements as well as external influences. This paper combines a profound regional analysis with an exemplary future foresight model deriving successful business models of tomorrow. The conducted method shows that future business models as well as their key success factors can be derived based on current developments. The paper concludes with an outlook for the automotive supply industry and shows how the future business models can be monitored.

Keywords

Scenario Technique, critical success factor, automotive supplier, business models

1. Preface

At present automotive companies find themselves in an adverse and hostile environment. The current crisis adds to the apparent pressure of cost and innovation within the industry. Enterprises with conventional business models find it increasingly difficult to maintain their present market position. Thus it is vital to gain new perspectives on the outlook of the industry as a whole but in particular to take into account the successful business models of today as well as tomorrow.

As the backbone of the German economy the automotive sector and its surrounding industries, have to a large extent been build on the Schumpeterian entrepreneurial spirit that came to be known as the "German Mittelstand", small and medium sized companies (SME). This study focuses on downstream suppliers of the automotive sector in the *high-tech industry cluster* of South Westphalia in the central western part of Germany. Fundamentally this study intends to promote the necessary knowledge transfer between academic institutions and local businesses.

Essentially this paper utilizes the opportunity of combining a profound exemplary regional analysis with a future foresight model in order to derive creative recommendations for the successful business models of tomorrow. This cooperative study undertaken by the department of Industrial Engineering at the University of Siegen and the UNITY AG, a strategic consultancy, presents a new and innovative approach in deriving future success factors for business through the use of the Scenario Technique. This method cannot predict, but it can think ahead for the future under the consideration of alternative outcomes.

Crucial questions:

- Where are we today? What are the strengths and weaknesses of the local automotive supplier industry?
- Is it possible to determine homogeneous cluster of companies?
- What alternative futures – scenarios – will arise within the sociopolitical as well as economic environment?
- What are possible scenarios for the OEM's (Original Equipment Manufacturer) ?
- Are there foreseeable technological changes that would drastically change the structure of local supplier?
- What are the most promising business models of tomorrow for the automotive-supplier industry?
- What are consequences and what is the course of action?

Grienitz, Schmidt, Ley

By means of the underlying research and the conducted study Figure 1 illustrates the method that was used to determine the prospective strategic positions. In order to attain a sustainable business excellence the appropriate critical success factors have to be identified.

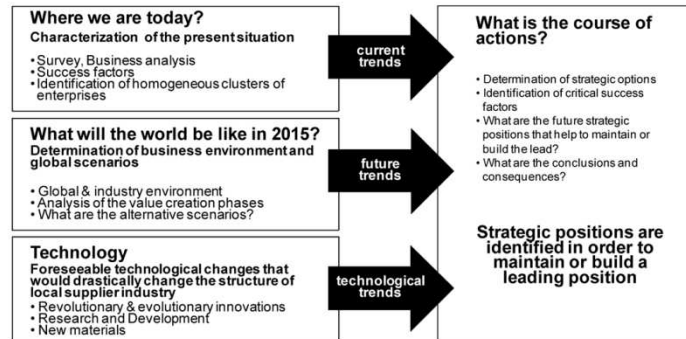


Figure 1: Industry study identifying future potential success factors-
Automotive study South-Westphalia 2015

The survey assessed the strategic orientations and long-term goals of organizations with regards to 23 *success factors*. On one hand the participating companies had to assess the importance of each factor to their own organization and on the other hand state the relevant importance to the industry and its markets.

2. Automotive industry in Germany

The German automotive industry with its suppliers and surrounding industries employed 744.000 people in 2007, which corresponds with about 2.7 percent of the working population. The VDA, one of the biggest German automotive alliances, assumes that each seventh place of employment in Germany depends directly or indirectly on the automotive industry [1]. In 2007 automotive industry in Germany grew by approximately seven percent, generating a business volume of 203 billion Euros (5.7 Million cars). The average profit margin in 2006 equaled at about 4.6 percent to the two previous years. In particular it was the sector of the small enterprises, with an annual turnover of under 40 million Euros, that had a significant impact on the overall stability of these figures, with an increase in the average profit margin from 3.8 percent in 2004 to 5.6 percent in 2006 [2]. Looking back at the last ten years the German automotive industry doubled its turnover [1, 3]. With 31.250 employees and an annual turnover of about 7.1 billion Euros the regional automotive industry in South-Westphalia [4] represents a significant share of the overall German Automotive sector. In close proximity to the steel producing industries in the Ruhr and Rhine area the main business domains in South-Westphalia are chassis and body-parts. On a grander scale, the federal state of "North Rhine-Westphalia", as one of the 16 regions in Germany, constitutes about 800 companies with over 200.000 employees working within the automotive supply sector [5].

3. Successful companies in South-Westphalia

The aim of the conducted survey, with about 400 questioned companies, was to identify and analyze the strengths and weaknesses of the local industry and to derive typical characterizing criteria as markers of success within the local industry environment. The results of this study include approximately 75% of the resident economic power of the South-Westphalia automotive industry. For definition purposes, "successful companies" are defined through their relative performance with regards to the average (4.7 percent) profit margin.

Amongst the interviewed companies, *high customer satisfaction* and a *fast reaction time* were identified by the participating organizations as strategic success factors. In addition none of the regions companies were found to invest more effort than necessary in any of the identified factors. Successful companies (> 4.7 p.m.) identified *active market investigation*, *effective processes*, *project and knowledge management* as well as the *access to skilled employees* as strategic success factors. In addition these companies are better positioned with regards to a *high scope of engineering*, *competences in electronics* [6] and *consistent outsourcing* as well as a significantly higher *speed of reaction* regarding changes in their environment. The successful companies position themselves very clearly:

Grienitz, Schmidt, Ley

Compared to the rest of the local industry the search and development for new business segments is their ultimate goal. They generally tend to consolidate their output to modules whilst simultaneously achieving an even higher *supplier reliability* and *shorter delivery time*. From the present perspective quality, technology and price leadership are the strategic levers for the future.

4. Scenario Technique

Doing the right things in a given situation at the right time is the underlying formula for the achievements of every business. It is hereby not only the evolutionary success story of humankind but also the outcome of our cognitive capabilities to consider alternative options. Similarly companies have to react immediately to changing conditions of past and present, to ensure the necessary scope for ideas and innovations. Superjacent stands the visionary view into the future and the timely unlocking of future success potentials to achieve sustainable growth. The following section presents an exemplary synopsis of the findings derived from the application of the Scenario Technique and the application of future foresight. It will outline one of the three *consistent Global-, OEM-Scenarios* as well as future technological trends that will have a significantly impact on the automotive industry.

4.1 Global-Scenarios

Global developments in politics, society, economics as well as in ecology and technologies have a significant impact on the development of OEM and suppliers. Indeed the developments in these spheres are not bound to any historic continuity. In the face of the multitude in fundamental inner and outer changes in the automotive environment it is necessary to identify economic and social drivers.

Fundamentally there are four global megatrends, supported by their underlying stability of influences:

- Aging population in the western world and mature economies
- Widening gap in the distribution of income is diffusing the middle class segment of society
- The demand for mobility increases primarily driven by structural changes in the labor market as well as alternative forms of transportation
- Increasing complexity of technical products and atomization of traditional customer segments

In the backdrop of these fundamental drivers the study identified three alternative Global Scenarios: “Low Road”, “High Road” and “Crossroad”. The following passage presents an abstract taken from the *Low Road Scenario*:

“The consequences of the financial crisis have lead to national as well as international debt levels that were never seen in history before. With no alternative allocation of resources national budget need to be spent in enhancing productivity and market development. The shortage of natural resources, like fossil fuels and minerals, leads to a global cost explosion. Europe only just manages to keep up with other developed regions as well as the emerging economies. EU-countries attempt to shelter their national industries with tariffs and other barriers of trade. Germany suffers from the political backlog of long needed reforms and modernizations of its administrative sector. The influence and regulation of the state into the operations of the large organizations is high. Extreme political parties gain support from deprived social strata. The lower investment of state funds promoting Research and Development has to be compensated by the private sector. Growing income disparity is only one indication for the various societal ills. The level of education is strongly correlated with the level of income. A larger proportion of Germans have multiple jobs in order to support their families. Consumer behavior is predominately rational. Access to technologies is limited affluent. The label “Made in Germany” does not stand anymore for what it used to. Only a few brand names manage to envoy standards for quality, though they are independent from their production location. Only the automated production of higher value products with high margins remains profitable. Amplified by skilled labor shortages offshore activities of the traditional German industries have increased.”

4.2 OEM-Scenarios

The public awareness of the automotive industry is generally reflected through the existence of a few major brands. Automotive suppliers often remain as the hidden champions in the background. Developments over the last decade however have shown a shift in the value creation towards the supplying industries. The outsourcing of risk and complexity has lead to a reduction of the vertical range of manufacturing by about a third and resulted in a shift of employment opportunities from OEM's to the supply sector. It is to be expected that the purchasing decision of an automobile will be, beside the cost, still be based on emotional attributes of the product and the brand. However we

Grienitz, Schmidt, Ley

are likely to experience a shift in the ownership and an emergence of automotive industry surrounding service with regards to the business model of *mobility*. The study identified four consistent OEM-Scenarios through the application of the Scenario Technique: “Cheaper than 4 wheels, better than two feet”, “Ecological renaissance and sustainable mobility”, “Digital mobility and information” and “Darwinism in the OEM-Market”. These findings have to be considered as determining factors for possible future developments. Following the exemplary track of the Global Scenario (Low Road) a synopsis of the best matching OEM-Scenario “Cheaper than 4 wheels, better than two feet” is thereby presented in the following passage:

“Inexpensive and functional cars are desired by most customers. Thus soft purchasing criteria like the *joy of driving* and *status symbol* play a secondary role. Rising incomes in the emerging markets have lead to an increased demand for automobiles. Emerging OEM’s from the developing markets have an enormous, but temporarily cost advantage due their natural inclination to the customer’s needs in these markets. Those manufactures who will manage to serve the increasingly important low-cost segment with preconfigured modules and economies of scale will prevail. Others will be forced to survive in smaller premium sector markets with highly individualized products. The traditional middle segment is expected to depreciate. Consequentially the competitive pressure within the OEM market will increase. In order to compete in the emerging markets the established western automotive manufactures will have to shift a large amount of their R&D activities to the growth markets. Additionally they attempt to broaden their influence in these markets with the introduction of new low cost brands as well as lean, standardized and intelligent production lines.”

4.3 Technology Trends

“I believe in horses. The automobile is a transient phenomenon”. With these words, the German Emperor William II manifested his disbelief in the future of automobiles - from today’s perspective a *slight* misjudgment. Automobiles are the main driving force for many economies no matter whether they belong to the most developed or emerging markets. Social requirements such as sustainable use of materials, reduction of emissions and gas consumption are the drivers of change.

On one hand there are *disruptive developments* that can change the automotive industry from scratch: Particular technologies are going to be outdated and whole divisions are threatened. One of the primary examples for these drivers is the electrification of the power-trains. Pistons, camshafts and belt drives – classic parts of a combustion engine – would be components of the past in an *electric automotive world*. Wheel hub drives create totally new degrees of freedom for the design of chassis and interior. These new technologies will increase the energy efficiency, whereby functional solutions could for example be that energy is regained by transforming kinetic energy into electric energy during the slowing-down process. In consequence conventional structures like brakes and axle mounting obtain new attributes due to the functional integration.

Contrary to the disruptive developments, *improvements of existing or the replication of present functions within a completely new approach* represent the alternative future for technological trends. Room for improvement has to be used for the own products. Furthermore the reinvention or intelligent integration of functions will create additional value through innovation and the development of *Technology Platforms*. Major examples for these evolutionary developments that will add to the differentiation within markets are fuel cell, clean diesel and composite engines.

The actual version of the study outlined a more detailed future roadmap for likely future technological trends. It will be existential, especially for the automotive supply industry to be up to date with these developments. Only an active engagement in market intelligence and a constant move towards new innovations will foster and ensure the survival of many organizations in the future.

5. Formation of homogenous clusters of organizations

Due the inhomogeneous and diversified automotive supplier industry a differentiated view of organizations is necessary. On the basis of the criteria, *share of automotive sales of the overall sales* as well as *number of supplied value-added steps* and other selected success factors, homogenous clusters of organizations can be identified. This formation resulted from a cluster analysis – single objects are compared by means of their similarity and are merged into clusters according to their similarity. In consequence of this analysis four homogenous clusters were identified in the conducted study for the region of South-Westphalia: “The diversified SME”, “Specialists manufacturing

Grienitz, Schmidt, Ley

automotive mass components”, “The big and innovative” and “The innovative SME”. Further special characteristics could be identified and assigned to each of the clusters. In order to differentiate each cluster specific strategic success factors were assigned to each. Exemplarily the industry cluster “Specialists in manufacturing automotive mass components” is presented in the following passage:

“The cluster “Specialists in manufacturing automotive mass components” consists of organizations with a low vertical range of manufacturing and the ambition for the lead in quality. Staff training, further education and the access to employees were indicted by their relevance to the market. Of little interest to this cluster were academic cooperations.” Figure 2 shows the characteristic profile of this cluster.

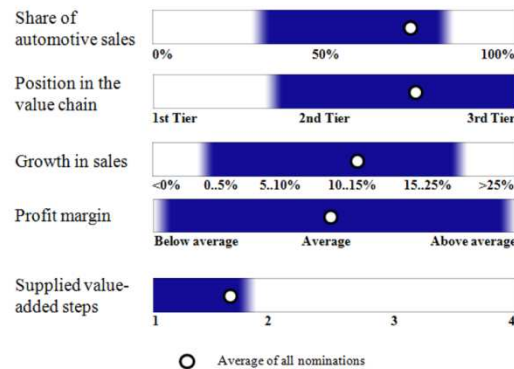


Figure 2: The characteristic criteria of the cluster “Specialists in manufacturing automotive mass components”

6. Industry-Scenarios and Business-Models

Based on the success factors, levers for future success were identified. In consequence special combinations of these factors lead to consistent business models [7]. The following Industry-Scenarios represent such consistent and promising future Business-Models. These should enable the respective organizations to obtain a clear position in the future, based on the findings of the Scenario Technique and were reviewed by a panel of experts (CEOs, management executives and academic experts). Build on their recommendations, *course for action* was derived.

In the conducted study four industry scenarios were identified: “Mantra of cost leadership”, “Automotive suppliers evolving to a 0.5-Tier”, “Diverse niche manufacturer” and “Lost in translation”. In the following passage the Industry-Scenario “Mantra of leadership in costs” will be presented. This is analogical to the Global-Scenario “Low Road” and OEM-Scenario “Cheaper than 4 wheels, better than two feet”.

“The industry is characterized through a highly competitive environment. Functional and low pricing automobiles are in high demand due to the growing income disparity. Consolidations and take-over’s have lead to a significant reduction of organizations in the market. Within the existing automotive supply sector cooperation’s are only project based. Beside the creation of new conglomerates the supply industry is still dominated by a great number of manually orientated organizations. The fierce market conditions lead to a top down structure when it comes to acquiring new business and satisfying the strict contractual requirements. Companies are generally risk averse and the level of investments is low. Innovations solely emerge out of fast follower strategies due to high efforts in market research. A large proportion of innovation takes place in the growing markets. Shortage of resources and a lack of technical competences hinder to lead the way. Only a few organizations practice efficient *process-, project- and knowledge-management*. The interaction with academic institutions is limited.”

At this stage the cluster “Specialists in manufacturing automotive mass components” is a good starting point to create the connection to the above shown scenarios. With this reference scenario, Figure 3 shows the necessary reactions on the part of the organizations with regards to particular success factors. Ideally all success factors would be positioned in the dark areas of Figure 3. In order to obtain the ideal position within the market environment the

Grienitz, Schmidt, Ley

organization would either decrease their own strength (horizontal left shift) or increase their own strength (horizontal right shift) with regard to the critical or overemphasized success factors. The following points outline the experts recommendations as well as strategic success factors:

- Gather strengths in the following areas
 - Consistent outsourcing (e.g.: see “20” in Figure 3) and realizing potentials for cost reduction in scope of the own facility and subcontractors sales and distribution; Mergers & Acquisitions; Business excellence in E-Commerce
 - Efficient process-, project- and knowledge-management
 - High facility efficiency and realizing economies of scale
- Reduce effort in the following areas
 - Hybrid services (e.g.: see “9” in Figure 3)
 - Range of divisions

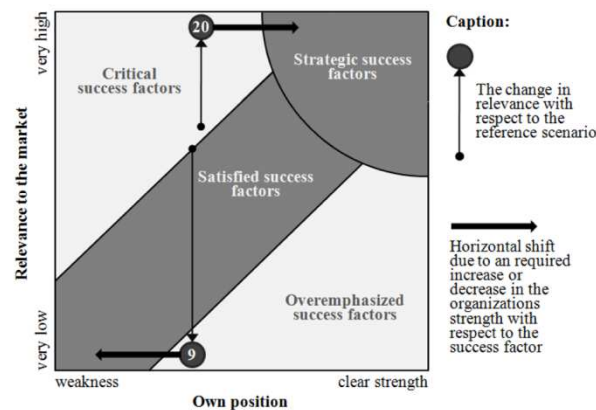


Figure 3: Characteristic movements of success factors of the organizational cluster “specialists in manufacturing automotive mass components” with regards to the reference scenario- “Mantra of cost leadership”

7. Outlook

Beside the optimization of success factors on an organizational level, political representatives have to create an appropriate framework to enable organizations to reach these consistent and promising Business-Models. In an iterative process all parties concerned have to accomplish permanent and cyclically reviews of the resulting framework. In order to reach an overall success position consequent controlling of assumptions is inevitable. Finally it should be emphasized that the outlined method is not only applicable to the automotive industry but could be applied to any other given industry.

References

1. Verband der Automobilindustrie (VDA), 2008, "Auto Jahresbericht 2008," (2008).
2. IKB Deutsche Industriebank GmbH, 2008, "IKB Branchenbericht Automobilzulieferer Dezember 2007," (2008).
3. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles, 2008, "The World's Automotive Industry: Some Key Figures," (2008).
4. Industrie- und Handelskammern Arnsberg, Hagen und Siegen, 2005, "Die Automotive-Industrie in Südwestfalen," (2008).
5. ZENIT AG, Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie in NRW, 2007, "Struktur und regionale Verteilung der Branche Kraftwagen und Kraftwagenteile in NRW," (15 Apr. 2007).
6. Mercer Management Consulting, "FAST 2015 – Future Automotive Industry Structure," (2004).
7. Grienitz, V.: Business Engineering with Scenario Technique, 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 08.- 11. Dezember 2008, Singapur, 2008

A 30 [GSL13]**Wie aus einer Zukunftsstudie ein einzigartiges
Kompetenzzentrum in der Automobilzulieferindustrie
wurde**

Volker Grienitz, André-Marcel Schmidt und Sebastian Ley

„Die turbulenten Umfelder, in denen sich Unternehmen im Augenblick befinden, sorgen dafür, dass herkömmliche Geschäftsmodelle ihre Überzeugungskraft verlieren. Es kommt darauf an, diese Phase als Chance und kreativen Neuanfang zu verstehen. Die Automobilindustrie spielt als einer der größten Arbeitgeber in Deutschland eine wesentliche Rolle in der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Die nachgelagerte Automobilzulieferindustrie hat einen ihrer Schwerpunkte in Nordrhein-Westfalen, insbesondere in Südwestfalen.“

(Prof. Dr. Ralf Schnell, Rektor der Universität Siegen, und Frank Beckehoff, Landrat des Kreises Olpe, 2008)

1 Einleitung

Dieser Beitrag beschreibt den Weg, wie aus einer Idee eine einzigartige Kooperation zwischen Hochschulen, Unternehmen und Politik in der Automobilzulieferbranche geworden ist. Die Basis für diese sogenannte Public Private Partnership (PPP) legte die nachfolgend in ihren wesentlichen Zügen beschriebene Zukunftsstudie.

1.1 Motivation

Die Region Südwestfalen liegt im Herzen von Nordrhein-Westfalen. Hier wurden im Jahr 2007 über sechs Milliarden Euro in der Fahrzeugindustrie umgesetzt. Dieser Umsatzschwerpunkt ist geprägt durch sehr viele kleine und mittlere, aber auch wenige große Unternehmen. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Automobilzulieferer. Die MitarbeiterInnen der Unternehmen werden in großem Maße aus der Region rekrutiert, was wiederum die enge Bindung an die heimischen Hochschulen verdeutlicht.

Die Universität Siegen plante zum damaligen Zeitpunkt, dieser Tatsache gerecht zu werden und das bestehende Studienangebot um den Studiengang Fahrzeugbau zu ergänzen. Zudem wurde eine zunehmende Verlagerung von Kompe-

tenzen der Automobilhersteller hin zu ihren Zulieferern erkannt. Die sich daraus ergebende Kompetenzlücke war zwar unscharf wahrnehmbar, aber nicht konkret beschreibbar. Aus diesen Gründen haben die Universität Siegen und Vertreter der Region im Jahre 2008 die Erstellung einer Zukunftsstudie für die Automobilzulieferindustrie in Auftrag gegeben, um eine verlässliche Argumentationsbasis zu erlangen. Die erarbeitete Studie ist in diesem Kontext sowohl ein Statusbericht als auch ein Zukunftsausblick ins Jahr 2015.

Die Autoren haben die Studie in Zusammenarbeit mit ExpertInnen und UnternehmerInnen der Region durchgeführt. Der vorliegende Beitrag beschreibt im Folgenden den Prozess der Erstellung dieser Zukunftsstudie anhand von Beispielen und stellt die notwendigen Rahmenbedingungen, die Organisation und die Durchführung im Detail dar. Obwohl die Durchführung der Studie bereits ein paar Jahre zurückliegt, gewinnt sie derzeit enorm an Aktualität. Wie später dargestellt wird, wurde in der Studie das Konzept eines automobilen Kompetenzzentrums entworfen. Dieses Zentrum ist seit dem Jahr 2012 etabliert.

1.2 Vorbereitung

Wesentliche Voraussetzung für die Erstellung einer Zukunftsstudie ist die exakte Definition der Aufgabenstellung. Werden die Grenzen zu ungenau gezogen, kann die Qualität der Ergebnisse mangelhaft sein. Das bedeutet, dass drei wichtige Punkte zu klären sind: der thematische Fokus, der geografische Fokus und der Zeithorizont.

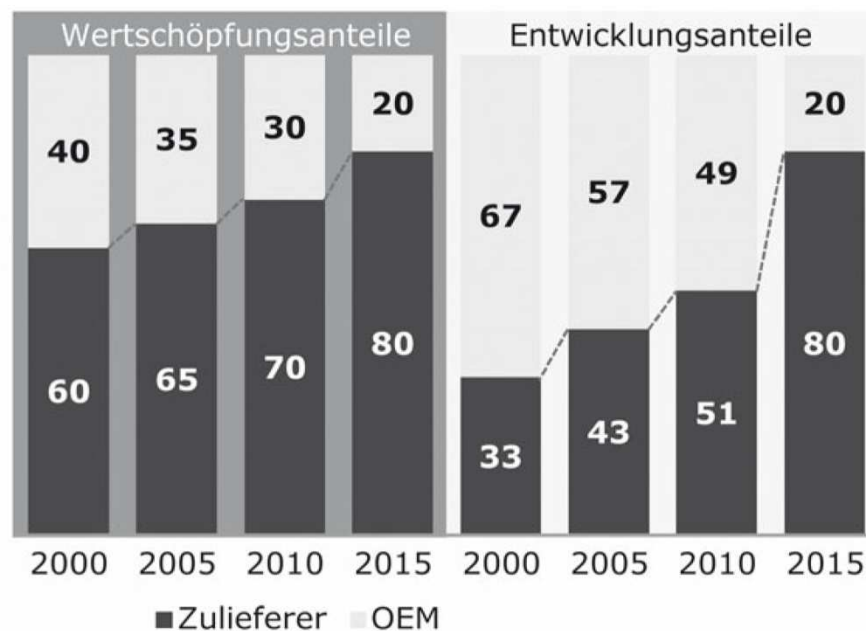
Worum handelt es sich? – Thematischer Fokus

Zunächst muss der Untersuchungsgegenstand der Studie geklärt werden. Das heißt, es muss festgelegt werden, was genau betrachtet werden soll. Hierbei kann von einer Definition von Systemgrenzen gesprochen werden. Werden diese zu eng gezogen, werden die Szenarien zwar sehr detailliert und bilden spezifische Entwicklungen ab. Die Inhalte sind dann aber für Branchenaussagen nicht übergreifend genug. Werden die Grenzen dagegen zu weit gewählt, so werden die Szenarien ungenau und enthalten wenige Detailinformationen, wie sie für die Ableitung von Handlungsoptionen, Chancen oder Gefahren für die betrachtete Branche benötigt werden.

Für die Studie bedeutete das: Die stetige Verringerung der Fertigungs- und Produktionstiefe bei den OEM (Original Equipment Manufacturers) der Automobilindustrie bedingte schon in der Vergangenheit eine Wertschöpfungsverschiebung in Richtung der nachgelagerten Stufen. Das traditionelle Rollenver-

ständnis wird damit zunehmend aufgeweicht. In der Zukunft werden die Zulieferer nahezu 80 Prozent der Entwicklung und Produktion von den OEM übernehmen können (vgl. Abb. 1), während die OEM ihre Anstrengungen in die Bereiche der markenbezogenen Wertschöpfung und des Downstream-Geschäfts (Vertrieb, Services und KundInnenbetreuung) verlagern werden. Von der heutigen Eigenleistung eines OEM von bis zu 35 Prozent an einem Durchschnittsauto werden in Zukunft weitere zwölf Prozent an die Zulieferer übertragen. Hiervon sind unter anderem besonders die Bereiche Karosserie und Fahrwerk betroffen (Mercer Management Consulting 2004).

Abbildung 1: Steigende Wertschöpfungs- und Entwicklungsanteile bei den Zulieferern (Quellen: Roland Berger und Partner 1999; Mercer Management Consulting 2004).



Diese Vorwärtsintegration der Zulieferer wird sich auch in der Zukunft fortsetzen. Es werden somit gänzlich neue Formen der Zusammenarbeit entstehen (müssen). Die Zulieferer werden damit die treibende Wachstumskraft der Branche (Mercer Management Consulting 2004). Sie übernehmen die Aufgaben der OEM in den Bereichen Endmontage, Forschung & Entwicklung sowie Koordination der Supply Chain. Diese Tatsache untermauert die Bedeutung des thematischen Fokus der Studie, der Automobilzulieferindustrie.

Welche Region wird betrachtet? – Geografischer Fokus

Aufgrund spezifischer Rahmenbedingungen der Politik, Umwelt, Gesellschaft oder Geografie sind regionale Unterschiede zwangsläufig präsent. Somit ist die geografische Fokussierung sehr wichtig. Wie regionale Unterschiede zum Ausdruck kommen können, zeigt sich an folgendem Beispiel aus dem Bereich Arbeit und Freizeit: Haben sich in Nordamerika bereits sehr viele ArbeitnehmerInnen mit mehr als einem oder mehr als zwei Arbeitsverhältnissen ihren Unterhalt verdienen müssen (d. h. geringer Anteil an frei verfügbarer Zeit), gab es in Deutschland einen eher gegenläufigen Trend. Bei vielen Arbeitsverhältnissen wurde die Wochenarbeitszeit eher verkürzt. Bei einer Wochenarbeitszeit von 28 bis 35 Stunden ist der Anteil an frei verfügbarer Zeit demnach wesentlich höher. Diese Entwicklung hat sich in Deutschland im Zuge allgemeiner gesellschaftlicher Veränderungen sowie Veränderungen auf dem Arbeitsmarkt eher dem angelsächsischen Modell angepasst. Dennoch zeigt der Vergleich, dass nicht alle Regionen mit dem gleichem Maß gemessen werden können.

Für die Studie bedeutete das: In Deutschland ist die Automobilindustrie mit ihren Zulieferern eine der stärksten Branchen, welche im Jahr 2007 744.000 Arbeitskräfte beschäftigte. Das entsprach 2,7 Prozent der Beschäftigten in Deutschland. Der VDA ging sogar davon aus, dass jeder siebte Arbeitsplatz in Deutschland direkt oder indirekt von der Automobilindustrie abhängen würde (Verband der Automobilindustrie 2008). Im Jahr 2007 wurden im Automobilbau 203 Milliarden Euro Umsatz bei einem Wachstum von sieben Prozent im Vergleich zum Vorjahr generiert. Das entspricht einer Anzahl von 5,7 Millionen Fahrzeugen. Unter Einbezug aller Unternehmen, die in und mit der Automobil- und Zulieferindustrie in Nordrhein-Westfalen verflochten sind, umfasste die Branche in 2006 zirka 800 Unternehmen mit mehr als 200.000 MitarbeiterInnen (Iking et al. 2007). Davon setzten die in der Region Südwestfalen ansässigen Unternehmen 7,1 Milliarden Euro mit 31.250 MitarbeiterInnen im Bereich Automotive im Jahre 2005 um, 6,1 Milliarden Euro entfielen dabei auf den Automobilbau (Industrie- und Handelskammern Arnsberg, Hagen, Siegen 2005). Die geografische Fokussierung lag auf Südwestfalen, unter Einbeziehung von angrenzenden Landkreisen.

Welchen Zeithorizont berücksichtigen wir?

Je nachdem, wie visionär die Aussagen einer Studie sein sollen, wird der Zeithorizont in näherer oder fernerer Zukunft gewählt. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Branchen unterschiedliche Entwicklungszyklen haben. So unterliegen Unternehmen der Telekommunikationsbranche wesentlich schnelleren Wechsels

der Rahmenbedingungen als beispielsweise Kraftwerksbauer. Darüber hinaus spielt die visionäre Kraft eine große Rolle. Wird ein naher Zeitpunkt gewählt, so können die Zukunftsaussagen der Studie wenig bahnbrechend sein, da Veränderungen nicht sprunghaft vollzogen werden. Im Gegensatz dazu sollte der gewählte Zeithorizont auch nicht zu fern liegen, da sonst eher nicht mehr greifbare Veränderungen beschrieben werden. Abbildung 2 zeigt die Idee des französischen Autoherstellers Simca, welcher 1958 mit dem Fulgur seine Vision für die automobilen Zukunft beschrieb, die aber aus heutiger Sicht zu visionär war.

Abbildung 2: Idee des „Fulgur“ des französischen Autoherstellers Simca im Jahr 1958 für die automobilen Zukunft (Quelle: Kremers 2011).



In der Regel zeigen retrospektive Betrachtungen von Projekten aber, dass die meisten AutorInnen trotz eines weiten Zeithorizonts oft nicht kreativ und visionär genug waren, um mögliche Entwicklungen im gewählten Zeitraum abzudecken.

Für die Studie bedeutete das: Die zu erwartenden Handlungsempfehlungen sollten auf Veränderungen in der Gesellschaft bzw. der Branche reagieren. Insofern wurde ein nicht allzu ferner Horizont, das Jahr 2015, gewählt.

1.3 Generisches Vorgehen

Das Vorgehen bei der Erstellung einer Zukunftsstudie für Branchen kann durch ein generisches Modell beschrieben werden (siehe Abb. 3).

Abbildung 3: Das generelle Vorgehensmodell zur Erstellung einer Branchenstudie.



In einem *ersten Schritt* sollte zunächst die aktuelle Situation der betrachteten Branche beschrieben werden. Dabei ergibt sich in der Regel ein heterogenes Betrachtungsfeld. Das heißt, es müssen Unternehmensklassen gebildet werden, die spezifische Aussagen aus heutiger Sicht und später aus zukünftiger Sicht erlauben. Für die Beurteilung von Stärken und Schwächen der den jeweiligen Unternehmensklassen zugehörigen Unternehmen eignen sich Erfolgsfaktoren sehr gut. Erfolgsfaktoren sind Faktoren, die wesentlichen Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens haben. Sie ermöglichen es, zum einen den heutigen Sachstand zu reflektieren und zum anderen zukünftige Veränderungen der wesentlichen Merkmale einer Branche abzubilden, beispielsweise durch Betrachtung der Erfolgsfaktorenveränderungen im Lichte von Zukunftsszenarien. Zudem lassen

sich mit Erfolgsfaktoren die klassenspezifischen Besonderheiten hervorragend herausarbeiten.

Im *zweiten Schritt* sollten zukünftige Entwicklungen und Technikrends vorausgedacht werden. Für die Betrachtung von zukünftigen Entwicklungen sollten Szenarien verwendet werden, da sie komplexe Situationen in der Zukunft plausibel abbilden können. In der Regel empfiehlt es sich, zwei Sätze von Szenarien zu entwickeln. In einem ersten Durchgang werden zunächst Umfeldszenarien mit einem eher globalen Charakter erstellt, die gesellschaftlich übergeordnete Entwicklungen abbilden können. Die zweite Szenariogruppe sollte sogenannte Branchenszenarien beinhalten, die wiederum die spezifischen Entwicklungen des betrachteten Marktes aufzeigen können. Diese Zweiteilung erlaubt die Berücksichtigung von Entwicklungsdimensionen, welche aufgrund der entstehenden Komplexität sonst nicht in den Prozess einbezogen werden könnten. Je nach Technologieabhängigkeit bzw. Technologieorientierung einer Branche müssen ebenso Technikrends identifiziert und beobachtet werden.

Im *dritten Schritt* werden die heutigen Stärken, Schwächen und Herausforderungen im Lichte der Zukunftsentwicklungen interpretiert, so dass je nach Zielgruppe spezifische Handlungsoptionen abgeleitet werden können.

Für die Studie bedeutete das, dass aus dem generellen Vorgehensmodell ein Vorgehen (vgl. Abb. 4) mit den folgenden Fragestellungen abgeleitet wurde:

- Wo stehen wir heute? – Was sind die heutigen Stärken und Schwächen der Automobilzulieferer in Südwestfalen?
- Welche Unterteilung in Unternehmensklassen lässt sich für die Branche vornehmen? – Beschreibung unternehmensgruppenspezifischer Besonderheiten.
- Welche gesellschaftlichen/globalen Szenarien sind denkbar? – Skizzierung und Antizipation der globalen Umfeldler.
- Welche Szenarien im Herstellermarkt sind denkbar? – Marktszenarien für die Branche aus Sicht der Automobilhersteller.
- Was sind absehbare technologische Veränderungen, die die Branche grundlegend verändern werden? – Worauf sollten die Unternehmen vorbereitet sein?
- Wie sehen die Geschäftsmodelle von morgen aus? – Aufzeigen von grundlegenden Geschäftsmodellen (Szenarien).
- Wie sehen die Konsequenzen und Handlungsoptionen für die Automobilzulieferer in Südwestfalen aus? – Ableitung von wegweisenden Entscheidungen, die getroffen werden müssen, damit der skizzierten Zukunft begegnet werden kann.

Abbildung 4: Das Vorgehensmodell der Branchenstudie „Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015“.



2 Vorgehen im Detail

Die Ergebnisse der Studie beruhen zu einem großen Teil auf einer Unternehmensbefragung. Diese wurde mithilfe von Interviews und einem Fragebogen (vgl. Abb. 5) durchgeführt. Für die Erstellung der Fragebögen wurden zunächst ExpertInnen und KollegInnen der Universität Siegen sowie enge KooperationspartnerInnen in einem mehrstufigen Prozess interviewt. Sie lieferten wertvolle Hinweise für konkrete Fragestellungen und halfen dabei, den Fragebogen in mehreren Review-Schleifen zu optimieren. In einem nächsten Schritt wurden Interviews in

ausgewählten Unternehmen durchgeführt, wodurch die Fragebögen in ihrem Aufbau evaluiert und hinsichtlich der Verständlichkeit verbessert wurden.

Abbildung 5: Ausschnitte aus dem für die Unternehmensbefragung verwendeten Fragebogen.

Fragebogen „Automotive Studie Südwestfalen 2015“

Per E-Mail senden Formular drucken

Ihr Unternehmensprofil

Befindet sich ihr Firmenursprung in Südwestfalen?
 ja nein

Findet Ihre Hauptwertschöpfung in Südwestfalen statt?
 ja nein

Wo haben Sie Standorte in Südwestfalen? (Mehrfachantwort möglich)

... über diesen Faktor noch erheblichen
 ... ausgeprägten „Stärke“ (d.h. Ihr Unternehmen hat eine
 eindeutige Stärke in diesem Faktor).

1. Aktive Marktbeobachtung Frühes und rechtzeitiges Erkennen von Trends, Chancen und Gefahren	Bedeutung	keine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr hohe
	Eigene Position	Schwäche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stärke
2. Hohe Kundenzufriedenheit Existenz von langfristigen Kundenbeziehungen	Bedeutung	keine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr hohe
	Eigene Position	Schwäche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stärke
3. Vertriebskompetenz Effiziente Platzierung der eigenen Produkte und Dienstleistungen am Markt	Bedeutung	keine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr hohe
	Eigene Position	Schwäche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stärke

Der Fragebogen beinhaltete dabei eine Vielzahl an Fragekategorien:

- Standort (Anzahl, Ort der Hauptwertschöpfung, Fragen zur Region etc.),
- Umsatz (Höhe, Verteilung, Entwicklung Vergangenheit/Zukunft, Rendite etc.),
- MitarbeiterInnen (Anzahl, Qualifikationen etc.),
- Schwerpunkt in der Supply Chain,
- Technologien/Werkstoffe,
- langfristige Ziele/strategische Ausrichtung,
- Geschäftssegmentierung (Geschäftsfelder, belieferte KundInnen, Umsatzanteile je Geschäftsfeld/Wertschöpfungsstufe, Regionen etc.),
- Markt (Marktentwicklung Vergangenheit/Zukunft, Wettbewerbsintensität Vergangenheit/Zukunft, Marktanteile etc.),
- Interesse und Erfahrungen an/mit Kooperationen (vorwettbewerbliche Kooperationen, Hochschulkooperationen, Transfereinrichtungen etc.),
- Erfolgsfaktoren (Bedeutung und eigene Position).

Zunächst wurden die Unternehmen der Branche per Briefpost gebeten, den Fragebogen auszufüllen. In einem zweiten Durchgang wurden diejenigen Unternehmen, die noch nicht geantwortet hatten, elektronisch über ein intelligentes PDF-Formular befragt. Die Kombination aus beiden Wegen hat zu einer guten Rücklaufquote geführt. Die Auswahl der Unternehmen für die Befragung erfolgte durch intensiven Austausch mit den regionalen Automotive-Netzwerken, durch Sichtung von Branchenverzeichnissen sowie anhand eigener Recherchen. Die auf diese Weise gewonnenen Ergebnisse wurden im Detail mithilfe von Pivot-Tabellen, Standardsoftware der Statistik sowie weiteren speziellen Auswertungsmethoden erarbeitet und werden nachfolgend kurz dargestellt.

2.1 Ausgangssituation

Im Rahmen der Befragung konnte mit 71 in Südwestfalen und den angrenzenden Landkreisen ansässigen Unternehmen ein breites Spektrum an Unternehmensgrößen und Betätigungsfeldern abgedeckt werden. Die befragten Unternehmen erwirtschafteten 67 Prozent des Umsatzes der Wirtschaftskraft in der Region. Somit baut die erarbeitete Studie auf einer belastbaren Basis auf. Die Hauptgeschäftsbereiche der befragten Unternehmen sind Fahrwerk und Karosserie mit 78 und 68 Prozent (Abb. 6, Mehrfachnennungen waren dabei möglich).

Abbildung 6: Die wesentlichen Geschäftsbereiche der befragten Unternehmen (Mehrfachnennungen waren möglich).



Struktur und Ertragslage der Zulieferindustrie in Südwestfalen

Ein Großteil der befragten Unternehmen in Südwestfalen ist den „Third Tiers“ zuzuordnen. Sie liefern Teile an vorgelagerte Stufen. Ihr Anteil beträgt 60 Pro-

zent. An zweiter Stelle befinden sich die „Second Tiers“ mit 30 Prozent. Sie liefern Komponenten. Sieben Prozent sind „First Tiers“ und beliefern die OEM mit Modulen und Systemen. Drei Prozent konnten nicht zugeordnet werden bzw. machten keine Angaben. Die dabei am häufigsten verarbeiteten Werkstoffe sind Stähle mit 72 Prozent, Leichtmetalle mit 45 Prozent und Polymere mit 26 Prozent (Mehrfachnennungen waren möglich).

Technik

Die Unternehmen widmen den über ihr Geschäft hinausgehenden technischen Veränderungen erschreckend wenig Zeit. Sogenannte disruptive technische Entwicklungen, wie etwa der Radnabenantrieb, und deren Auswirkungen werden in der Hoffnung, dass es nicht so kommen wird, komplett ignoriert oder belächelt.

Absatz und Beschaffung

Die für die Zukunft (Jahr 2015) interessantesten Regionen der Welt sind aus Sicht der befragten Unternehmen eindeutig die Asia-Pacific-Region und Osteuropa. Die dabei am stärksten prosperierenden Unternehmensbereiche sind Absatz und Beschaffung mit Wachstumsraten bis zu 42 Prozent.

Vorwettbewerbliche Kooperationen

„Vorwettbewerbliche Kooperation“ ist für die meisten der betrachteten Unternehmen kein fremder Begriff. Lediglich sechs Prozent gaben an, an unternehmensübergreifender Kooperation kein Interesse zu haben. Allerdings streben nur acht Prozent intensive, regelmäßige und gemeinsame Projektarbeiten an. Somit arbeitet der Großteil der befragten Unternehmen zwar zusammen, dies aber bislang weder konsequent noch organisiert.

Hochschulkooperationen

Die Nähe zu Hochschulen ist ein von den südwestfälischen Unternehmen sehr gut wahrgenommener Punkt. Der Anteil an Firmen mit generellem bis hohem Interesse an Hochschulkooperationen liegt bei über 93 Prozent. Allerdings gibt es noch einige Unternehmen, die keine Erfahrungen im Bereich der Hochschulkooperationen aufweisen können (22 %).

Erfolgsfaktoren

Erfolgsfaktoren sind Faktoren, die den Erfolg eines Unternehmens beschreiben und im Sinne eines Benchmarks einen Vergleich mit den Wettbewerbern ermöglichen.

Bei der Bewertung von Erfolgsfaktoren geht es zum einen darum, wie bedeutend ein Faktor für das Geschäft eines Unternehmens in dem betrachteten Markt ist. Die Frage lautet hier: Ist dieser Faktor kaufentscheidend, also sehr bedeutend, oder eher vernachlässigbar? Zum anderen geht es parallel darum, eine Einschätzung (Position) abzugeben, ob ein Unternehmen diesen Faktor im betrachteten Markt bereits sehr gut beherrscht oder dort eher eine Schwäche besitzt. Die Ergebnisse der Bewertung lassen sich in einem Erfolgsfaktorenportfolio zusammenfassend darstellen (siehe Abb. 7).

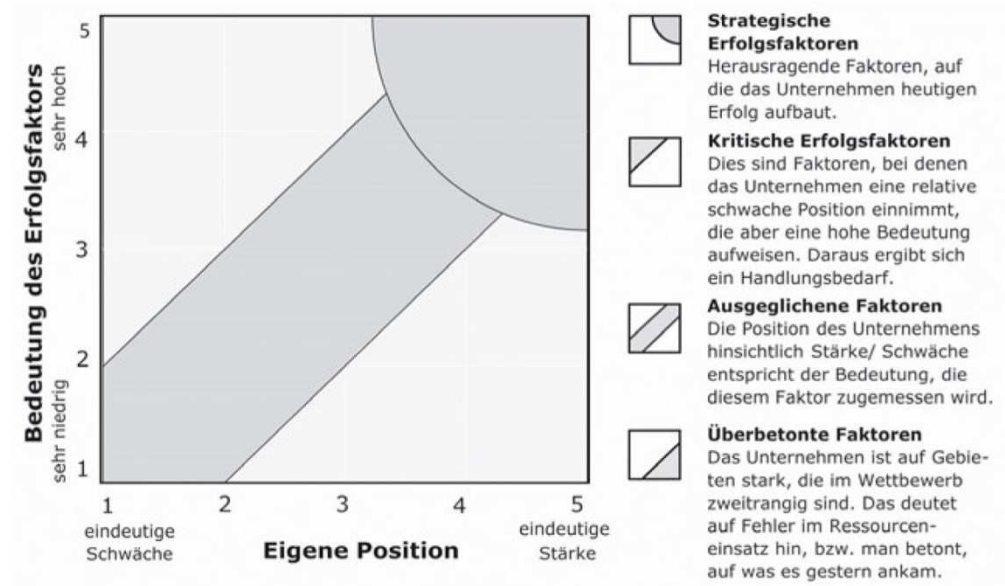
Mithilfe des Erfolgsfaktorenportfolios lassen sich in einem weiteren Schritt Handlungsempfehlungen generieren. Idealerweise würden alle Faktoren im ausgeglichenen Bereich liegen, das heißt, die im Unternehmen investierten Ressourcen (eigene Position) entsprechen den marktseitigen Anforderungen (Bedeutung). Dementsprechend sind je nach Lage eines Erfolgsfaktors im Portfolio generische Handlungsempfehlungen möglich. Befindet er sich beispielsweise im kritischen Bereich, so sollte das Unternehmen Ressourcen investieren, um die eigene Position zu verbessern (horizontale Rechtsbewegung im Portfolio). Liegt er hingegen im überbetonten Bereich, so sollten Ressourcen desinvestiert werden (horizontale Linksbewegung im Portfolio).

Grundsätzlich sollten Erfolgsfaktoren nicht nur intern bewertet werden. Über den Einbezug von Externen (zum Beispiel KundInnen, PartnerInnen) kann die Bewertung durch eine Fremdsicht ergänzt werden. Diese Fremdsicht sollte anschließend mit der Eigensicht abgeglichen werden.

Aufgrund begrenzter Ressourcen sollte nur auf ausgewählte Erfolgsfaktoren fokussiert werden. Das heißt, es gibt konsistente bzw. in sich stimmige Kombinationen von Erfolgsfaktoren, die sich zur Strategie- bzw. Geschäftsmodelldefinition eignen. Hierzu werden die Erfolgsfaktoren als Strategiemerkmale interpretiert, aus denen die Grundstruktur von Geschäftsmodellszenarien entwickelt werden kann. Je nach Beurteilung von Stärken und Schwächen können Unternehmen auf die Besetzung von erfolgversprechenden Positionen im Markt schließen.

Für die Studie bedeutete das: 23 Erfolgsfaktoren stellen das Kerngerüst der Studie dar. Zum einen wurden auf Basis der „strategischen“ Erfolgsfaktoren in den Unternehmensklassen die erfolgreichen Unternehmen identifiziert. Zum anderen stellen die Erfolgsfaktoren die Grundlage für die in der Studie erarbeiteten, zukünftigen Geschäftsmodelle dar. Die betrachteten Erfolgsfaktoren wurden also als Strategiemerkmale verwendet.

Abbildung 7: Erfolgsfaktorenportfolio mit charakteristischen Bereichen (Quelle: Gausemeier et al. 2001).



Die erfolgreichen Unternehmen sehen zusätzlich die aktive Marktbeobachtung, ein effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement sowie den Zugang zu qualifiziertem Personal als strategische Erfolgsfaktoren an. Zudem besitzen sie eine noch höhere Flexibilität in Bezug auf Veränderungen als der Rest der Branche. Weiterhin sind diese Unternehmen durch eine hohe Entwicklungstiefe, Kompetenzen im immer wichtiger werdenden Elektronikbereich (Mercer Management Consulting 2004) und durch konsequentes Outsourcing nicht wertschöpfender Aktivitäten überdurchschnittlich gut aufgestellt.

Die Erfolgsfaktoren der Automotive-Unternehmen in Südwestfalen im Überblick:

1. Aktive Marktbeobachtung,
2. hohe Kundenzufriedenheit,
3. Vertriebskompetenz,
4. erfolgreiche Mergers & Acquisitions,
5. Fokussierung auf wenige Geschäftsfelder,
6. breite Geschäftsausrichtung,
7. ausgeprägte Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung,
8. ausgeprägte Kompetenz bezüglich elektronischer Marktplätze,

9. hybride Leistungsangebote,
10. hohe Entwicklungstiefe,
11. virtuelle Produktentwicklung,
12. effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement,
13. erfolgreiche Veränderung vom Entwickler zum F&E-Manager,
14. Existenz eigener strategischer Technologieplattformen,
15. ausgeprägte Kompetenzen im Elektronikbereich,
16. hohe Fertigungstiefe,
17. hohe Anlageneffizienz und effiziente Ausnutzung von Skaleneffekten,
18. hohe Reaktionsgeschwindigkeit auf Veränderungen,
19. konsequente Erschließung und Nutzung von Kostensenkungspotenzialen bei Sublieferanten,
20. konsequentes und gezieltes Outsourcing unrentabler Aktivitäten,
21. konsequente Erschließung und Nutzung von Kostensenkungspotenzialen im Anlagen- und Produktionsbereich,
22. exzellente Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte und Ingenieure/Ingenieurinnen,
23. Zugang zu qualifizierten MitarbeiterInnen.

2.2 *Wirksam die Zukunft vorausdenken*

Nachdem die Stärken und Schwächen von heute herausgearbeitet wurden, galt es, den Blick in die Zukunft zu richten. Hierzu wurde die Methode der Szenariotechnik verwendet. Diese stellt eine etablierte Werkzeugsammlung für die Vorausschau dar (Geschka 2006, S. 368ff).

Szenariotechnik

Die Szenariotechnik kann mit einem Fotoapparat verglichen werden. Sie schießt mit einem starken Blitzlicht ein Foto des unbekanntes Raumes „Zukunft“. Die Mitte des Bildes ist klar und präzise erkennbar. An den Rändern nimmt die Unschärfe jedoch stetig zu. Es ist verständlich, dass nur ein Teil des Raumes ausgeleuchtet werden kann. Die Szenariotechnik kann somit nicht die gesamte Zukunft vorausdenken, sondern nur sehr fokussiert agieren. Auch handelt es sich bei den hier erstellten Zukunftsszenarien um eine Momentaufnahme des Jahres 2015 ohne zugeordnete Wahrscheinlichkeiten.

Für die Studie wurde aufgrund der hohen Anzahl an Faktoren, die das Umfeld der Automotive-Branche beeinflussen, eine Aufteilung in zwei Sets von

Szenarien vorgenommen. Dies diene im Wesentlichen einer differenzierten Betrachtung der zukünftigen Einflüsse. Der erste Satz von Szenarien befasst sich mit den globalen Entwicklungen in der Gesellschaft und somit mit dem weiter gefassten Umfeld der Automobilmärkte. Der zweite Satz von Szenarien befasst sich mit den Automobilherstellern, da die Automobilzulieferer von diesen nicht losgelöst agieren können. Diese sogenannten OEM-Szenarien beschreiben mögliche zukünftige Einflüsse auf die Zulieferindustrie, da die Hersteller als Taktgeber der Branche der Automobilzulieferer bezeichnet werden können.

Die nachfolgend dargestellten Global- und OEM-Szenarien wurden im Detail anhand der angelsächsischen Variante der Szenarioerstellung entwickelt. Mithilfe des Szenario-Writings wurden in mehreren Szenario-Workshops mit Branchen-ExpertInnen sowie engen KooperationspartnerInnen die „Zukünfte“ antizipiert. Die ersten Workshops dienten dazu, zunächst die für alle Szenarien geltenden, wesentlichen Strukturelemente zu identifizieren. Für die entwickelten Globalszenarien wurden beispielsweise folgende Strukturelemente erarbeitet (Auszug):

- Wirtschaftsentwicklung,
- Entwicklung der Gesellschaftsform,
- Konsumverhalten im engeren und weiteren Sinne,
- Wissensgesellschaft – Wissenserwerb etc.

Verschiedene Recherchen (Journalartikel, Internetseiten, Zukunftsstudien) und ExpertInnengespräche lieferten in einem weiteren Schritt mögliche Entwicklungsrichtungen für diese Strukturelemente, so dass die Szenarien auf dieser Basis ausformuliert werden konnten.

Globale Entwicklungen – Globalszenarien

Die globalen Entwicklungen in den Bereichen Politik, Gesellschaft, Wirtschaft, Ökologie und Technik haben maßgeblichen Einfluss auf die Entwicklungen in der Branche der Automobilhersteller und Zulieferunternehmen. Dabei bilden drei globale Szenarien den Rahmen der denkbaren globalen Entwicklungen. Globalszenario III, genannt „Crossroad“, wurde beispielsweise wie folgt beschrieben:

Die im Vergleich zu Europa hohen Wachstumsraten von Schwellenländern, gerade im asiatischen und lateinamerikanischen Raum, setzen sich fort. Obwohl das Wachstum im „alten“ Europa weit hinter den Raten der Schwellenländer zurückbleibt, hat sich Deutschland, wie die konjunkturelle Entwicklung zeigt,

nachhaltig von der Finanz- und Wirtschaftskrise erholt. Gerade die geografische Nähe zu und wirtschaftliche Verzahnung mit osteuropäischen Staaten ist ein entscheidender wirtschaftlicher Erfolgsfaktor für Deutschland. Die Innovationskraft einiger Schlüsselindustrien setzt internationale Maßstäbe und sichert Arbeitsplätze.

Subventionen und Steuervergünstigungen wurden radikal gestrichen: Lediglich die regionale Förderung in den Bereichen Innovation und Technologie wird gezielt wahrgenommen. Entscheidungswege sind transparent, da Bürokratie abgebaut wurde. Der Staat sorgt für eine Basisausbildung. Darüber hinaus gibt es eine regelrechte Bildungsindustrie. Es sind wenige, exzellent ausgestattete Forschungseinrichtungen entstanden. Um deutsche Bildungsdefizite auszugleichen, wird ein Großteil der wissensorientierten Arbeitskräfte aus dem außereuropäischen Ausland kommen. Medien- und Pressefreiheit ist gegeben, allerdings muss sich der Einzelne selbst darum kümmern, wenn er gut informiert sein will.

Die Einkommensschere öffnet sich weiter – die Entwicklung hin zu einer Zweiklassengesellschaft ist spürbar und führt vermehrt zu sozialen Spannungen. Ethische und religiöse Werte spielen äußerlich eine wichtige Rolle, jedoch ist der Ausdruck von Individualität besonders durch das Konsumverhalten ausschlaggebend für die gesellschaftliche Stellung. Die Familie hat eine hohe Bedeutung, aber es gibt zunehmend Single- und Zwei-Personen-Haushalte. Die Menschen leben hauptsächlich in Ballungsgebieten mit sehr guter Infrastruktur.

Der Zugang zu neuen Technologien bleibt den gut Gebildeten und gut Verdienenden vorbehalten. Die Menschen sind sowohl im Arbeits- als auch im Berufsleben weniger mobil. Das Gesundheitsbewusstsein ist stark abhängig von der sozialen Herkunft.

Ein niedriger Unternehmenssteuersatz bringt Deutschlands Unternehmen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren internationalen Rivalen. Für Unternehmen hat Liquidität meist einen höheren Stellenwert als Profitabilität. Die Macht der individuellen Auswahl ist größer denn je, kann aber meist nur vom wohlhabenden Teil der Gesellschaft in Anspruch genommen werden. Die Kommunikation von Unternehmen mit MikrokonsumentInnengruppen spielt eine zentrale Rolle in den Bereichen Vertrieb und Marketing. Neue Vertriebskanäle ermöglichen eine profitable, aber gleichzeitig erheblich breitere Streuung von stark individualisierten Produkten sowie auch Massenprodukten.

Neben dieser ausführlichen Beschreibung in Prosa erfolgte auch eine steckbriefartige Aufbereitung der Szenarien (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Globalszenarien im steckbriefartigen Vergleich

Globalszenario I „High Road“ – Das „Land des Wissens“ wird Realität	Globalszenario II „Low Road“ – Materielle Werte prägen die Zwei- klassengesellschaft	Globalszenario III „Crossroad“ – Liberalisierung aller wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Struk- turen
Konvergenz der Märkte im Euro-Raum führt zu einem starken Wirtschaftswach- stum	Internationaler Terrorismus und Ressourcenverknappung führen zu neuen Spannungs- verhältnissen zwischen den Staatengemeinschaften	Die wirtschaftliche Lage ist stabil – deutsche Schlüssel- industrien bleiben wettbe- werbsfähig
Mediendemokratie bestärkt die unabhängige Meinungs- bildung	Schwaches Wirtschaftswach- stum und Handelsbarrieren schwächen ausländische Investitionen	Die soziale Marktwirtschaft hat ausgedient – eine Ameri- kanisierung ist allgegenwärtig
Gesellschaftliche Pluralität und Umweltbewusstsein haben einen hohen Stellen- wert	Es herrschen eine hohe Regu- lierungsdichte und eine polari- sierte Parteienlandschaft	Traditionelle gesellschaftliche Werte gehen einher mit sta- tusorientiertem Individualis- mus und einem fragmentierten Konsumverhalten
Effiziente Forschungs- einrichtungen helfen, neue Nischenmärkte zu erschlie- ßen	Das Label „Made in Germa- ny“ hat ausgedient	Egozentrismus fördert die politische Apathie

Diese Globalszenarien sind polarisierte Zukunftsdarstellungen. Um realistische Aussagen treffen zu können, auf welches Szenario aktuell fokussiert werden sollte, bedarf es einer regelmäßigen Überwachung aller relevanten Trends und Entwicklungen sowie aller getroffenen Prämissen. Dies kann durch Betrachtung (volkswirtschaftlicher) Indikatoren oder durch regelmäßiges und umfassendes Scanning und Monitoring von zahlreichen Quellen, wie etwa Literatur und Internet, erfolgen.

Betrachtet man die aktuellen Randbedingungen, so erscheinen die wahrnehmbaren Entwicklungen im Schwerpunkt dem Globalszenario III „Crossroad“ am nächsten zu liegen. Im Rahmen der erarbeiteten Zukunftsstudie werden aber auch Handlungswege aufgezeigt, um die Chancen des Szenarios II zu nutzen bzw. sich auf die möglichen Gefahren des Szenarios I vorzubereiten.

Automobilwirtschaftliche Entwicklungen – OEM-Szenarien

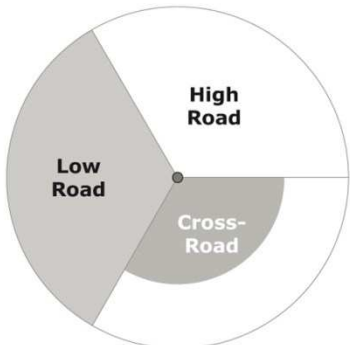
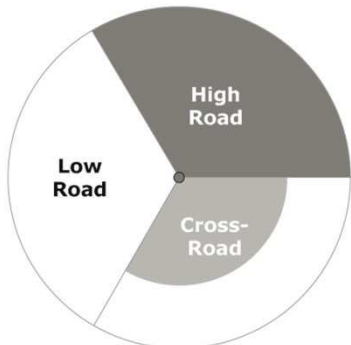

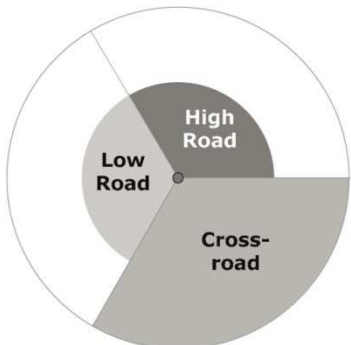
Das Automobil ist und bleibt ein emotionales Produkt. Jedoch wird sich der Fokus verlagern, indem der Besitz und der Individualanspruch, etwa in Bezug auf die Ausstattung, nicht mehr die heutige Bedeutung haben werden. Es wird eine Verschiebung geben hin zum eigentlichen Wert der Mobilität, zu ihrer Verfügbarkeit und dem Preis dafür. Vergleichbar mit der Entwicklung auf dem Telefonmarkt wird das Produkt in den Hintergrund gedrängt. Es wird aber auch immer wieder Produktinnovationen geben, welche wiederum neue Geschäftsmodelle nach sich ziehen können. Tabelle 2 zeigt die vier erarbeiteten, denkbaren Umfeldentwicklungen für die Automobilhersteller. Es ist klar, dass die pointierten Darstellungen nicht singulär und nicht in solcher Trennschärfe auftreten werden. Dennoch sollten diese Aussagen als grundlegende Rahmenbedingungen für die Zulieferindustrie berücksichtigt werden.

Tabelle 2: OEM-Szenarien im steckbriefartigen Vergleich

OEM-Szenario I „Billiger als 4 Reifen, besser als 2 Füße“	OEM-Szenario II „Die ökologische Renaissance und nachhaltige Mobilität“	OEM-Szenario III „Das digitale Mobilitäts- und Informationskon- zept“	OEM-Szenario IV „Darwinismus im OEM-Markt“
Teilung des Marktes in Billigprodukte und individualisierte Premiumprodukte	Ökologisch an- spruchsvolle Mobili- tät statt Besitz eines Autos	Funktionale und intelligente Mobilität statt Besitz eines Autos	Umweltverträgliche Hightech- und Bil- ligprodukte
Automobilmarkt im Schwerpunkt geprägt durch Minimalkon- zepte	Massenprodukt Fahrzeug mit intelli- genten Betreiber- modellen und dem Anspruch des nach- haltigen Umgangs mit Ressourcen	Massenprodukt Fahrzeug mit intelli- genten Betreiber- modellen	Unternehmen aus den Schwellenländern übernehmen traditio- nelle Marken
Starke aufkommende Konkurrenz aus den Schwellenländern	Zulieferer durch klassischen Maschi- nenbau gefährdet	Zulieferer durch klassischen Maschi- nenbau gefährdet	Unternehmenskon- zentration auf allen Wertschöpfungsstu- fen
Unveränderte Zulie- fererstruktur	Neue Zulieferer mit intelligenten Diens- ten	Neue Zulieferer mit intelligenten Diens- ten	Zulieferer sind einem hohen Innovations- druck ausgesetzt

Die Automobilherstellerszenarien wurden daraufhin im Lichte der Globalszenarien bewertet (siehe Tabelle 3), das heißt, es wurde untersucht, welche Kombinationen besonders plausibel und daher zu beachten sind.

Tabelle 3: Kompatibilität der OEM- und Globalszenarien

Der Füllgrad der Segmente entspricht der Kompatibilität. Lesehilfe: Das OEM-Szenario I „Billiger als 4 Reifen, besser als 2 Füße“ weist eine hohe Kompatibilität mit dem Globalszenario „Low Road“ auf. Das Globalszenario „Crossroad“ spielt noch eine gewisse Rolle für das OEM-Szenario I, das Globalszenario „High Road“ hingegen hat keine Bedeutung für das OEM-Szenario I.	
OEM-Szenario I „Billiger als 4 Reifen, besser als 2 Füße“	OEM-Szenario II „Die ökologische Renaissance und nachhaltige Mobilität“
	
OEM-Szenario III „Das digitale Mobilitäts- und Informationskonzept“	OEM-Szenario IV „Darwinismus im OEM-Markt“
	

Wie oben erwähnt, zeigen aktuell alle Hinweise und Entwicklungen in Richtung des Globalszenarios „Crossroad“; nach der Bewertung ist das Szenario „Darwinismus im OEM-Markt“ das Branchen-Szenario mit der größten Kompatibilität zum „Crossroad“-Szenario, gefolgt von den beiden Szenarien „Billiger als 4

Reifen, besser als 2 Füße“ und „Die ökologische Renaissance und nachhaltige Mobilität“.

Die Umfeldszenarien beinhalten nur wenige Aussagen zu technologischen Entwicklungen. Dennoch sollten Technikrends ins Kalkül strategischer Überlegungen einbezogen werden. Diese Tatsache wird auch durch die – aus der Analyse der aktuellen Situation erkennbare – vernachlässigte Beschäftigung mit diesen Trends bekräftigt.

Techniktrends im Automobil

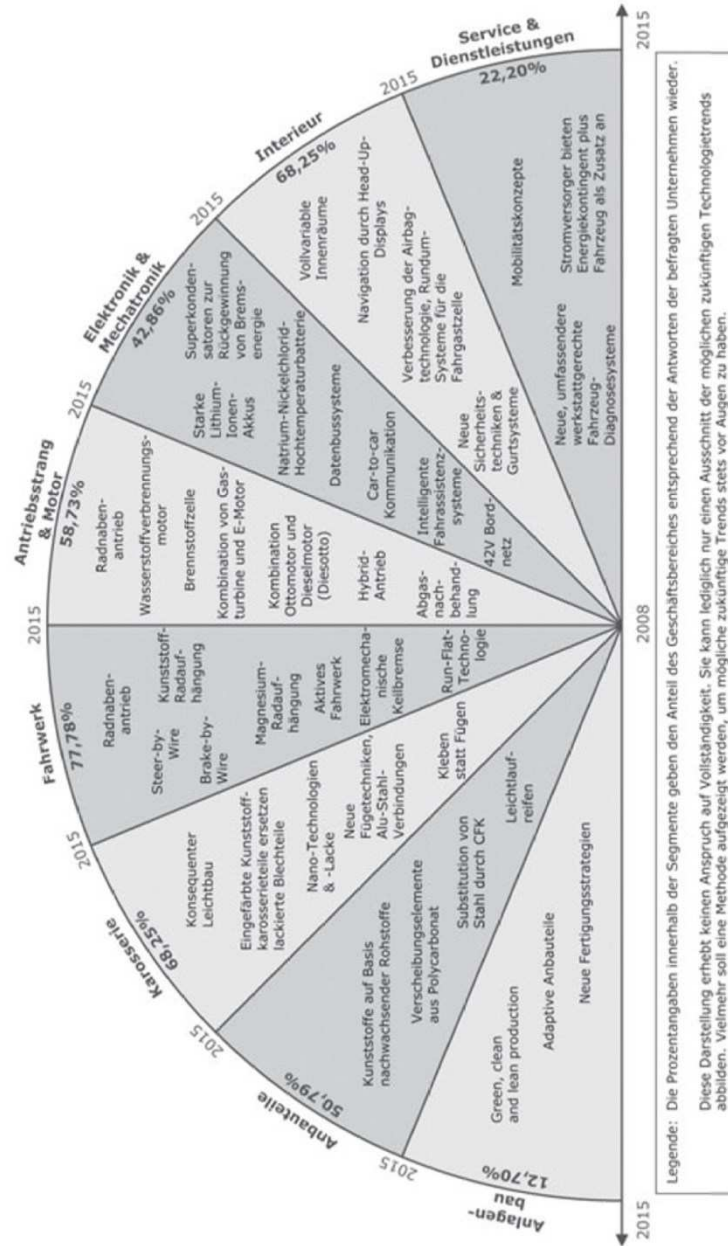
Gesellschaftliche Anforderungen, wie etwa ein nachhaltiger Einsatz von Werkstoffen sowie die Reduktion des Verbrauchs und der Emissionen, führen zu schwerwiegenden Veränderungen in Bezug auf das Automobil. Hierfür sind nicht zuletzt die enorm zahlreichen, rasanten technologischen Entwicklungen in diesem Bereich verantwortlich, getrieben durch die stetig steigenden Kundenanforderungen. Diese technologischen Entwicklungen können dabei in zwei charakteristische Typen unterteilt werden.

Zum einen sind es die disruptiven Entwicklungen, welche durch ihren absoluten „Neucharacter“ in nahezu allen Bereichen durchgehende, meist dauerhafte und gravierende Veränderungen hervorbringen. Sie haben die Fähigkeit, alte Technologien ins Abseits zu stellen und so ganze Geschäftsbereiche von heute auf morgen in ihrer Existenz zu bedrohen. Ein sehr gutes Beispiel bildet die Fotografie – zwar branchenfremd, aber paradigmatisch für eine revolutionäre Veränderung ist die Einführung der Digitalfotografie. Für jedes Unternehmen wird es von existenzieller Bedeutung sein, solche Entwicklungen auf dem Radar zu haben. Nur so wird es in Zukunft möglich sein, potenziellen Gefahren durch rechtzeitiges Antizipieren in erfolgsversprechender Weise zu begegnen.

Zum anderen hat es schon immer Entwicklungen gegeben, die bereits Existierendes verbesserten oder dieselbe Funktion unter Zugrundelegen eines komplett neuen Ansatzes bereitstellten. Diese evolutionären Entwicklungen wird es auch in Zukunft geben. Sie werden zudem den weitaus größeren Teil der Entwicklungen ausmachen. So gilt es, stets Verbesserungspotenziale im Hinblick auf die eigenen Produkte zu nutzen. Zudem bieten evolutionäre Entwicklungen in Form von Innovationen und Technologieplattformen die Möglichkeit, zusätzliche Wertschöpfung zu generieren und sich mit diesen von den Wettbewerbern zu unterscheiden.

Nicht jede Entwicklung wird auf jedes einzelne Unternehmen die gleichen Auswirkungen haben. Daher sollte jedes Unternehmen zusätzlich im Kontext des eigenen Geschäftes die Gefährdungspotenziale oder Chancen möglicher Trends abschätzen.

Abbildung 8: Ausblick auf zukünftige Technikrends.



In der Studie wurden zukünftig mögliche technologische Entwicklungen im Bereich der Automobilwirtschaft mithilfe eines Technologieradars aufgezeigt (vgl. Abb. 8). Es wurde zudem darauf hingewiesen, dass nicht jedes Unternehmen die Technologiebeobachtung, meist halbherzig, durchführen sollte – externe Part-

nerInnen können diese Aufgaben besser erfüllen. Auch die Entwicklungsbemühungen sollten aufgrund ihrer Vernetzungskomplexität nicht alleine erfolgen. Sinnvollerweise sollten Entwicklungspartnerschaften geschlossen werden, um diese sowohl frühzeitig als auch rechtzeitig koordinieren zu können. PartnerInnen sollten dabei sowohl weitere, kooperationsbereite Unternehmen als auch die Hochschulen sein. Lücken können auf diese Weise schnell geschlossen, Know-how kann transferiert und zusätzliche Wertschöpfung ermöglicht werden.

Bildung von homogenen Unternehmensklassen

Die meisten Branchen sind heterogen und facettenreich. Daher muss eine differenzierte Betrachtung der Unternehmen erfolgen. Eine Möglichkeit zur Differenzierung stellt die Bildung von Unternehmensklassen mittels einer Clusteranalyse dar. Die Clusteranalyse ist ein statistisches Verfahren, bei dem einzelne Objekte entsprechend ihrer Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit in Bezug auf charakteristische Merkmale zu Clustern (zu Deutsch: Klumpen, Anhäufung oder Klassen) zusammengefasst werden (Gausemeier et al. 2002, S. 336ff).

Im Rahmen der erarbeiteten Studie wurden auf der Basis von Merkmalen, wie beispielsweise Umsatz Automotive oder belieferte Wertschöpfungsstufen (Umfrageergebnisse), Klassen von Unternehmen gebildet, die, mit leichten Abstrichen, gemeinsam betrachtet werden können. Als Merkmale für die Clusterung wurden im Detail folgende Strukturmerkmale und ausgewählte Erfolgsfaktoren der Unternehmen verwendet:

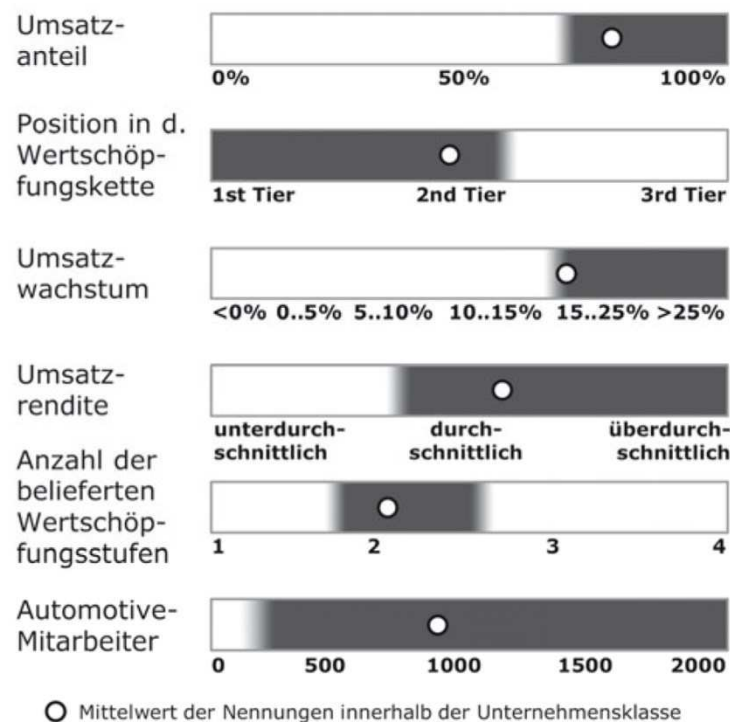
- Höhe Umsatz Automotive,
- Umsatzanteil Automotive,
- Anzahl der belieferten Wertschöpfungsstufen,
- Position in der Supply Chain,
- Anzahl der bearbeiteten Geschäftsfelder,
- Breite der Geschäftsausrichtung,
- Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung,
- Entwicklungstiefe,
- Anzahl MitarbeiterInnen Automotive,
- Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte und Ingenieure,
- Zugang zu qualifizierten MitarbeiterInnen.

Die Antworten der befragten Unternehmen im Hinblick auf diese Merkmale weisen eine hohe Spannbreite auf. Jedes befragte Unternehmen konnte somit durch den Grad der Ausprägung der elf oben genannten Merkmale charakterisiert

werden. Mithilfe eines Algorithmus wurde zwischen den Unternehmen – unter Berücksichtigung der zehn Dimensionen – ein Ähnlichkeitsmaß berechnet, und die Unternehmen mit der größten Ähnlichkeit wurden jeweils zu Clustern zusammengefasst. Als Ergebnis der Clusteranalyse wurden fünf Unternehmensklassen gebildet: „Der diversifizierte Mittelstand Südwestfalens“, „High Performer im Massenmarkt“, „Cash-Cow-Boys – Trittbrettfahrer im Strom des Massenmarktes“, „Die innovativen Großen“ und „Der innovative Automotive-Mittelstand Südwestfalens“.

In einem nächsten Schritt wurde für alle Unternehmensklassen Merkmalsprofile erstellt. Abbildung 9 zeigt exemplarisch das Merkmalsprofil der Klasse „Die innovativen Großen“.

Abbildung 9: Merkmalsprofil der Unternehmensklasse III: „Die innovativen Großen“.



Die Merkmalsprofile bildeten die Basis für die detaillierte Beschreibung der Unternehmensklassen. Die Klassen wurden durch Interpretationen der spezifischen Ausprägungen der Erfolgsfaktoren ergänzt. Diese detaillierten Beschreibungen bildeten die Basis für die ausführlichen, steckbriefartigen Beschreibungen der Klassen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Steckbriefartige Darstellung der im Rahmen der Studie identifizierten Unternehmensklassen der Automotive-Zulieferbranche in Südwestfalen

Unternehmensklasse I	Unternehmensklasse IIa	Unternehmensklasse IIb	Unternehmensklasse III	Unternehmensklasse IV
„Der diversifizierte Mittelstand Südwestfalens“	„High Performer im Massenmarkt“	„Cash-Cow-Boys – Trittbrettfahrer im Strom des Massenmarktes“	„Die innovativen Großen“	„Der innovative Automotive-Mittelstand Südwestfalens“
Durchschnittlicher Umsatzanteil des Automotive-Bereichs				
26 %	62 %	88 %	81 %	65 %
Position in der Wertschöpfungskette				
7 % 2nd Tiers 93 % 3rd Tiers	9 % 1st Tiers 36 % 2nd Tiers 55 % 3rd Tiers	25 % 2nd Tiers 75 % 3rd Tiers	27 % 1st Tiers 53 % 2nd Tiers 20 % 3rd Tiers	35 % 2nd Tiers 65 % 3rd Tiers
Durchschnittliches Umsatzwachstum im Automotive-Bereich				
5–10 %	10–15 %	5–10 %	10–15 %	10–15 %
Zufriedenheit mit der eigenen Umsatzrendite im Vergleich zum Branchenschnitt von 4,7 % (2007)				
Überwiegend durchschnittlich	Überwiegend durchschnittlich bis überdurchschnittlich	Unterdurchschnittlich	Überwiegend durchschnittlich	Überwiegend durchschnittlich
Anzahl der belieferten Wertschöpfungsstufen				
Überwiegend nur eine Wertschöpfungsstufe	Überwiegend nur eine Wertschöpfungsstufe	Überwiegend drei oder vier Wertschöpfungsstufen	Nahezu ausschließlich zwei Wertschöpfungsstufen	Überwiegend zwei Wertschöpfungsstufen
Anzahl an Automotive-MitarbeiterInnen				
Ø 32 MitarbeiterInnen	Ø 86 MitarbeiterInnen	Ø 197 MitarbeiterInnen	Ø 994 MitarbeiterInnen	Ø 79 MitarbeiterInnen
Welche Erfolgsfaktoren werden zusätzlich v. den Erfolgreichen d. Unternehmensklasse als strategisch wichtig erachtet?				
Hohe Entwicklungstiefe / effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement / strategische Technologieplattformen / Elektronikkompetenz / hohe Anlageneffizienz und Ausnutzung von Skaleneffekten / exzellente Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte und Ingenieure/Ingenieurinnen	Aktive Marktbeobachtung / Fokussierung auf wenige Geschäftsfelder / hohe Reaktionsgeschwindigkeit auf Veränderungen	Keine zusätzlichen Erfolgsfaktoren	Strategische Technologieplattformen / hohe Fertigungstiefe / konsequente Erschließung und Nutzung von Kostensenkungspotenzialen bei Sublieferanten sowie im Anlagen und Produktionsbereich / konsequentes und gezieltes Outsourcing / Zugang zu qualifizierten MitarbeiterInnen	Hohe Entwicklungstiefe / effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement / Zugang zu qualifizierten MitarbeiterInnen

2.3 Branchenszenarien – Zukünftige Geschäftsmodelle

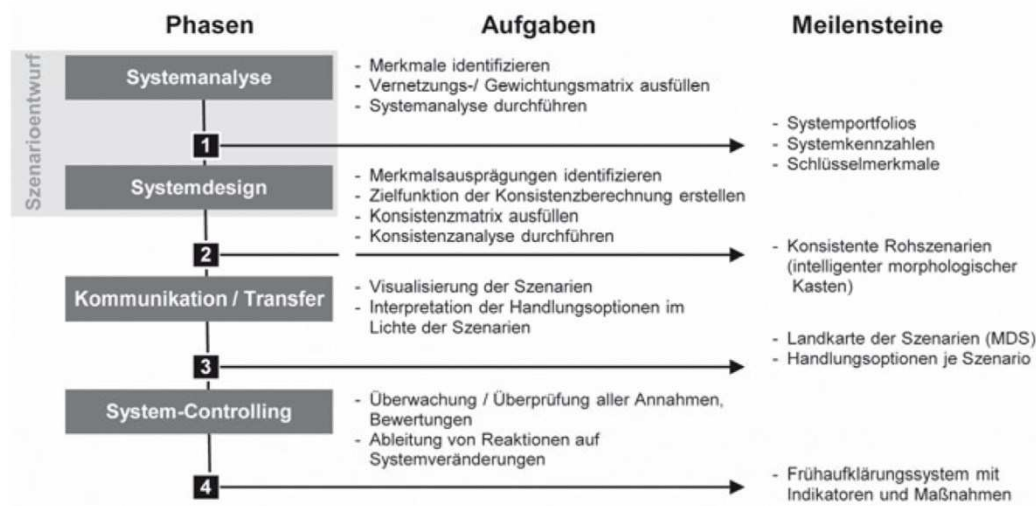
Die oben dargestellten Zukunftsszenarien in Form von Global- und OEM-Szenarien wurden nach der angelsächsischen Methode der Szenariotechnik, dem Szenario-Writing im Rahmen von Workshops, entwickelt. Diese Vorgehensweise wurde aufgrund begrenzter Ressourcen und des eng gesteckten Zeitplans gewählt. Wegen der höheren Komplexität sind die im Rahmen der Studie erarbeiteten zukünftigen Geschäftsmodelle mithilfe eines anderen Ansatzes der Szenariotechnik entwickelt worden, des *Siegener Ansatzes*. Dieser wird in den nachfolgenden Abschnitten kurz dargestellt. Die Geschäftsmodelle wurden ebenfalls im Zuge mehrerer Workshops unter Beteiligung von mehreren Branchen-ExpertInnen und engen Kooperationspartnern erarbeitet.

Der Prozess der Szenarioerstellung nach dem Siegener Modell wird in vier Phasen unterteilt (siehe Abb. 10). In der ersten Phase, der *Systemanalyse*, erfolgen die Identifikation und Beschreibung der wesentlichen Merkmale sowie deren Vernetzung. Das *Systemdesign* beinhaltet als zweite Phase die Konsistenzanalyse (intelligente Morphologie) und die Erstellung der Rohszenarien. In der dritten Phase wird im Rahmen des *Transfers* eine Clusterung der Rohszenarien zu Szenarien vorgenommen, und es erfolgt eine Darstellung der Szenarioinhalte in der sogenannten Ausprägungsliste. Anschließend werden die Szenarien zur Ableitung von Handlungsempfehlungen sowie zur allgemeinen *Kommunikation* in Form einer Multidimensionalen Skalierung (MDS), der sogenannten Landkarte der Szenarien (vgl. auch Abb. 11), visualisiert. Das *System-Controlling* stellt die vierte Phase dar und dient der stetigen Überwachung und Überprüfung aller Annahmen und Bewertungen des Szenarioerstellungsprozesses durch ein Frühaufklärungssystem.

Nachfolgend werden die Phasen anhand der Studienergebnisse im Detail beschrieben.

Mit ihren zahlreichen Anwendungsfällen, wie Zukunfts-, Geschäftsmodell-, Produkt- oder Risikoszenarien, stellt die Szenariotechnik nach dem Siegener Ansatz einen universellen Methodenbaukasten mit den zwei wesentlichen Bausteinen „Systemanalyse“ und „Systemdesign“ zur Verfügung. Das heißt, es können zum Beispiel neben Zukunftsszenarien auch alternative Geschäftsmodelle entworfen werden, die in sich schlüssige und widerspruchsfreie strategische Handlungsmuster darstellen. Da die Erstellung von Geschäftsmodellen ein branchenbezogener Prozess ist, sind hinreichendes Markt- und Branchen-Know-how sowie detaillierte Kenntnisse über die in diesem Markt agierenden Unternehmen unabdingbar.

Abbildung 10: Das generische Phasenmodell des Siegener Ansatzes der Szenariotechnik.



Der Prozess der Szenarioerstellung nach dem Siegener Ansatz

Phase 1 – Systemanalyse

In der ersten Phase, der Systemanalyse, werden zunächst alle relevanten Strategiemerkmale (Schlüsselmerkmale) identifiziert. Ein Strategiemerkmal ist in diesem Kontext ein Baustein der Geschäftsmodelle und fokussiert einen Bereich der dazugehörigen Strategie, etwa den Vertrieb oder die Produktion. Nach der Identifikation aller relevanten Strategiemerkmale werden diese beschrieben und zunächst untereinander vernetzt. Dabei wird die Frage nach der gegenseitigen Beeinflussung beantwortet. Die Einflussmatrix liefert hierbei die Basis für diese Vernetzungsanalyse. Eine weitere Matrix, die Gewichtungsmatrix, priorisiert die Merkmale in ihrer Rangfolge, bezogen auf ihre Bedeutung für die Beantwortung der konkreten Fragestellung des Szenarioprozesses. Beide Matrizen bilden zusammen die Basis für eine tiefgreifende Untersuchung des Gesamtsystems (Systemanalyse) anhand von Kennzahlen. Eine wesentliche Kennzahl ist beispielsweise die Aktivität eines Merkmals (Wie stark beeinflusst ein Merkmal ein anderes Merkmal?). Weiterhin können aber auch die Eingebundenheit der einzelnen Merkmale in das Gesamtsystem, die Nähe der Merkmale untereinander sowie Aussagen zum Gesamtsystem im Allgemeinen anhand von Kennzahlen abgeleitet werden. Für diese Detailanalyse verwenden wir Bausteine der Soziometrie.

Im Kern ermöglicht die Systemanalyse die Identifikation der wesentlichen Merkmale des Gesamtsystems. Dies ist zum einen zur Reduktion der Komplexität nötig. Zum anderen werden damit unwichtige Faktoren aus den weiteren Betrachtungen ausgeblendet, was die Kommunikation der Szenarien zu einem späteren Zeitpunkt wesentlich erleichtert.

Für die Studie bedeutete das: Für den vorliegenden Fall der Geschäftsmodellentwicklung liefert die Systemanalyse somit die wesentlichen bzw. prägnanten Strategiemerkmale. Als Ergebnis des ersten Workshops wurden folgende Strategiemerkmale identifiziert:

1. Branchenstruktur,
2. Struktur des Geschäfts,
3. Beschaffungsstrategie,
4. Vernetzung von Wissenschaft und Industrie,
5. Investitionsbereitschaft und Kapitalverfügbarkeit,
6. Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement,
7. Wettbewerb,
8. Qualifikation von MitarbeiterInnen,
9. Variantenvielfalt der Produkte,
10. Schutz des technologischen Vorsprungs,
11. Rolle von Forschung & Entwicklung,
12. Strategische Technologieplattformen,
13. Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung,
14. Bedeutung von Elektronik und intelligenten Systemen.

Einige der Schlüsselmerkmale sind identisch mit den Erfolgsfaktoren. Diese Deckungsgleichheit gestattete zu einem späteren Zeitpunkt die Zusammenführung der Aussagen aus der Beschreibung der Ausgangssituation mit den zukünftigen Überlegungen. Das heißt, es konnten Hinweise gegeben werden, inwiefern konsistente bzw. in sich stimmige Geschäftsmodelle von den befragten Unternehmen besetzt bzw. nicht besetzt wurden. Dies ermöglichte die Ableitung von detaillierten Handlungsempfehlungen aus heutiger Sicht.

Phase 2 – Systemdesign

In der Phase des Systemdesigns entstehen die Geschäftsmodellszenarien. Dazu werden je Schlüsselmerkmal alternative Ausprägungen herausgearbeitet. Dieser sehr kreative Schritt bestimmt die Spannbreite der Szenarien. Werden an dieser Stelle zahlreiche gegensätzliche oder kontroverse Möglichkeiten berücksichtigt,

so werden auch die daraus abgeleiteten Strategieszenarien einen großen Raum von denkbaren Handlungsoptionen abbilden.

Die Basis für die Berechnung der Szenarien stellt die Konsistenzmatrix dar. Aus dieser werden im Sinne einer Kombinatorik in sich stimmige Kombinationen von Merkmalsausprägungen berechnet. Die Berechnung der in sich stimmigen Kombinationen erfolgt mithilfe eines naturanalogen Optimierungsalgorithmus, welcher zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Algorithmen besitzt (Grienitz und Schmidt 2009, S. 409ff). Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass das Optimierungsziel (optimale und widerspruchsfreie Kombinationen) über eine Zielfunktion frei definiert werden kann. Die Zielfunktion wird schließlich zur Berechnung der Lösungsgüte für jedes Rohszenario angewendet. Im einfachsten Falle summiert die Zielfunktion die Konsistenzwerte der Rohszenarien. Zusätzlich wird gefordert, dass die Zielfunktion maximiert werden soll. Das heißt, es werden so lange Lösungen gesucht, bis nach einer bestimmten Zeit keine signifikant besseren Lösungen mehr gefunden werden. Zudem ermöglicht die Erweiterung der Zielfunktion durch Berücksichtigung von Nebenbedingungen zusätzliche Freiheitsgrade. Die auf diese Weise berechneten Rohszenarien (zumeist einige hundert) sind in ihrer Anzahl jedoch noch zu umfangreich. Mithilfe einer Clusteranalyse werden daher einander ähnliche Rohszenarien zu Szenarien zusammengefasst. Dieser Schritt endet bei einer ausreichenden Anzahl von Szenarien, so dass die Vielfalt genau so groß ist, dass hinreichend interessante Strategieszenarien differenziert werden können und der Informationsverlust durch die Zusammenfassung der Lösungen nicht zu groß ausfällt. In der Regel verbleiben nach der Zusammenfassung noch drei bis sieben Szenarien (Gausemeier et al. 2009, S. 82ff).

Die Szenarien wurden im Hinblick darauf beschrieben, welche Strategie-merkmalsausprägungen wie stark vertreten sind. Diese Beschreibung stellt die spezifischen Szenario-DNA dar (die sogenannte Ausprägungsliste). Konkret wurden im Rahmen der Studie innerhalb eines Workshops zunächst mögliche alternative Ausprägungen für die identifizierten Schlüsselmerkmale abgeleitet. Nachfolgende Aufzählung gibt einen kurzen Überblick über Ausprägungen zu ausgewählten Schlüsselmerkmalen der Studie:

Schlüsselmerkmal 2: Struktur des Geschäfts

- Verlängerte Werkbank,
 - Emanzipation nach vorne,
 - Fragmentierung,
 - branchenübergreifende Orientierung.
- Schlüsselmerkmal 7: Wettbewerb
- Differenzierungsstrategie,

- Hybridstrategie,
- Kostenführer.

Schlüsselmerkmal 13: Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung

- Geschäftsinnovator,
- Pionierstrategie,
- begrenzte Ressourcen,
- Fast Follower.

In einem weiteren Schritt erfolgte eine Bewertung dieser Ausprägungen in der oben genannten Konsistenzmatrix. Diese beantwortet die Fragestellung, inwiefern die identifizierten Ausprägungen konsistent zueinander sind. Nach der Bewertung der Ausprägungen in der Konsistenzmatrix durch die an den Workshops beteiligten ExpertInnen wurden schließlich die Szenarien errechnet. Die Anzahl von vier Szenarien lieferte dabei das Optimum zwischen Informationsverlust und Differenzierung. Im Detail konnten folgende konsistente Geschäftsmodelle bzw. Szenarien identifiziert werden: „Mantra der Kostenführerschaft“, „Zulieferer wird zum 0,5-Tier“, „Nischenanbieter und Differenzierer“ und „Den Anschluss verpasst“.

Phase 3 – Kommunikation/Transfer

In Phase 3 werden die zuvor berechneten Szenarien interpretiert und visualisiert. Tabellen eignen sich dazu allerdings kaum. Aus diesem Grund werden zumeist entweder Grafiken erstellt oder Texte über die Geschäftsmodelle (vgl. Tabelle 5) verfasst. Die Texte entstehen auf Basis der Ausprägungsliste und der Prosabeschreibungen der Strategiemerkmalsausprägungen. Die grafische Darstellung kann zum Beispiel mithilfe der statistischen Methode der multidimensionalen Skalierung (MDS) vorgenommen werden. Diese Grafik wird auch „Landkarte der Geschäftsmodelle“ oder „Landkarte des Wettbewerbs“ genannt. Je mehr sich zwei Objekte inhaltlich ähneln, desto näher beieinander werden sie auch in der Grafik positioniert. Die grafische Nähe entspricht somit auch der inhaltlichen Nähe. Damit liegt die Kernaussage dieser Grafik in der Interpretation der grafischen Nähe einzelner Szenarien bzw. der dazugehörigen Unternehmen (vgl. Abb. 12).

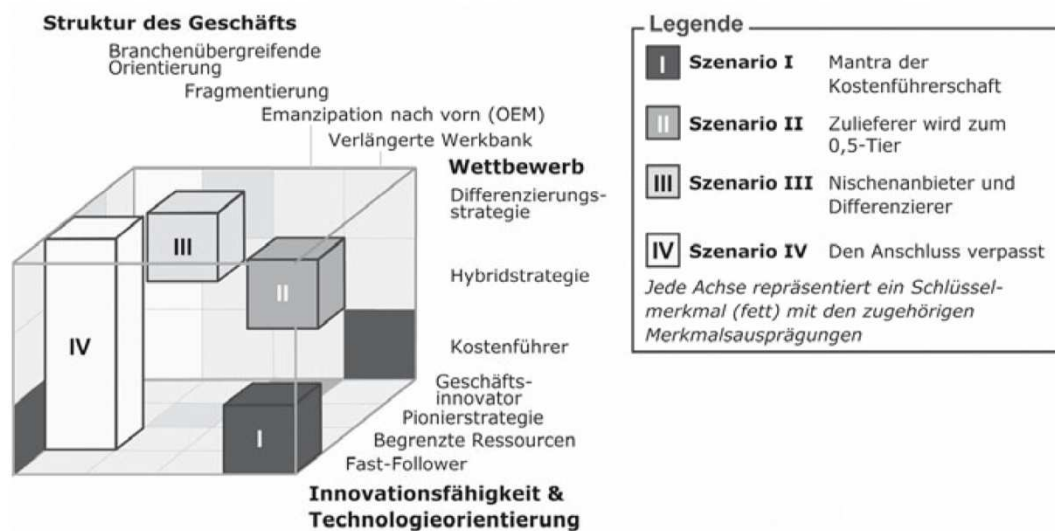
Die im Rahmen der Studie erarbeiteten Szenarien wurden zunächst steckbriefartig dargestellt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Steckbriefartige Darstellung der im Rahmen der Studie identifizierten konsistenten Geschäftsmodelle

Geschäftsmodell I „Mantra der Kostenführerschaft“	Geschäftsmodell II „Zulieferer wird zum 0,5-Tier“	Geschäftsmodell III „Nischenanbieter und Differenzierer“	Geschäftsmodell IV „Den Anschluss verpasst“
<p>Hoher Wettbewerb prägt die Zuliefererbranche. Nur als „Kostenführer“ können die Zuliefererunternehmen ihre Verhandlungsmacht gegenüber den OEMs behaupten.</p>	<p>Aufgrund der stetigen Verlagerung der Produktion und Entwicklung in den Zulieferermarkt sollten OEM-nahe Zulieferer die Chance nutzen und sich zum 0,5-Tier emanzipieren.</p>	<p>Der starke Wettbewerb hat die ursprüngliche Tierstruktur aufgebrochen. Gerade für mittelständisch geführte Unternehmen ergibt sich bei der Vielfalt im Zuliefermarkt die Chance, eine dominante Rolle einzunehmen.</p>	<p>Die Zuliefererbranche wird nach wie vor durch die Tierstufen definiert. Die Konsolidierungswelle hat die Zulieferer erreicht. Nur die großen Unternehmen können ihre Verhandlungsmacht gegenüber den OEMs behaupten.</p>
<p>Die Fähigkeit, mit ausgeprägten Prozessen die nötige Effizienzsteigerung als „verlängerte Werkbank“ der OEM zu erfüllen, wird eine gewichtige Rolle spielen. Die Strategie des „Fast Followers“ ist dabei ein Schlüsselfaktor, da diese ressourcenschonend umgesetzt und verfolgt werden kann. Ein einfaches und einheitliches Projekt-, Prozess- und Wissensmanagement ist Grundvoraussetzung, um der Aufgabenkomplexität, der sich ein Kostenführer gegenüber sieht, zu begegnen.</p>	<p>In diesem Zusammenhang gilt es, den Bereichen Energieeffizienz, Hochtechnologien, Elektronik und adaptive Systeme einen hohen Stellenwert beizumessen. Es sollte die Chance genutzt werden, sich durch „hoch qualitative und spezialisierte Produkte“ vom Wettbewerb zu unterscheiden. Zulieferer werden die Innovationstreiber der Automobilbranche. Dabei ermöglichen Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung immer mehr Handlungsspielraum.</p>	<p>Durch erhöhte Komplexität und immer kürzer werdende Produktlebenszyklen wird es zwingend notwendig sein, sich als „Lösungsanbieter“ zu etablieren. Strategische Aufträge für hoch individualisierte Produkte spielen dabei eine entscheidende Rolle. Aufgrund einer hohen Durchdringung von technologischen Innovationen sollten sich die meisten Automobilzulieferer als „Spezialisten am Markt“ behaupten. Innovationen sind daher das „Differenzierungsmerkmal“.</p>	<p>Die Kernkompetenzen der meisten kleinen und mittelständischen Unternehmen liegen im Bereich von einfachen, funktionalen Systemen. Durch die steigenden Anforderungen im Spannungsfeld „hoher Innovationsdruck – begrenzte Ressourcen – hohe Variantenvielfalt“ sind diese Unternehmen zumeist nicht wettbewerbsfähig. Viele abteilungs- und spartenübergreifende Prozesse sind nicht aufeinander abgestimmt.</p>

Die Dimensionen „Struktur des Geschäfts“, „Wettbewerb“ sowie „Innovationsfähigkeit und Technologieorientierung“ stellen Schlüsselmerkmale für die entwickelten Geschäftsmodelle dar. Aufgrund dieser Eigenschaft lassen sich diese Merkmale zu einer schlüssigen Abgrenzung nutzen. So veranschaulicht Abbildung 11 auf einfache und nachvollziehbare Weise diese Abgrenzung der Szenarien anhand der eingangs erwähnten Schlüsselfaktoren.

Abbildung 11: Abgrenzung der Branchenszenarien anhand ausgewählter Schlüsselmerkmale.



Eine weitere Möglichkeit der Darstellung von Szenarien bietet, wie bereits oben erwähnt, die multidimensionale Skalierung. Abbildung 12 gibt einen Überblick über die vier identifizierten Szenarien. Da die Geschäftsmodelle und die Unternehmen nach der gleichen Struktur errechnet bzw. bewertet wurden, konnten die Unternehmen ebenfalls den Szenarien zugeordnet werden.

Ein Wechsel des Geschäftsmodelles beansprucht generell viele Ressourcen. Je mehr sich das neue Geschäftsmodell vom derzeitigen unterscheidet, desto mehr Ressourcen müssen investiert werden. Da nun nicht jedes Unternehmen gleich nah an jedem Szenario liegt, ist auch die inhaltliche Nähe nicht identisch. Somit sind auch unterschiedliche Ressourceneinsätze nötig, um die erarbeiteten Geschäftsmodelle zu besetzen. Das heißt, letztlich ist nicht jedes Geschäftsmodell für jede Unternehmensklasse relevant und vice versa. Daher wurde im Rahmen der Studie für jede Unternehmensklasse untersucht, inwiefern diese schon heute ein konsistentes Geschäftsmodell besetzt (Tabelle 6).

Abbildung 12: Landkarte der Geschäftsmodelle/Landkarte des Wettbewerbs.

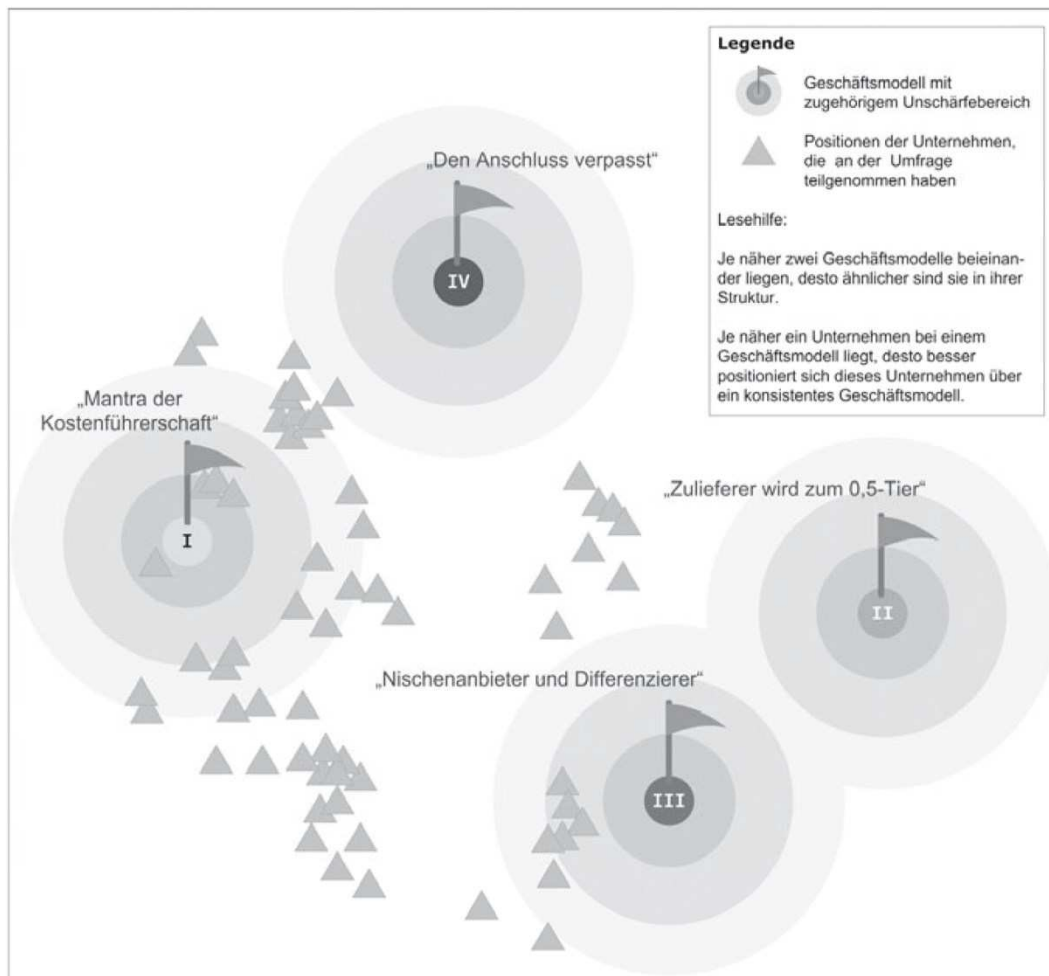


Tabelle 6: Welche Unternehmensklasse liegt welchem Geschäftsmodell heute schon am nächsten?

Geschäftsmodell I „Mantra der Kostenführerschaft“	Geschäftsmodell II „Zulieferer wird zum 0,5-Tier“	Geschäftsmodell III „Nischenanbieter und Differenzierer“	Geschäftsmodell IV „Den Anschluss verpasst“
„Spezialisten im Bereich der Fertigung von Automotive-Massenteilen“	„Die innovativen Großen“	„Der innovative Automotive-Mittelstand Südwestfalens“	Jedes Unternehmen kann eine wirtschaftliche Schieflage treffen, unabhängig von der Unternehmensklasse

Phase 4 – System-Controlling

Das System-Controlling dient als abschließende Phase der stetigen Überwachung und Überprüfung aller Annahmen und Bewertungen im Rahmen eines Frühaufklärungssystems. Alle Annahmen, die Strategiemerkmale, deren Ausprägungen, die Einfluss-, Gewichtungs- und Konsistenzbewertungen unterliegen einem stetigen Wandel. Sollten sich Änderungen ergeben oder sich neue Merkmale bzw. Ausprägungen abzeichnen, so sind individuell einzelne Phasen der Szenarioerstellung erneut durchzuführen.

2.4 Szenariokompatibilität

Ergänzend zur Beschreibung und Abgrenzung der Geschäftsmodelle untereinander erfolgte innerhalb der Studie zudem eine Bewertung hinsichtlich der Szenariokompatibilität. Das heißt, über die Beschreibung der Szenariokompatibilität erfolgte unter anderem eine Bewertung der Geschäftsmodelle im Hinblick auf ihre Relevanz im Lichte der Globalszenarien, der OEM-Szenarien und der Unternehmensklassen. Es soll also, mit anderen Worten, die Frage beantwortet werden: „Wie relevant sind die verschiedenen Umfeldler für dieses spezifische Geschäftsmodell?“ Ergänzend zur Betrachtung der Kompatibilität zwischen „OEM-Szenario“ und „Geschäftsmodell“ wurden sämtliche Kombinationen an Szenarien hinsichtlich ihrer Kompatibilität im Rahmen eines Workshops bewertet. Tabelle 7 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 7: Betrachtung der Szenariokompatibilitäten – Nicht jede Szenariokombination ist wichtig

Relevanz der OEM- und Globalszenarien für die Geschäftsmodelle	Geschäftsmodell I „Mantra der Kostenführerschaft“	Geschäftsmodell II „Zulieferer wird zum 0,5-Tier“	Geschäftsmodell III „Nischenanbieter und Differenzierer“	Geschäftsmodell IV „Den Anschluss verpasst“
Globalszenario „High Road“	Keine Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Denkbar in allen Global- und OEM-Szenarien
Globalszenario „Low Road“	Hohe Relevanz	Keine Relevanz	Mögliche Relevanz	
Globalszenario „Crossroad“	Mögliche Relevanz	Mögliche Relevanz	Mögliche Relevanz	

OEM-Szenario I „Billiger als 4 Reifen, besser als 2 Füße“	Hohe Relevanz	Keine Relevanz	Keine Relevanz	
OEM-Szenario II „Die ökologische Renaissance und nachhaltige Mobilität“	Keine Relevanz	Mögliche Relevanz	Hohe Relevanz	
OEM-Szenario III „Das digitale Mobilitäts- und Informationskon- zept“	Keine Relevanz	Mögliche Relevanz	Hohe Relevanz	
OEM-Szenario IV „Darwinismus im OEM-Markt“	Mögliche Relevanz	Hohe Relevanz	Mögliche Relevanz	

Die betrachteten Geschäftsmodelle weisen demnach eine differenzierte Relevanz zu den Global- und OEM-Szenarien sowie den betrachteten Unternehmensklassen auf.

2.5 Handlungsempfehlungen

In einem letzten Schritt wurden alle vorherigen Gedankenstränge zusammengeführt. Somit flossen die Globalszenarien, die Entwicklungen der OEM, die technologischen Trends sowie die spezifischen Aussagen zu den Unternehmensklassen in die Handlungsempfehlungen ein. Da die Struktur der erarbeiteten Szenarien bzw. der Geschäftsmodelle im Wesentlichen auf Erfolgsfaktoren basiert, wurden diese ebenfalls zur Ableitung der Handlungsempfehlungen genutzt. In mehreren ExpertInnenrunden wurde im Rahmen eines Workshops zunächst die zukünftige Bedeutung der einzelnen Erfolgsfaktoren mithilfe der entwickelten Zukunftsszenarien bestimmt. Tabelle 8 gibt geschäftsmodell-spezifisch einerseits einen Überblick über Bereiche, in denen auf Basis der vorherigen Überlegungen Ressourcen investiert werden sollten, benennt andererseits aber auch Bereiche, in denen aus heutiger Sicht zu viele Ressourcen verwendet werden.

Tabelle 8: Aus allen vorherigen Gedankensträngen abgeleitete Handlungsempfehlungen der Studie je Geschäftsmodell

Geschäftsmodell I „Mantra der Kostenführerschaft“	Geschäftsmodell II „Zulieferer wird zum 0,5-Tier“	Geschäftsmodell III „Nischenanbieter und Differenzierer“	Geschäftsmodell IV „Den Anschluss verpasst“
In welchen Bereichen müssen die betreffenden Unternehmen Stärke aufbauen? Lesehilfe: Die Zahlen in Klammern geben die Nummer des Erfolgsfaktors wieder			
Z. B.: Vertriebskompetenz (Erfolgsfaktor 3), effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement (12), hohe Anlageneffizienz und effiziente Ausnutzung von Skaleneffekten (17), konsequente Erschließung und Nutzung von Kostensenkungspotenzialen im Anlagen- und Produktionsbereich (21), konsequentes Outsourcing (20)	Z. B.: Mergers & Acquisitions (Erfolgsfaktor 4), ausgeprägte Kompetenz bezüglich elektronischer Marktplätze (8), hybride Leistungsangebote (9), erfolgreiche Veränderung vom Entwickler zum F&E-Manager (13), ausgeprägte Kompetenzen im Elektronikbereich (15), konsequente Erschließung und Nutzung von Kostensenkungspotenzialen bei Sub-lieferanten (19)	Z. B.: Fokussierung auf wenige Geschäftsfelder (Erfolgsfaktor 5), hybride Leistungsangebote (9), hohe Entwicklungstiefe (10), effizientes Prozess-, Projekt- und Wissensmanagement (12), Existenz eigener strategischer Technologieplattformen (14), ausgeprägte exzellente Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte und Ingenieure/Ingenieurinnen (22), Zugang zu qualifiziertem Personal (23)	Es wird darauf ankommen, sich auf einige wenige Kernkompetenzen zu konzentrieren. Eine absolute Effizienzsteigerung der eigenen Unternehmensleistung wird unumgänglich sein. Synergieeffekte mit anderen Geschäftsbereichen sollten dabei konsequent genutzt werden.
In welchen Bereichen können betreffende Unternehmen den bisherigen Ressourceneinsatz reduzieren?			
Breite der Geschäftsausrichtung (6), hybride Leistungsangebote (9)	Hohe Fertigungstiefe (16)	Breite der Geschäftsausrichtung (6)	–

2.6 Erfolgspositionen der Branche

Aus den Szenarien und den sich daraus ergebenden Geschäftsmodellen konnten nicht nur spezifische Handlungsoptionen abgeleitet werden. Es konnten ebenfalls übergreifende Hinweise, welche Positionen die Gesamtbranche besetzen sollte, um zukünftig erfolgreich zu sein, identifiziert werden. Die erfolgreiche Besetzung und Umsetzung der sogenannten strategischen Erfolgspositionen (SEP)

sind der Garant dafür, im globalen Wettbewerb bestehen zu können. SEP stellen somit die Leitplanken dar, an denen sich das tägliche Handeln orientieren soll und muss!

Das Management der strategischen Erfolgspositionen erfordert also die Konzentration aller Aktivitäten auf wesentliche, zukünftig erfolgversprechende Fähigkeiten. Im Sinne der Konzentration der Kräfte spielen SEP eine herausragende Rolle für die Stakeholder der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen. Dazu zählen vor allem die Unternehmen selbst, die OEM, die regionale Politik, die Verbände, aber auch die Hochschulen. Eher branchenübergreifende Handlungsoptionen für diese Stakeholder sind:

- Innovationsfähigkeit,
- Markt- und Technologiekompetenz,
- Kooperationsfähigkeit,
- Managementkompetenz.

3 Automotive Center Südwestfalen – ACS

Eine wesentliche, unternehmensklassenübergreifende Handlungsempfehlung, die im Rahmen der Studie gegeben wurde, war die Etablierung eines Kompetenzzentrums Automotive mit Fokus auf die Region Südwestfalen. In zahlreichen Abstimmungsgesprächen mit UnternehmerInnen und ExpertInnen der Branche in Südwestfalen, NRW, Deutschland und Österreich wurde die Konzeption immer konkreter ausgearbeitet. Parallel wurden ausgewählte Entrepreneure (GeschäftsführerInnen und LeiterInnen Forschung und Entwicklung) der Region (Gedia, Kirchhoff Automotive, Kostal, Linde + Wiemann, Mubea, Otto Fuchs, Weber Kunststofftechnik Dillenburg, VIA-Verbund) zu mehreren Treffen eingeladen, um einerseits den Bedarf darzustellen, andererseits aber auch Kompetenzen und Ausstattungsumfang des Kompetenzzentrums ACS zu diskutieren.

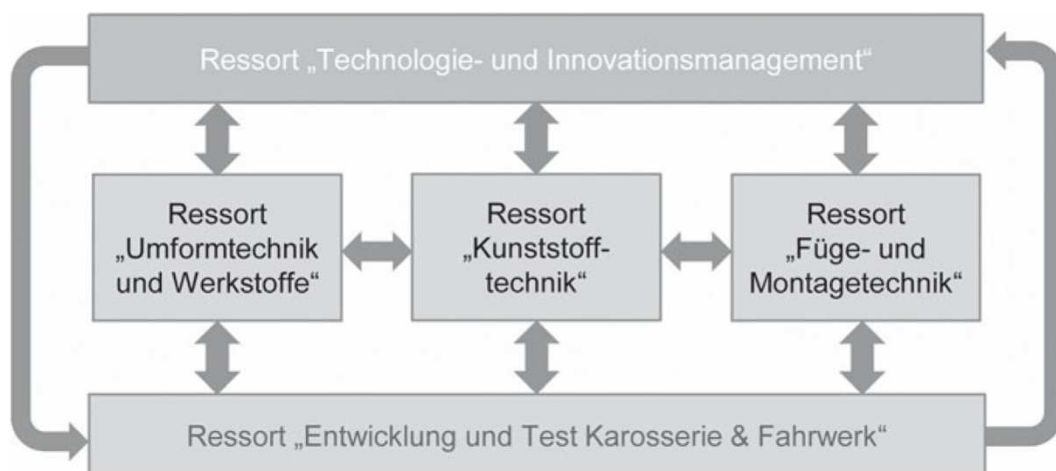
In einem dreistufigen Förderantragsverfahren wurden die Ideen zu konkreten Businessplänen ausgearbeitet. Zu Beginn des Jahres 2012 übergab Wirtschaftsminister Harry K. Voigtsberger letztlich einen Bewilligungsbescheid in Höhe von 14,6 Millionen Euro für das Automotive Center Südwestfalen ACS. Damit fiel der offizielle Startschuss für das Vorhaben. Wirtschaftsminister Voigtsberger betonte: „Wir haben ein herausragendes Interesse daran, NRW als modernes Automobilland zu stärken und die hervorragende Position des nordrhein-westfälischen Fahrzeugbaus zu festigen. Deshalb unterstützt das Land das Automotive Kompetenzzentrum Südwestfalen mit erheblichen finanziellen Mitteln“ (Kietzmann 2012).

Das ACS stellt eine Plattform für Forschung und Entwicklung im Bereich des automobilen Leichtbaus dar, mit dem Motto „wirtschaftlicher, innovativer Leichtbau“. Hierbei werden die westlichen Stakeholder Südwestfalens in vorwettbewerblicher Kooperation zusammenarbeiten, um den komplexer werdenden Anforderungen gerecht zu werden. Die Besonderheit dieses Zentrums besteht auch in der engen Vernetzung zwischen Industrie und Hochschulen. Damit sollen anwendungsnahe Produkte für heutige und zukünftige Fahrzeuggenerationen entwickelt und Arbeitsplätze in der Region auch in Zukunft gesichert werden.

Die in der Studie aufgezeigten zukünftigen Entwicklungen erfordern einen wegweisenden automobilen Strategiegeber und Entwickler in Bezug auf Konzepte, Entwicklung und wirtschaftliche Fertigung im Kontext des automobilen Leichtbaus. Diese Position soll das ACS besetzen. An der Innovationsplattform sind die Universität Siegen, die FH Südwestfalen, der Kreis Olpe, die Stadt Attendorn, VIA Consult, Kirchhoff Automotive, LEWA Attendorn, GEDIA, EJOT, C. D. Wälzholz, die FARA Verwaltungs-GmbH und weitere 75 in einem Trägerverein vereinte Unternehmen beteiligt.

Die Universität Siegen stellt gemeinsam mit der FH Südwestfalen das wissenschaftliche Know-how zur Verfügung (vgl. Abb. 13).

Abbildung 13: Funktionale Struktur des ACS nach Aufgabenfeldern und Ressorts.



Das ACS soll Entwicklungsarbeiten zur Gewichtsreduzierung im Automobilbau ermöglichen. Dies gilt sowohl für neue Fahrzeugkonzepte als auch für den Einsatz neuer Werkstoffe und Werkstoffkombinationen. Hierzu stellt das Automotive Center Südwestfalen für die Unternehmen Infrastruktur, wie Geräte und Software, sowie Personal für ihre Forschungen bereit. Die Tätigkeiten des Automotive Centers Südwestfalen sollen im Schwerpunkt die Felder Karosserie und

Fahrwerk sowie rationelle Fertigungsverfahren für Metall, Kunststoff und Hybride abdecken. Im Verbund mit der Universität Siegen und der Fachhochschule Südwestfalen können die Unternehmen im ACS Gemeinschaftsprojekte durchführen, um einerseits Entwicklungszyklen zu verkürzen sowie andererseits den Anforderungen der Elektromobilität und anderen Problemstellungen des Leichtbaus gerecht zu werden. Das Wirtschaftsministerium des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt den Aufbau des Zentrums über die Jahre 2012 bis 2015 mit Mitteln der EU sowie des Landes – wie bereits erwähnt – in Höhe von 14,6 Millionen Euro. Das ACS ist Teil des Vorhabens „Automotive Kompetenzzentrum Südwestfalen“, welches in das Strukturförderprogramm des Landes Nordrhein-Westfalen „REGIONALE 2013“ aufgenommen wurde (Kietzmann 2012, S. 1f).

Literatur

- Gausemeier, J., Ebbesmeyer, P., & Kallmeyer, F. (2001). *Produktinnovation: Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen*. München: Hanser.
- Gausemeier, J., Bätzel, D., & Grienitz, V. (2002). Die Zukunft der deutschen Gießereindustrie – Szenariobasierte Entwicklung einer Branchenstrategie. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 06/2002.
- Gausemeier, J., Plass, C., & Wenzelmann, C. (2009). *Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung – Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen*. München: Hanser.
- Geschka, H. (2006). Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung. In O. Gassman, & Kobe, C. (Hrsg.), *Management von Innovation und Risiko*. 2. Aufl. Berlin/Heidelberg et al.: Springer.
- Grienitz, V., & Schmidt, A.-M. (2009). *Weiterentwicklung der Konsistenzanalyse auf Basis evolutionärer Strategien für die Entwicklung von Markt- und Umfeldszenarien*. 5. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung. Berlin, 19./20.11.2009.
- Iking, B., Rath, H., & Noetzel, R. (2007). *Struktur und regionale Verteilung der Branche Kraftwagen und Kraftwagenteile in NRW*. ZENIT GmbH, Mühlheim an der Ruhr.
- Industrie- und Handelskammern Arnsberg/Hagen/Siegen (2005). *Die Automotive-Industrie in Südwestfalen*. Siegen.
- Kietzmann, M. (2012). *Pressemitteilung: Aufbau des „Automotive Center Südwestfalen ACS“ wird mit 14,6 Millionen Euro gefördert*. Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), 28.1.2012.
- Kremers, P. (2011). Mit dem Atom-Auto über den Highway. *Zeit Online*. <http://www.zeit.de/auto/2011-02/autokonzepte>. Abgerufen am 3.2.2012.
- Mercer Management Consulting (Hrsg.) (2004). *Fast 2015 – Future Automotive Industry Structure*. Frankfurt a. M.: VDA Verlag.
- Roland Berger und Partner (Hrsg.) (1999). *Eight Megatrends Re-Shaping the Automotive Supplier Industry*. München.
- Verband der Automobilindustrie (Hrsg.) (2008). *Auto Jahresbericht 2008*. Frankfurt a. M.

A 31 [MGG+12]**SUPPLY CHAINS IN TURBULENT TIMES - CHALLENGES AND STRATEGIES TO PERSIST IN A VOLATILE ENVIRONMENT**

Christoph Markmann¹, Heiko A. von der Gracht¹, Inga-Lena Darkow¹, Volker Grienitz²

¹Institute for Futures Studies and Knowledge Management (IFK), EBS Business School, Wiesbaden, Germany

²Institute of Production Engineering, University of Siegen, Germany
Contact: christoph.markmann@ebs.edu

Research Paper

INTRODUCTION

Disruptions in supply chains are not new, but tend to become more the rule than the exception, nowadays. Global supply chains characterize our present economy and link markets, suppliers, producers and customers. Therefore, fluctuations and disruptions impact on more than a single industry or region. Longer routes of transport and shorter lead times offer more opportunities for disruptions and a smaller margin for error if a disruption takes place (Kleindorfer and Saad 2005). Furthermore, the numerous involved stakeholders within a value or supply chain and the limited communication and exchange of information among the stakeholders forward and even amplify disruptions and volatilities, an effect which is referred to as bullwhip effect (Lee, Padmanabhan et al. 1997; Springer and Kim 2010). Consequently, researchers and practitioners have started to investigate different types of disruptions which affect the performance of supply chains in order develop strategies, which make supply chains more resilient (Blackhurst, Craighead et al. 2005; Oke and Gopalakrishnan 2009; Pettit, Fiksel et al. 2010). Even though the categorization of disruptions varies clearly within the literature, a general distinction can be made dividing disruptions into low-likelihood, high-impact and high-likelihood, low-impact events (Norrman and Jansson 2004; Makridakis, Hogarth et al. 2009; Oke and Gopalakrishnan 2009). Low-likelihood, high-impact disruptions are rare events (i.e. black swans or wildcard events (Cornish 2003)) which are hard to predict, such as man-made attacks or natural disasters (Kleindorfer and Saad 2005). Many of these events (e.g. fire, earthquake and thefts) are well known, recurring and get accounted by companies, using risk management techniques and insurances. Problems in managing supply and demand instead belong to the second type of disruptions with a minor impact and higher likelihood (Yang, Burns et al. 2004). This paper is concerned with this second category of disruptions and investigates supply chain vulnerabilities due to volatile market environments.

Especially small and medium sized enterprises (SME), which have fewer resources than large companies, are struggling with the challenges of an increasingly volatile environment and are driven to their edge of existence. Against this background, this paper discusses current challenges faced by SME. Our research was conducted in Germany, but results may be generalized for SME in mature markets in general. At first, we analyze the changes in the market environment according to Porter's Five Forces (Porter 1980), identify upcoming trends (strategic issues), and discuss factors that contribute to potential supply chain disruptions (Pettit, Fiksel et al. 2010). Among others, appropriate strategies to respond to the challenges of volatile markets are derived and evaluated regarding their influence on corporate performance. Based on empirical research, we will finally provide recommendations to endure a crisis such as the recent financial crisis and improve crisis preparedness by creating more resilient and future robust supply chains.

LITERATURE REVIEW

Volatile markets impact the supply chain of a company on its supply and demand side. The resulting economic uncertainty with the two determining dimensions dynamics (e.g. in markets) and complexity (e.g. of value-added chains) (Duncan 1972) determines the environment that companies have to deal with in the post-crisis period. In contrast, the

supply chain development of the last decades aimed to make supply chains leaner and more profitable, e.g. by decreasing of inventory. Therefore, the consequences of this development cause now a high vulnerability of companies (Natarajarathinam, Capar et al. 2009). The risks of each partner become risks of the entire supply chain (Harland, Brenchley et al. 2003). The lean supply chains have to cope with the characteristics of volatile markets, such as technology leaps, increased competition, more sophisticated consumers, growing product variety and complexity, and a shortening of product life cycles. Furthermore, the amount of partners in supply chains has increased, leading to more interfaces. At the same time, global set-ups mean longer distances, more handling processes, longer demurrage, and more complex administrative processes (Jung and Nowitzky 2006). Thus, there is currently an increased attention on different kinds of mitigation strategies (Bowersox, Stank et al. 1999; Yang, Burns et al. 2004) in order to handle the challenges of a volatile market environment. Christopher and Holweg (2011) developed a supply chain volatility index in order to show, that more flexibility in supply chain designs will support managing turbulences and uncertainty. They claim that traditional accounting procedures to evaluate and mitigate risks are not sufficient to master this new era.

Several strategies exist which can help companies to make their supply chains more resilient (Sheffi 2005). Theoretically, companies could build a more resilient supply chain by creating redundancies and slack resources. However, holding extra inventory maintaining low capacity utilization, broadening the supplier base etc. would determine a backwards development and would significantly decrease supply chain efficiency. This means, we sacrifice short term cost reductions because we assume that in average a long-term investment in slack resources will pay-off (Christopher and Holweg 2011). Instead, an increased flexibility in companies' processes and structures as well as cultural changes could increase the supply chain efficiency but reduce the vulnerability of supply chains at the same time. Standardized processes, which are concurrent instead of sequential, postponement strategies and the alignment of procurement strategies with supplier relationships are just a few opportunities to increase a company's flexibility (Sheffi 2005). Especially Swink and Zsidisin (2006) provide some insights how to incorporate suppliers into risk management strategies and to prevent misalignment. Additionally, Lee (2004) refers to the competence of adaptability, which enables companies to adapt their supply chain design to a volatile and changing environment. Identifying potential risks can be realized by 'what if scenarios' (Chopra and Sodhi 2004; Crone 2006), supply chain risk auditing (Zsidisin, Melnyk et al. 2005), and supply chain mapping (Harland, Brenchley et al. 2003). Thus, managers can disclose bottlenecks and identify critical processes, for example maximum production capacities or minimum lead times, at second or third tier suppliers. Supply chain risk management also includes mitigation plans for adverse events which are an "exceptional and anomalous situation in comparison to every-day business" (Wagner and Bode 2006). Mitigation plans guide agile supply chain structures and blue prints how to manage adverse events. However, companies require a culture which encourages continuous communication among key employees within the supply chain. Furthermore, the distribution of power has been recommended in order to allow teams or individuals to take necessary actions as well as a continuous conditioning system to learn steadily from smaller operational interruptions (Sheffi 2005).

To make supply chains more resilient, their redesign or at least significant adaptations are frequently inevitable. Therefore it is crucial to identify and manage the sources of uncertainties in supply chains (van der Vorst and Beulens 2002). Investigations often focus on large-scale enterprises and disregard the situation and major challenges for SME. Therefore, our survey aimed to identify and analyze the described challenges in a crisis environment from a SME perspective.

METHODOLOGY

The sample was drawn from SME in Germany. It was based on the companies' turnover which was at least €290 millions. Therefore, the surveyed companies determine a set of upper-middle class SMEs with distinct supply chains. The selection of 25 SME was industry-independently and included among others companies from manufacturing, logistics, retail market, textile industry as well as from process industry. This assured a multi-facetted view on the topic of vulnerability to exogenous shocks, disruptions and other current supply chain challenges. Thus, the analysis of the results and the derivation of recommendations are cross-industry. We conducted semi-structured in-depth interviews with the companies' top decision makers of the management board or managers with sector responsibility. According to the industrial diversity of SME, the design of the semi-structured questionnaire allowed for comparability of answers without loosing the opportunity of individual responses. Besides general questions about company characteristics and performance indicators, the subject-related questions focused on perceived changes in the market environment, reactions on exogenous shocks and volatilities, the maturity level of the supply chain and the related measurement approach as well as on the impact of SCM strategies on the company performance. The dimensions of the maturity level assessment were developed in expert workshops and adapted after validity pretests. The analysis of the anonymized data consisted of paraphrasing, generalization, reduction, categorization and interpretation (Spiggle 1994). Furthermore, the research process was designed and followed along established qualitative research methods (Corbin and Strauss 1990).

RESULTS

With our research we contribute to the current debate on supply chain resilience and volatility management. We add particular insights from SME top decision makers who reflected on the financial crisis 2008/09 and its impact on their business. Our investigation is structured in three parts. First, we reveal the changing dynamics in the market environment of the interviewed SME and provide further insights on emerging challenges in their supply chain management. Secondly, we present strategic approaches to cope with the volatile market environment and discuss them according to their impact on sales growth, EBIT and capital employed. Finally, our interviews provide further insights on the status quo and the preparedness of SME regarding volatile markets.

Figure 1 illustrates the market forces according to Porter's Five Forces which are assessed regarding their estimated changes in the future market environment. The concentration on supply as well as sales market exposes firms to a highly competitive situation. Rare raw materials occur often in political unstable regions and are increasingly provided by oligopolies, which are in addition most often politically influenced. This raises difficulties especially for high-tech enterprises of resource-poor countries and drives them into highly dependent business relationships. Furthermore, the financial crisis brought strategically important suppliers in critical situations as well. The former aimed leanness in processes and structures for efficiency as pre-crisis paradigms cause now severe difficulties in the new market situation due to missing supply alternatives. Besides the challenges on the supply side, companies are facing an increasing number of global competitors. Especially companies from emerging countries from Asia and South America have managed the crisis well and are using their advantages to close up to market leaders from Europe and North America. Finally, the sales market features a concentration process as well and key customers of SME are struggling themselves with the consequences of the crisis.

The described developments lead to an increasing market volatility in which companies have to persist. Furthermore, the duration of economic cycles is expected to decrease, whereas as the number of exogenous shocks increases. The industry experts see the impacts from exogenous shocks much more severe than before, which is in particular a result of globalized operations and high integration of value chains. All these trends represent additional potential sources of turbulences in supply chains which companies

and especially SME need to take into account when redesigning their supply chains in order to be more resilient to future disruptions.

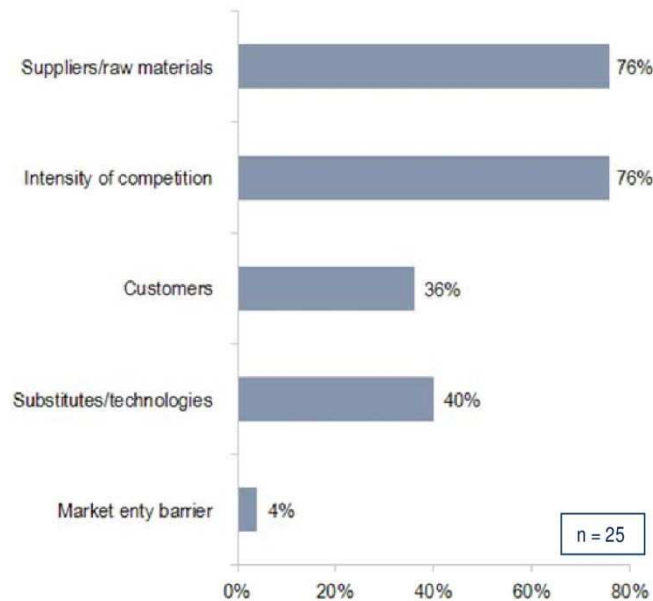


Figure 1. Competitive dimensions with the biggest changes

In order to cope with the challenges, SME are adapting their internal structures and product portfolios to the new requirements of a turbulent environment. Beside the optimization of process and cost structures, managers express a strong need to develop their risk management systems (cf. Figure 2). Especially financial risk management as well as optimized management of inventory and sales require a systematic improvement. Therefore, the extraction of financial key indicators and the generation of real-time reports are seen as an important starting point to provide a precise and real-time information basis for decision makers. In order to get a systematic and lasting improvement in supply chain management, it is important to make the contribution of actions measurable. Therefore, the financial indicators sales growth, EBIT and employed capital were used to identify and discuss different strategies to persist in a volatile environment.

The surveyed decision makers were asked to indicate the most promising strategies with a positive impact on sales growth, EBIT and employed capital. 38 percent of the interviewees mentioned an optimization in the supplier selection and supplier relationship management as most relevant to increase the sales growth. Measures to the increase productivity and to optimize costs, such as outsourcing of secondary tasks, optimization of business processes and stringent cost management are also mentioned to have a positive impact on sales growth just as ensuring the availability of goods at the point of sale. The optimization of process and inventory costs was assessed by 72 percent of the decision makers as most relevant for increasing the EBIT. Furthermore, the implementation of a lead-buyer concept was considered important to ensure greater bargaining power, to reduce the amount of maverick buying and to promote knowledge-building. The use of global framework agreements, agreements on fixed prices and fixed exchange rates determine a package of measures for standardization, which also has a positive impact on the EBIT.

The SCM strategy with the greatest positive impact on the capital employed is from the perspective of the study participants, the optimization of inventory management. 63 percent of the respondents mentioned measures such as modern logistics concepts (e.g. Vendor Managed Inventory (VMI)) in combination with consignment stores, active portfolio management or a flexible staffing as helpful. The optimization of sales and procurement planning, which is increasingly based on scenario planning and supported by IT systems is seen as second most important lever regarding the capital employed. The enforcement of favorable payment terms to customers and suppliers is also evaluated to have an important impact on the capital employed. Supply chain financing offers here in particular interesting ideas to realize this goal without creating financial losses to the suppliers, which is – especially in the context of the earlier mentioned importance of supplier relationship management – of particular interest.

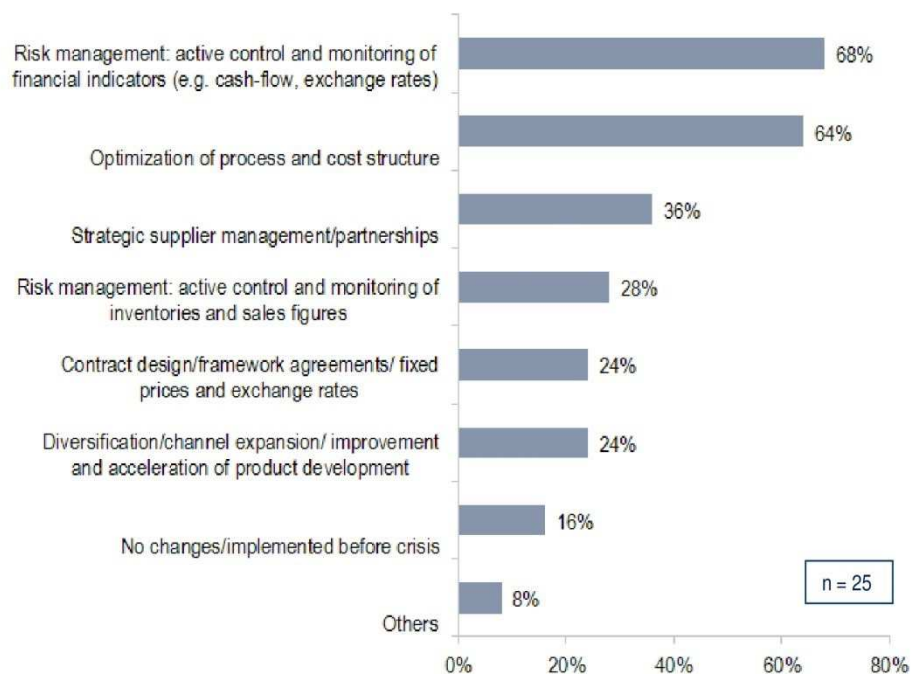


Figure 2. Strategies to minimize the impact of exogenous shocks

In evaluating different supply chain dimensions according to their level of maturity, most managers agree that the supply chain development has already become a corporate strategic issue. Especially the integration of customers and suppliers into the supply chain risk management process is seen as essential. An increased flexibility of resources has been determined as a key role to mitigate the effects of supply chain disruptions. Figure 3 combines the results of the maturity and relevance assessment of the different selected supply chain dimensions. As it can be seen, there are two groups of dimensions. Some of them are seen to play a major role in volatile environments and have already a high level of maturity within the surveyed sample. Other dimensions reflect a high maturity, but are less seen to be helpful in the context of a volatile market. It is striking that issues, which were important before the financial crisis and which might become critical in the next years, have low priority to our expert panel. Accordingly, the development of high-potentials and a more sustainable supply chain design seems to have moved out of focus. Rather, issues with a direct impact on the financial performance take centre stage.

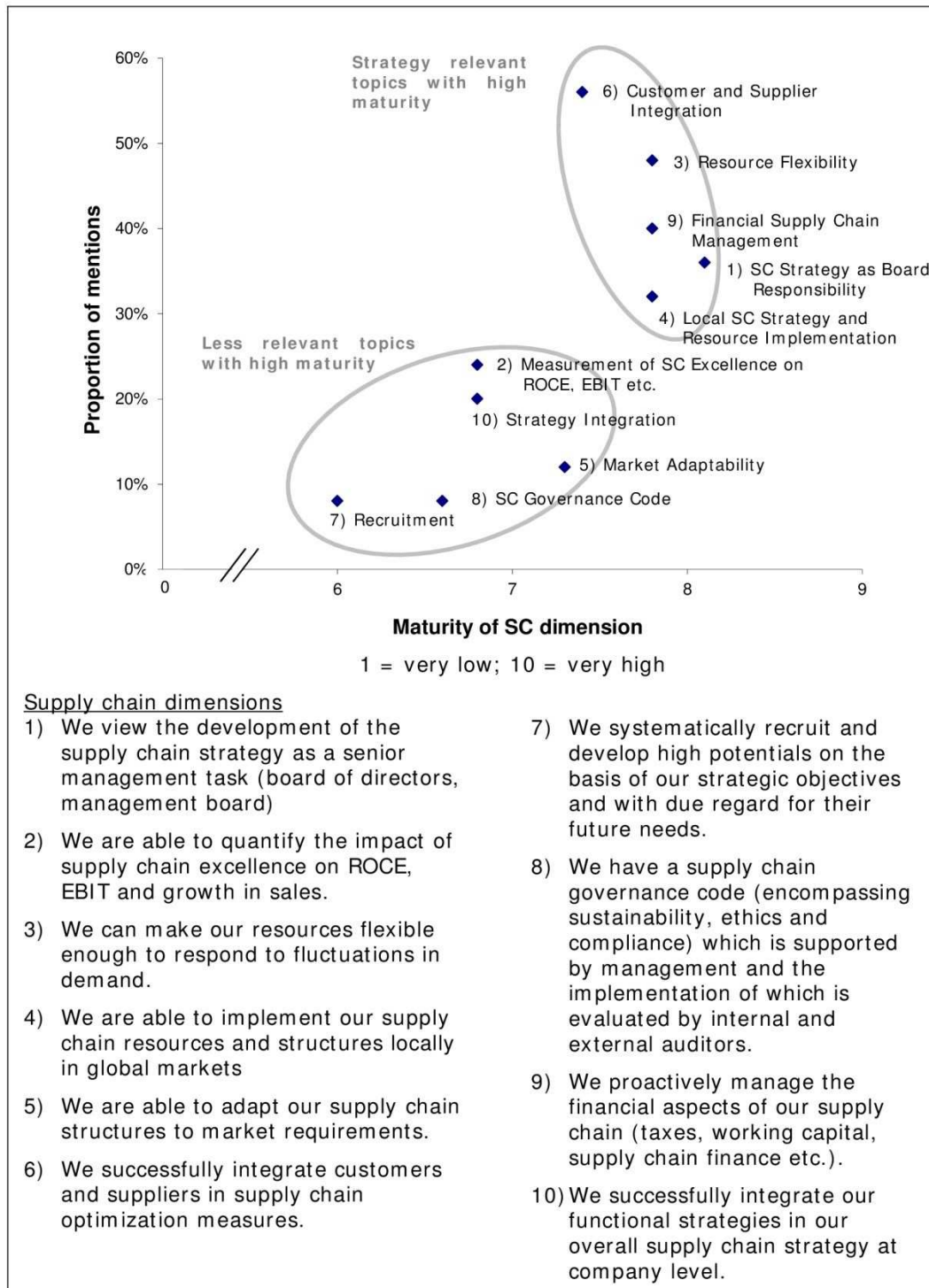


Figure 3. Relevance and maturity of supply chain measures in volatile markets

Conclusion

The growing importance of supply chain management to a company's overall performance can be seen in the way supply chain management is interacting more closely with other areas of the company and being given more management attention. Especially risk management is seen as important means to survive in a volatile environment and to adequately face exogenous shocks. The surveyed companies see supply chain management and the assessment of associated risks as a clear management responsibility, which may not be delegated. However, this importance is not sufficiently reflected in the organizational structures. Even if the majority of companies confirm a quite high maturity of the surveyed supply chain dimensions, they admit that more efforts are needed to adapt internal processes and structures to global trends. There is a growing interest in innovative planning techniques (scenario planning, road mapping etc.) as a complement to traditional approaches (forecasts, trend extrapolations) to prepare more effectively for a complex and volatile market environment. One important lesson we learned from the economic and financial crisis is that midsize companies are often worse hit by and less prepared for external shocks than large corporations. Future research could therefore investigate how to make SME more resilient to exogenous shocks and market volatilities.

By focusing on SME, we add new insights to current research that mainly concentrates on large companies. Our research aims to reveal the changes that supply chain management has to handle in increasingly volatile markets. It shows which general conditions are required in the next years and which areas are under pressure to act. In a long-term range, the creation of an efficient, flexible and strategically managed supply chain helps not only companies but also their smaller partners within the supply chain to survive turbulent times. However, global logistics is a fragmented business. Therefore, we presented best practices in coping with volatility and disruptions from an SME perspective and thereby complement existing research. We propose that future research should test our findings by increasing the sample size and conducting interviews with SME from other countries. Comparing the strategies from SME with the ones from large companies could also reveal valuable findings.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank all the managers from the SME, who participated in our survey, for sharing their insights and valuable thoughts. Furthermore, we want to thank all involved researchers that assisted in interviews and research facilitation.

REFERENCES

- Blackhurst, J., C. W. Craighead, et al. (2005). "An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions." *International Journal of Production Research* **43**(19): 4067-4081.
- Bowersox, D. J., T. P. Stank, et al. (1999). "Lean launch: managing product introduction risk through response-based logistics." *Journal of Product Innovation Management* **16**(6): 557-568.
- Chopra, S. and M. S. Sodhi (2004). "Managing Risk To Avoid Supply-Chain Breakdown." *MIT Sloan Management Review* **46**(1): 53-62.
- Christopher, M. and M. Holweg (2011). "'Supply Chain 2.0': managing supply chains in the era of turbulence." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* **41**(1): 63-82.
- Corbin, J. M. and A. Strauss (1990). "Grounded theory research: Procedures, canons, and evaluative criteria." *Qualitative sociology* **13**(1): 3-21.
- Cornish, E. (2003). "The WILD Cards in Our Future." *Futurist* **37**(4): 18.
- Crone, M. (2006). "Are global supply chains too risky? A practitioner's perspective." *Supply Chain Management Review* **10**(4): 28-35.
- Duncan, R. B. (1972). "Characteristics of Organizational Environments and Perceived Environmental Uncertainty." *Administrative Science Quarterly* **17**(3): 313-327.

- Harland, C., R. Brenchley, et al. (2003). "Risk in supply networks." Journal of Purchasing & Supply Management **9**(2): 51-62.
- Jung, K.-P. and I. Nowitzky (2006). Das besondere Risikopotential in der Logistik. Riskmanagement in der Logistik. B. Hector and G. Blaas. Hamburg, Deutscher Verkehrs-Verlag.
- Kleindorfer, P. R. and G. H. Saad (2005). "Managing Disruption Risks in Supply Chains." Production & Operations Management **14**(1): 53-68.
- Lee, H. L. (2004). "The triple-A supply chain." Harvard Business Review **82**(10): 102-113.
- Lee, H. L., V. Padmanabhan, et al. (1997). "Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect." Management Science: 546-558.
- Makridakis, S., R. M. Hogarth, et al. (2009). "Forecasting and uncertainty in the economic and business world." International Journal of Forecasting **25**(4): 794-812.
- Natarajarathinam, M., I. Capar, et al. (2009). "Managing supply chains in times of crisis: a review of literature and insights." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **39**(7): 535-573.
- Norrman, A. and U. Jansson (2004). "Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **34**(5): 434-456.
- Oke, A. and M. Gopalakrishnan (2009). "Managing Disruptions in Supply Chains: A Case Study of a Retail Supply Chain." International Journal of Production Economics **118**(1): 168-174.
- Pettit, T. J., J. Fiksel, et al. (2010). "Ensuring Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework." Journal of Business Logistics **31**(1): 1-21.
- Porter, M. E. (1980). "How competitive forces shape strategy." McKinsey Quarterly(2): 34-50.
- Sheffi, Y. (2005). "Building a Resilient Supply Chain." Harvard Business Review **1**(8): 1-4.
- Spiggle, S. (1994). "Analysis and Interpretation of Qualitative Data in Consumer Research." Journal of Consumer Research **21**(3): 491-503.
- Springer, M. and I. Kim (2010). "Managing the order pipeline to reduce supply chain volatility." European Journal of Operational Research **203**(2): 380-392.
- Swink, M. and G. Zsidisin (2006). "On the benefits and risks of focused commitment to suppliers." International Journal of Production Research **44**(20): 4223-4240.
- van der Vorst, J. G. A. J. and A. J. M. Beulens (2002). "Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **32**(6): 409-430.
- Wagner, S. M. and C. Bode (2006). "An empirical investigation into supply chain vulnerability." Journal of Purchasing and Supply Management **12**(6): 301-312.
- Yang, B., N. D. Burns, et al. (2004). "Management of uncertainty through postponement." International Journal of Production Research **42**(6): 1049-1064.
- Zsidisin, G. A., S. A. Melnyk, et al. (2005). "An institutional theory perspective of business continuity planning for purchasing and supply management." International Journal of Production Research **43**(16): 3401-3420.

A 32 [SGG12]

ARTICLE IN PRESS

TFS-17835; No of Pages 21

Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx-xxx



Contents lists available at ScienceDirect

Technological Forecasting & Social Change



Heading towards a multimodal city of the future? Multi-stakeholder scenarios for urban mobility

Alexander Spickermann^{a,*}, Volker Grienitz^{b,1}, Heiko A. von der Gracht^{c,2}

^a Friedrich-Alexander-University (FAU) Erlangen-Nuremberg, Lange Gasse 20, 90403 Nuremberg, Germany

^b Institute of Production Engineering, University of Siegen, Paul-Bonatz-Str. 9-11, 57076 Siegen, Germany

^c EBS Business School, Konrad-Adenauer-Ring 15, 65187 Wiesbaden, Germany

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 November 2012

Received in revised form 5 August 2013

Accepted 28 August 2013

Available online xxx

Keywords:

Urban mobility
Multimodal transport
Scenario
Multi-stakeholder
Delphi
Public transport

ABSTRACT

In redesigning city infrastructure to become sustainable and future-oriented, critical city subsystems, such as the urban mobility system, present a serious challenge. In order to avoid regime stalemates and path dependency, substantial changes to the urban mobility systems are required to limit economic, ecological, population and institutional constraints. We argue that the socio-technical system of multimodal mobility has the potential to solve some of today's urban mobility challenges. Multimodal mobility combines both private and public transport modes, thereby capitalizing on the benefits of various systems. Realizing that mobility systems are non-monolithic and transitions require interdisciplinary analyses, we adopt a multi-level perspective with actors across different fields. This paper aims to guide cities in developing a long-term future vision of urban mobility systems in Germany while drawing on considerations of transition theory. Our comprehensive approach, conceptualized through a strategic issue management framework, draws on empirical evidence from three parallel Delphi studies and several focus group workshops to present strategic implications to firms, public authorities, and customers. Among others, the strategy agenda for stakeholders must coordinate efforts to utilize system strengths, advance intelligent transport systems, diversify the portfolio of public and private financing, change business models, and create a renaissance of civil participation.

© 2013 Elsevier Inc. All rights reserved.

1. Introduction

Urban areas are populated by over half the world's population and are anticipated to witness most of the population growth in the following forty years. By 2050, the population in urban areas is expected to increase by 2.6 billion to 6.3 billion people [1]. Until recently, the provision and organization of city subsystems was widely perceived to be a simple engineering and administrative issue [2]. However, the contemporary

pressures faced by cities cannot be dealt with by the infrastructural systems and legacies often developed over the 20th century in many western contexts [3]. It is of the utmost importance for vital city subsystems, such as the transportation system, to function efficiently to support the future development of sustainable urban infrastructures [4, p. xvii]. Personal mobility is considered to fulfill a societal function [5].

In fact, urban mobility is one of the greatest challenges that cities currently face [6]. Individual mobility in urban areas is increasingly reaching its limits since progressive urbanization has caused continuous rising demand for the urban mobility systems [7,8]. By 2050, urban dwellers will spend an average of 106 h in traffic jams per year, three times more than today [6]. Hence, road networks are suffering from recurrent congestion, the accessibility of city centers is deteriorating, and the environmental impact is already considered to be too high

* Corresponding author. Tel.: +49 911 5302 444; fax: +49 911 5302 460.

E-mail addresses: alexander_spickermann@gmx.de (A. Spickermann), volker.grienitz@uni-siegen.de (V. Grienitz), heiko.vondergracht@ebs.edu (H.A. von der Gracht).

¹ Tel.: +49 271 740 2520; fax: +49 271 740 12520.

² Tel.: +49 611 7102 2100; fax: +49 611 7102 10 2199.

ARTICLE IN PRESS

2

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

[9–11]. In addition to these challenges, the changing urban mobility patterns of people, the related demographic changes, and the dwindling investment capacity of public authorities need to be considered. As a consequence, citizens, businesses, and governments are often dissatisfied with the state of urban mobility.

Therefore, a way to modernize the current urban mobility systems has to be found, so that economic, environmental, and institutional constraints are limited and sustainable, and competitive city mobility subsystems are achieved to further improve personal mobility. Although technological advancements have decreased the impacts of individual journeys, they have often only provided temporary and partial solutions [12–15]. Therefore, it is improbable that such improvements alone can sustainably reduce the impact of transport. In fact, “transitions do not come about easily, because existing regimes are characterized by lock-in and path dependence, and oriented towards incremental innovation along predictable trajectories” [13, p. 495]. Therefore, responses to the current challenges for cities require more fundamental restructuring of the transportation system in the years to come [2,3,16]. Over the past 10 years, researchers have labeled these substantial system changes as ‘socio-technical transition’. Such transition not only requires major changes in technology, but also organizational and structural changes for both supply and demand [e.g. 17].

One measure to deal with urban mobility constraints is to promote public transport. However, efforts to stimulate more frequent use of public transport have seldom been successful. It seems to be impossible to compete with individual motorized transport [18]. The socio-technical system of multimodal mobility, however, seems appropriate for solving some of today’s mobility problems. The concept of multimodal mobility changes the view on the traditional strictly dichotomous choice between either private or public transport. Unlike unimodal transport, multimodal transport uses two or more transport services. Combining private and public transport modes offers the benefits of both systems while avoiding their weaknesses [19]. Current multimodal mobility concepts are fragmented since they were developed over different time periods by different actors [2,10]. Therefore, a comprehensive, well-planned multimodal system is required.

A socio-technical transition towards such a new, sustainable urban multimodal mobility system requires long-term orientation to successfully adapt and innovate business models and invest in appropriate resources [20,21]. Approaches deployed in foresight and futures research tend to be suitable for such a long-term transition process [16,22]. Thereby, previous experiences cannot be merely extrapolated into the future [23]. Instead, approaches that promote broad planning perspectives have to be incorporated [24]. Fundamental to such systemic transitions is the notion that mobility systems are non-monolithic and constitutes multiple relationships. Therefore, a large variety of stakeholders, representing diverse social interests, should be involved in planning activities from the onset [25,26], including businesses, political institutions, national governments, and households. Previous research on dynamic market systems has highlighted a variety of different participatory approaches that can be used to assess future activity: Delphi panels [27,28], scenario planning [29], stakeholder analysis [30], and participatory workshops [31,32]. Thus, effective coordination of these forms of analysis would enable successful transitions from

current mobility systems to more advanced systems, by predicting numerous challenges for multiple actors.

Strategic issue management (SIM) may support the conceptualization and research of such a socio-technical transition to a multimodal urban mobility system. Strategic issues are generally defined as events that would affect companies in the future [33]. Liebl and Schwarz [34] expanded upon this definition by stating the importance of novelty and adjustment that surround these particular events. Thereby, the integration of SIM and foresight methodology produces a holistic framework to contribute to the quality of long-term decision making quality [35,36].

In this paper, we contend that the limited amount of progress made thus far in enhancing the sustainability of urban mobility indicates the necessity to apply an interdisciplinary approach with multi-level involvement of actors and institutions across different scales [25,37]. We aim to provide insight into the dynamic interactions between stakeholders’ actions and the resulting impact on system change. To reflect ongoing discussions and varying perspectives of stakeholders, the purpose of this paper is to develop partially-contradictory multi-stakeholder scenarios on the future of urban mobility in Germany. Inspired by future challenges for urban mobility and considerations of the socio-technical system theory, we develop a vision of urban mobility for the year 2030, based on desired parameters. Additionally, the paper aims to incorporate the various views of future images to study how urban mobility is likely to evolve in the long-term and shed light on the way the preferable future for 2030 can become reality [26], elaborating on managerial and governmental implications. In line with Wells and Nieuwenhuis [38, p. 3] we argue that “transitions need to be managed or orchestrated rather than simply left to market forces.” Thereby, we exemplify a scenario building approach using three parallel real-time Delphi surveys [39] for data generation, along with multiple focus group workshops. A time horizon until 2030 allows the assumption of trend reversals, whether with regards to the environment, technology, or behavior.

The paper commences with a review of previous future-oriented urban mobility research and a discussion of socio-technical transition theory and SIM. A structured research approach demonstrates how a combination of a SIM process and foresight methodologies can guide cities to achieve such transitions to sustainable urban multimodal mobility systems. Next, the results of three parallel Delphi studies are considered, which addressed scenario development from a multi-faceted perspective with more than 200 panelists. Based on normative scenarios, we elaborate on the results of focus group workshops to develop strategies and implement an action plan to make the aspired to urban mobility situation a reality in 2030. Our holistic approach involves all major stakeholder groups in the field of mobility services and supports strategic decision making while offering guidance for firms, public authorities, and customers in creating sustainable urban mobility in Germany. The paper concludes with recommendations for future research.

2. The need for purposive urban mobility system transition

2.1. Review of future-oriented urban mobility research

Foresight activities are useful in identifying diverse future perspectives in order to better understand contrasting ideas

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

3

and opinions [40]. Acting in dynamic environments requires a well-developed perception of the environment and its inherent societal challenges [41]. Monitoring trends and detecting weak signals in the business environment can better prepare stakeholders for the future while managing everyday business activity [42].

The future of urban mobility has been intensely debated over the past few years and various forms of foresight approaches have emerged in the field. A selection of relevant recent academic research on future-oriented urban mobility publications is presented in Table 1. Since current economic, ecological, population, and institutional circumstances compel companies, agencies, and governments to continuously deal with the future of the urban mobility systems, we did not limit the review to the academic discussion. In fact, we researched 49 reports, from which we derived clusters that included focal topics and overlaps of classification criteria. To visualize the semantic similarity, we applied multidimensional scaling (MDS)³ [43–45]. The results are presented in Appendices A to C.

Advancements in technology and innovation have been considered to be key success factors in meeting the challenges of urban passenger transport. Especially with regards to decreasing the environmental impact, the focus of previous works was placed on alternative drive technologies, including improved fuel efficiency, alternative fuels, and propulsion systems [e.g. 46–49]. In 2010, the German government launched the National Platform for Electric Mobility (NPE), which was designed to integrate environmental protection into industrial policies and propel Germany at the forefront of the electric mobility market. The initial plan was to have one million electric drive vehicles (EVs) registered in Germany by 2020, supported by approximately €1.5 billion in federal aid [50,51]. However, recent interim reports revealed significant challenges regarding non-monetary incentives for such measures and re-adjusted their initial target for EVs to 600,000 [51,52]. Moreover, such technological perspectives of urban mobility investigate the effectiveness of intelligent transport systems, information technology, and location-based services [e.g. 18,53,54]. Past research has shown that the quality of transport information affects customers' mode of transport choice [18]. In particular, information would be most valuable to the user if traveler data were integrated [82]. Thus, it is important that multimodal travelers are provided with information prior to and during a trip [18]. According to a study by

Zografos et al. [83], frequent travelers, as well as older people, perceive the benefits of an integrated journey planning system to be more substantial than non-frequent and younger travelers.

Previous works also modeled customer preferences for urban travelers. Thereby, some authors concluded that costs and personal mobility needs outrank environmental benefits [55–57]. However, Wegener [60] indicates that transport energy will no longer be abundant due to finite fossil fuel reserves, and that in order to accomplish greenhouse gas reduction targets, transport energy must become more expensive. Especially among young adults in Germany, travel trends show decreasing levels of car ownership and use, as well as disappearing gender differences [9].

Another research stream started to assess potential new business models for mobility providers and regarded such reorientation strategies as a key megatrend in the automotive industry [38,63]. Thereby, highly integrated strategies become increasingly important while greater public and private sector synergies need to be encouraged [15,68]. In fact, authors have determined that the types of value resulting from inter-firm relationships have changed over the years from operational performance improvements towards a stronger focus on integration-based values, such as improved collaboration and partnerships [84]. For instance, the growing importance of car-sharing is expected to support changes in mobility patterns [63–65]: Many experts believe that electric mobility will only be successful if suitable car-sharing models are created [e.g. 63,67]. In a study recently conducted by Schäfers [85], more than half of the participating companies perceived it feasible to combine car-sharing with electric mobility in the future. Other research streams focus on modeling the effectiveness of incentives and regulation [e.g. 48,73,74], marketing [e.g. 77], and fare types in public transport [77,79,80].

Overall, previous publications primarily dealt with rather myopic views and did not adequately consider multi-stakeholder perspectives of corporations, public authorities, and customers. However, future mobility systems require comprehensive services for numerous stakeholders with diverse sets of target systems [e.g. 47,86]. Since a wide range of different stakeholders is seriously concerned with the urban challenges to come, collaborative countermeasures become inevitable [87,88]. To date, only few articles have addressed the topics of future mobility and relationship research. Although the decisive transformative influence of public authorities has been stressed [69–71], cross-sector synergies are rarely explicit, since the link between foresight planning activities and political decision making has often been neglected [89]. Moreover, although undeniably important, technological innovations have often only provided temporary and partial solutions [12–15]. Hence, the broader vision of the urban transport system tends to be neglected, in favor of focusing upon the various technological elements instead. Potter and Skinner [15] stressed the importance of developing holistic strategies that incorporate areas not traditionally associated with the transport planning process. In addition, the majority of identified publications analyzes how already prevalent structures may develop in the future but does not explicitly consider the opportunities for new business model innovations. Although numerous projects show different scenarios, such as car sharing [63–65] or new

³ Core message of MDS: the closer two points (i.e. reports or publications) are along the graphical illustration, the more similar they are regarding content or structure. Dimensions used in present urban mobility MDS: (1) currentness to see how selected topics have been publicly discussed over time; (2) planning horizon to implicitly illustrate the visionary power of the studies since the further the time horizon is from today, the more weak signals should be taken into consideration; (3) geographical focus; (4) type of study based on differences between more empirically oriented approaches and qualitative driven scenario descriptions; (5) cluster priorities with respect to content characteristics. For further information on multidimensional scaling, please refer to: Borg and Groenen [43] I. Borg, P.J.F. Groenen, *Modern multidimensional scaling: Theory and applications*, Springer, 2005, and Cox and Cox [44] T.F. Cox, M.A.A. Cox, *Multidimensional scaling*, Chapman & Hall/CRC, 2000. MDS was created using the program "Permap" [45] R.B. Heady, J.L. Lucas, PERMAP: An interactive program for making perceptual maps, *Behavior Research Methods*, 29 (1997) 450–455.

ARTICLE IN PRESS

4

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

Table 1
Studies concerning the future of urban mobility in scientific research (excerpt).

Research scope	Key findings
Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of the unfolding technological competition and the most probable technologies for the upcoming decade [46] • Developments in low emission vehicles [47] • Battery-powered and plug-in hybrid electric vehicles are expected to reach sustained market deployment by 2030 [48] • Integration of transport and energy system is crucial; biofuels are not able to solve the problems within the transport sector [49] • National Platform for Electric Mobility (NPE) aim to integrate climate protection with industrial politics by transforming Germany into the leading market for electric mobility [50–52] • Critique on the effectiveness of intelligent transport systems in the public transport sector to improve passenger experience and operator effectiveness [53] • Integrated multimodal travel information is expected to affect customers' modal choice: pre-trip stage vital for collecting information when planning multimodal travel [18]
Customer preferences	<ul style="list-style-type: none"> • Implications of location-based services, enabling consumers to (re)discover their proximities to products [54] • Costs and personal mobility needs outrank environmental benefits [55–57] • Customer preferences depend on three main aspects: willingness to pay, the importance of owning a car, and the energy source [58] • Travel time expected to be the most important saving [18] • Contribution of cars to total CO₂ emissions will rise to 95% of total CO₂ emissions from road passenger transport [59] • Transport energy will no longer be abundant and cheap [60] • Customers concerned that rapid technological and infrastructural developments will make current models obsolete [55] • The car represents an important overall cornerstone [38] • Continuously increasing vehicular mobility levels are unlikely to occur [61] • Travel trends among young adults in Germany: decreasing levels of car ownership and use, disappearing gender differences, increasing multimodality [9]
New business models and cross-sector synergies	<ul style="list-style-type: none"> • Review of land-use transportation scenario planning projects [62] • Increasing importance of highly integrated strategies that involve areas not traditionally considered part of the transport planning process (health, urban regeneration, and education) [15] • New business models as key megatrend in automotive industry [38,63] • Growing importance of car-sharing, supporting changes in mobility patterns [63–65] • Visions of car concepts [66] • Discussion of potential business models for electric mobility [67] • Ways to encourage greater public and private sector synergies [68]
Regulations and incentives: governance, power and institutions	<ul style="list-style-type: none"> • Significant challenges for start-ups to claim territory in the mobility system [38] • Discussion about how physical policies, soft policies, and knowledge policies aim to induce changes in consumers' and firms' behaviors [69] • Decisive transformative influence of politics; however, policy decisions highly influenced by the power of carmakers in Germany, leading to only incremental changes [70] • National policy creates pressure for local content, driving production close to end markets; study of the consequences of powerful lead firms that drive the automotive industry [71] • Key role of policy drivers in both supply-side innovation and demand-side change [72] • Financial incentives influencing customers' transport decisions are controversially discussed [58] • Size of direct financial incentives determines purchasing behavior and market share for electric vehicles, preconditioned accurate timing [48,73] • Relevance of increasing subsidies for sustainable mobility modes is questioned, implying impact only under certain circumstances [74] • Review of interventions to change transport behavior, especially to reduce car use [75]
Public transport and modal diversion	<ul style="list-style-type: none"> • Distance-based road charging restricts traffic growth, while congestion-based road charging, urban transport investments, and new fuel technologies improve energy efficiency [76] • Recommendation to market public transport information simultaneously with public transport use [77] • Well-implemented flexible transport services have the potential to revitalize bus-based public transportation services [78] • Effect of fare type on ridership varies by mode and ticket to travelcard prices; limited effects of fare increases on ridership despite modal competition or cooperation [79] • Higher satisfaction levels of urban transit services in smaller towns than in metropolitan cities [80] • Importance of considering cognitions relating to both car use and alternative transportation in modeling transportation choice [81]

car concepts [66], they do not explicitly assess strategies for different stakeholder preferences, or limit their elaborations to innovative concepts for motorized private mobility with a unimodal transport consideration.

Consequently, by considering a variety of established concepts in foresight, including the Delphi method and a series of multi-stakeholder focus group workshops, this research makes an initial attempt towards an integrated scenario analysis of the future of urban mobility, particularly considering the diversity of stakeholders and their different opinions involved in the transition process.

2.2. Socio-technical transition, the MLP, and the conceptualization towards a multimodal system through SIM

The review of recent literature revealed the shortcomings of addressing the system of urban mobility in a holistic manner to incorporate a diverse set of stakeholders. A multimodal mobility approach has the potential to guide sustainable transition and solve today's transportation problems [9,10]. Consequently, cities need to "...respond strategically to generic pressures by developing managed systemic change in the socio-technical organization of key aspects of their infrastructure" [2, p. 479].

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? *Technol. Forecast. Soc. Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

5

We will discuss how socio-technical transition theory and the conceptualization through a SIM process can support cities in developing sustainable urban multimodal mobility systems.

Socio-technical transitions are characterized by significant technological advancements, market shifts, modified user practices, policy amendments, and alterations to cultural connotations [17]. To understand sustainable transitions, an interconnected three-level framework is offered by the multi-level perspective (MLP) [5,90]: "... (it) provides an overall view of the multi-dimensional complexity of changes in socio-technical systems" [13, p. 495]. (1) The regime level represents the established practices or institutions of a given system. Change occurs incrementally rather than radically. Technological innovations are filtered. (2) At the socio-technical niche level, experimentation and learning are encouraged. Radical innovations and novel technologies are developed and proliferated. Small networks comprise this area, which is largely protected from external influences. (3) The landscape level refers to the overall setting of tangible and intangible aspects. It creates the broader context in which actors and coalitions of actors operate, and applies pressure on existing regimes, leading to tensions and windows of opportunity. As proposed by MLP, transitions need to be managed in order to decrease the inherent uncertainty which goes along with change. Transitions involve regime shifts, where processes interact with each other at the regime level but also with other levels [13]. Socio-technical transitions typically evolve over long time spans and concern diverse stakeholders. Thereby, "in the course of such a transition (radically) new products, services, business models and organizations emerge, partly complementing, partly substituting existing ones" [16, p. 991].

SIM supports the conceptualization of a socio-technical transition to a multimodal system in urban mobility. Traditionally, SIM aims at detecting weak signals and upcoming strategic issues expected to affect organizations and their environments [33]. Dutton et al. [42, p. 308] defined a strategic issue "as an emerging development which, in the judgment of some strategic decision makers, is likely to have a significant impact on the organization's present or future strategies." SIM is highly dynamic and continuous, allowing

companies to instinctively react to a particular event, thus making them more tolerant of changing environments [91]. As an actively orchestrated process, SIM requires stakeholders within a system to adapt their strategies in order to ensure or improve the systems' sustainable performance. To analyze the complex multi-dimensional changes in socio-technical systems, we integrate the three analytical levels of MLP into the SIM process.

3. Research approach and methodology

Although various classifications for an SIM framework exist in literature [e.g.92], three generic phases have been identified to guide our conceptual framework (Fig. 1): (1) strategic issue orientation, (2) strategic issues assessment and (3) purposive strategy transition. Since strategic information is usually confidential in nature, it is necessary to consult a variety of sources in order to ensure reliable information [63]. Therefore, we considered a variety of established concepts in foresight, including three parallel Delphi surveys in real-time format [39,93] and a series of multi-stakeholder focus group workshops for data generation.

3.1. Strategic issue orientation for urban mobility system transition

3.1.1. Phase 1.1: Identification of strategic issues

Previous research has emphasized the importance of the systematic identification of strategic issues for consideration in subsequent Delphi studies [94–96]. Therefore, we pursued a rigorous phase-based procedure to unravel a list of strategic issues considered to shape the future state of urban mobility. The process was facilitated by a core team of three senior researchers with several years of experience in urban mobility research, explicitly pertaining to the multi-level transition perspective (please refer to Fig. 2).

To determine the various factors that are expected to influence the future of urban mobility, the environmental scanning approach comprised of several creative workshop sessions with the core research team in combination with searches of databases. Consequently, we compiled future-oriented urban mobility knowledge through searches of scientific databases (e.g. EBSCO, Emerald Insight, ScienceDirect,

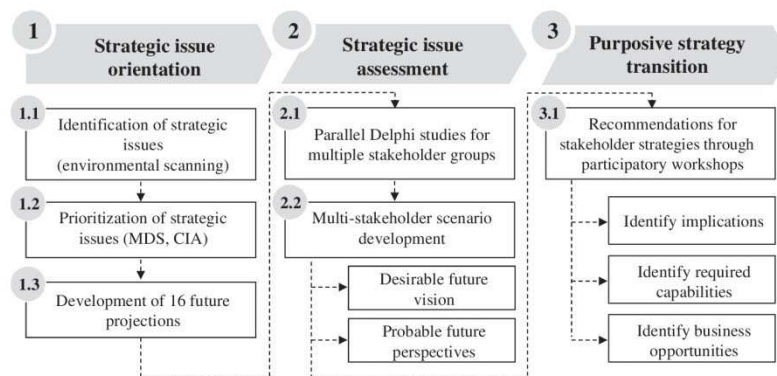


Fig. 1. Research procedure: SIM framework for purposive urban transitions. Notes: MDS: multidimensional scaling; CIA: cross-impact analysis.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

6

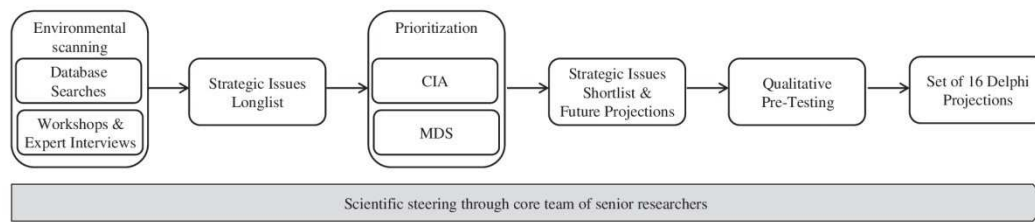
A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx*

Fig. 2. Process of strategic issue orientation. Notes: MDS: multidimensional scaling; CIA: cross-impact analysis.

Datamonitor) as well as trend databases.⁴ Furthermore, in order to cross-validate our initial set of influencing factors (i.e. issues), we consulted the representatives of the senior management of four German automobile manufacturing companies, two politicians, and five frequent urban commuters. This cross-validation of possible issues through the interaction of information-gathering methods ensured face and content validity. Overall, we compiled an initial set of 168 issues based on heterogeneous contributions. In a subsequent assessment of the core research team, the initial set of issues was narrowed to a list of 27 strategic issues with particular relevance to the topic. This scoping was done in an open discussion process, in which consensus for strategic issue selection was perceived as 100% agreement among the core team members. Thereby, particular attention was paid to avoiding similar issues under different labels.

3.1.2. Phase 1.2: Prioritization of strategic issues

Prior research on the design of Delphi surveys has demonstrated that response rates are lower and surveys are more often improperly completed, the more projections are included [97]. Therefore, our goal was to reduce the number of projections to an effective minimum. In order to comprehend the complex topic of the future urban mobility, the long list of 27 strategic issues was transferred into a cross-impact matrix⁵ [98–100] to further prioritize them for inclusion in our scenario study. Cross-impact analysis (CIA) is based on the assumption that events are interrelated rather than independent [101]. The core team members individually prioritized the strategic issues based on their highest mutual impact. Subsequent scores of individual intensity of activity and interconnectedness were calculated, leading to a final prioritization of strategic issues. We selected the top 16 strategic issues for Delphi projection formulation, based on methodological practices of CIA research,⁶ which was appraised by the researchers to represent a suitable time effort for panelists

⁴ We placed explicit attention to trend spotting and searched various trend databases for future-relevant knowledge concerning the focal topic of multimodal urban mobility: e.g. iKnow, Shaping Tomorrow, TechCast, TrendONE, TrendWiki, and Trendwatching.

⁵ Cross-impact analysis is an analytical tool for assessing and mapping relationships and interactions between system components. The analysis is performed by means of a cross-correlation matrix. We applied the software CIM 8.1. The program is able to process 8 to 30 components.

⁶ The threshold for final inclusion of strategic issues was defined by: (1) the highest level of individual intensity of activity and interconnectedness scores (sum of total active and total passive scores), (2) at least one of the total active or total passive scores was above 26 (accounting for half of the maximum number of individual intensity of activity and interconnectedness scores).

[102]. The insights from our MDS analysis on current governmental and agency reports (compare Section 2.1) further complemented the prioritization of strategic issues, which were broadly grouped into six dimensions: (1) technology and urban planning, (2) value orientation and consumption, (3) collaboration, (4) financing and capital, (5) market structure and competition, and (6) implementation lead.

3.1.3. Phase 1.3: Development of future projections

In a next step, we transformed the final set of 16 strategic issues into short, controversial Delphi projections for the year 2030. Since the formulation and development of Delphi projections influences the reliability and validity of the obtained data significantly [95,102,103], we deliberately followed methodological rules [e.g. 104]: among others concerning non-ambiguity, exclusion of conditional statements, explanation of scientific or technological terms [103,105], balance of conciseness and length [106,107], and optimal processing time reflected in length of the survey [97,108]. In order to ensure clarity in the formulation and improve ambiguous statements, cognitive interviews were held with respondents from the sample population [104,109]. Based on the results of these qualitative pre-tests, minor modifications were made. The final set of Delphi projections on the future of urban mobility is presented in Table 2.

3.2. Strategic issue assessment through parallel Delphi studies

Delphi surveys were conducted in order to obtain expert-based assessments of the strategic issue-based projections' probability of occurrence and desirability. Thereby, we objectified the process to evaluate strategic issues.

3.2.1. Phase 2.1: Concurrently performed Delphi studies

The underlying principle of the Delphi method is that group-based forecasts are considered to be more accurate, compared against those made by an individual. The method surveys experts and efficiently applies a structured dynamic group communication process to explore and interpret data, thereby avoiding negative effects such as the halo or bandwagon effect [27,110,111]. Gnatzy et al. [39] complemented the work of Gordon and Pease [93] by introducing an online Delphi survey, which provides participants feedback in real time. We applied this method to our research in order to simplify the survey process and improve the validity of the data collected by reducing the effects of panel mortality and research fatigue [112,113]. Our study combines insights from three parallel Delphi studies based on diverse target systems to multi-stakeholder scenarios. By consistently applying the same

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

7

Table 2
Projections for 2030: future of urban mobility.

Technology and urban planning	
TP1	2030: A comprehensive mobility platform for different mobility services providers has been established (e.g. integrated route and tariff planning as well as secure payment processing).
TP2	2030: The willingness of end users to share personal information ("transparent customers") allows optimal matching of mobility services to individual needs.
TP3	2030: Electric drive vehicles are a key success factor for multimodal mobility concepts.
TP4	2030: Multimodal mobility concepts have amplified tensions and conflicts in urban and regional planning.
Value orientation and consumption	
VC1	2030: Consumers primarily use well-organized multimodal mobility services (e.g. local public transportation, car sharing, railways).
VC2	2030: The traditional ownership of transportation means has become less important to end-users.
VC3	2030: Customers appreciate multimodal mobility solutions compared to motorized individual transport due to time savings.
Collaboration	
CO1	2030: Collaborations between different interest groups are the key success factor of multimodal mobility services.
CO2	2030: Public authorities have missed out on promoting collaborations in the field of multimodal mobility.
Financing and capital	
FC1	2030: Multimodal mobility has become a profitable investment.
FC2	2030: Subsidies for multimodal mobility through public authorities have been increased significantly compared to 2011.
Market structure and competition	
MC1	2030: Formerly non-active service providers in the field of mobility (e.g. IT/communication, energy supply) have become serious competitors of traditional mobility services provider and manufacturers.
MC2	2030: Car manufacturers have not been able to establish themselves as mobility services provider.
Implementation lead	
IL1	2030: Industry representatives have assumed the lead in the design of multimodal mobility in relation to customers and public authorities.
IL2	2030: Public authorities have assumed the lead in the design of multimodal mobility in relation to the industry and customer.
IL3	2030: Customers have assumed the lead in the design of multimodal mobility in relation to the industry and public authorities.

Delphi format, we ensured standardization and homogeneity of the studies and a high level of comparability. Each projection in the Delphi studies was assessed according to its expected probability (EP) and desirability (D), and arguments could be given to justify these assessments.

In order to ensure the reliability of research results, it is essential to identify and select the appropriate experts to participate in a Delphi survey [114]. Previous researchers have explicitly emphasized integrating a diverse set of viewpoints in scenario development to prevent misleading consensus of similarly oriented stakeholder opinion [115,116]. We reason that involving groups of individuals with different functional and cognitive backgrounds in evaluating strategic issues could be a way to increase ambivalence in perceptions about strategic issues. Thereby, in addition to representatives from industry and public authorities, we purposely included customers in the panels because they are mostly affected by socio-technical changes to urban mobility. In total, we identified and contacted 721 designated subject matter experts in Germany, distributed among a multitude of 12 stakeholder subgroups. Following suggestions of prior researchers [117], we thereby incorporated both easy-to-observe surface-level panel selection criteria and value characteristics as deep-level diversity dimensions. In particular, criteria in selecting panel members included type of organization, current job position and profile (particularly decision makers with foresight capabilities, such as board members, strategists, analysts, business developers, governors, and ministers), education or academic title, publications, speeches, and recommendations by peers. The final Delphi sample consisted of 201 panelists (76 industry experts, 68 public authorities, and 57 customers), accounting for a diverse

set of interests (Table 3). The overall response rate of 27.9% is sufficient for this type of survey and analysis since Delphi surveys do not aim for representativeness, rather a high degree of expertise and heterogeneous viewpoints [117–119]. The satisfactory response rate also reflects the urgency and interest in the topic, as well as the success of personal recruitment of panelists via telephone.

In order to evaluate non-response bias, we separated participants into early respondent and late respondent groups. Late respondents were considered to characterize non-respondents [120,121]. Upon introduction of a Mann-Whitney test to the data, no statistically significant discrepancies were

Table 3
Delphi participants by stakeholder group.

Stakeholder Delphi	Stakeholder subgroup	N	in %
Industry experts (IN)	Original equipment manufacturers (OEM)	23	30
	Automotive suppliers (ASU)	13	17
	Mobility services providers (MSP)	19	25
	Consulting/associations (CON)	21	28
	Subtotal	76	100
Public authorities (PA)	Federal authorities (FAU)	22	32
	District authorities (DAU)	17	25
	Local authorities (LAU)	9	13
	Public transport/organizations (PTO)	20	30
Subtotal	68	100	
Customers (CU)	Young adults (YAD)	15	26
	Employees (EMP)	20	35
	Retired persons (RET)	9	16
	Associations (ASS)	13	23
	Subtotal	57	100
Total		201	

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

8

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

observed among early and late respondents. On this basis, we deduce that the study does not exhibit non-response bias.

3.2.2. Phase 2.2: Multi-stakeholder scenario development

The results of the Delphi surveys formed the basis for the multi-stakeholder scenario development process and adjacent stakeholder strategy development. For the identification of relevant scenario content, a consensus analysis of each dimension was conducted. Thereby, a variety of analytical methods guided the development of multi-stakeholder scenario development (Fig. 3).

The results of our inter-Delphi study analysis provided the basis for our scenario levels three and two: the overall basis scenario (level 3) includes those projections where the inter-Delphi analysis results in consensus for each stakeholder group involved; level 2 demonstrates consensus among two of the three stakeholder groups involved. Overall, for inclusion of Delphi projections in the respective scenario levels, we determined that Delphi study results should show an (1) equal and (2) clear tendency in mean values on EP and D. To test for significant differences among the three Delphi panels, we conducted group comparisons on the panels based on the dependent variables of EP and D for our 16 projections. We tested for inter-group consensus in all three Delphi panels which could be achieved through any of the following three criteria: (3a) A satisfactory interquartile range (IQR), whereby we defined consensus by an IQR of not larger than 1.00 for D and 25 for EP [122,123]. (3b) Given that cognitive bias has been said to cloud human reasoning regarding probabilities of occurrence, we considered consensus based on the desirability bias [124]. In comparison to projections with neutral desirability, desirability bias has caused participants in previous Delphi surveys to judge probabilities of occurrence as higher if desirability is high and as lower if desirability is low. Consequently, some projections could have been assessed to be more likely (or unlikely) because experts consider their occurrence to

be desirable (or undesirable). (3c) Finally, the Kolmogorov–Smirnov test revealed that our score distribution significantly differed from normal distribution. Therefore, we applied non-parametric tests during our analysis. The Mann–Whitney *U* test was used to control for significant differences of the three major stakeholder groups.

For those projections that did not achieve inter-Delphi survey consensus during the previous analyses, an intra-Delphi analysis provided additional insights in the stakeholder scenarios. The projections with intra-group consensus were assigned to the respective stakeholder scenario in level 1. As a final scenario level, a subgroup comparison was conducted for those projections that could not be allocated up to this point (level 0). Furthermore, the participants' arguments (3492 in total) guided the allocation of projections in the respective multi-stakeholder scenario levels.

3.3. Phase 3.1: Purposive transition strategies: a participatory multi-stakeholder workshop approach

Based on earlier strategic issue assessments, we conducted a series of three focus group workshops to elaborate on appropriate strategies for the three stakeholder groups (industry, public authorities, and customers). The workshops with a total of 39 participants, who also participated in the Delphi surveys, were conducted in order to discuss recommendations for stakeholder strategies on the transition paths. Thereby, the discussions aimed at gaining insights in the different stakeholder objectives. The focus group method was chosen because it facilitates a small group of individuals to intensely investigate topics [125]. We restricted our focus groups to a maximum of 15 people to keep the group manageable [126]. Participants were selected based upon their positions in the organization and their high degree of commitment to the Delphi survey (according to number and length of written arguments).

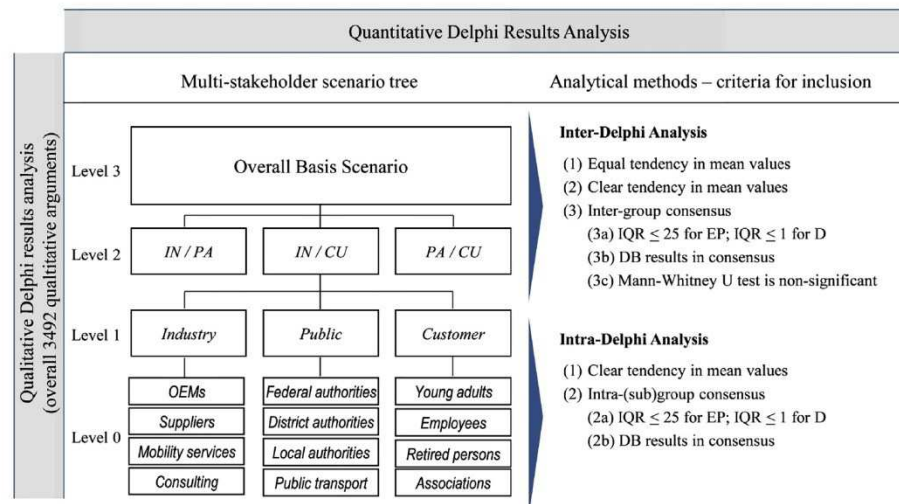


Fig. 3. Framework of multi-stakeholder scenario development. Notes: IN = industry experts; PA = public authorities; CU = customers; EP = expected probability (0–100%); D = desirability (5 pt. Likert scale; 5 = very high); IQR = interquartile range; DB = desirability bias.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx-xxx

9

The core research team of three senior researchers guided the conversation. The workshop discussions were based on previously identified dissent topics from approximately 3500 Delphi arguments (1322 arguments stemming from industry; 1246 arguments provided by public authorities; and 924 arguments stated by customers). In order to induce honest and detailed responses, specific questioning techniques were used by the moderators. In addition, various respondent reactions were prompted by considering different aspects of an issue and clarifying or amplifying where necessary. However, the moderators also ensured that the discussion was spontaneous and natural in order to promote comments and ideas unexpected or unimagined by the researchers. As a result, we were able to determine a path towards sustainable urban mobility scenarios in Germany for the year 2030 while identifying implications, capabilities required, and business opportunities for involved stakeholders.

4. Multi-stakeholder perspectives on the future of city mobility

Invited experts were asked to assess the desirability (D) and probability of occurrence (EP) of the projections on the future of urban mobility, and to provide reasons for all answers. The qualitative arguments were generated from the expert panel discussions and were used to enrich the scenario formulation and to identify influencing factors. The outlined methodological approach enables stakeholders to address multifaceted challenges of multimodal transport systems, analyze opportunities, and provide a more precise understanding of conditions required to implement such a system. Formulating scenarios presents an alternative to linear extrapolations. Due to the

considerable amount of changes expected for a wide range of different stakeholders, we conducted a multi-stakeholder analysis on the future of urban mobility.

4.1. Aggregated results for scenario development

Table 4 provides an overview of the quantitative results of our three Delphi studies, whereas Table 5 shows the summary of projection allocation based on stakeholder consensus. Based on the criteria framework for our multi-stakeholder scenario development outlined in Section 3.2.2, consensus was achieved for certain projections of the desirability dimension. Eight projections, in which consensus was achieved for all three panels, account for the basis level of the desirable scenario development [TP1, TP3, TP4, VC1, VC3, CO1-2, MC2] since dissent discussion did hardly occur between the stakeholder groups. With regards to level 2, we allocated projection FC2 to consensus among industry representatives and public authorities, while projections TP2 and IL account for consensus among public authorities and customers. Since these evaluations indicate significant differences in some cases among the three stakeholder groups, we tested for intra-group consensus (levels 1 and 0). Since projections FC1 and IL3 account for intra-group consensus, some projections only result in subgroup consensus. In three cases, dissent remained and could not even be resolved by a subgroup analysis.

Drawing on the results of the probability dimension, the average results are marked by considerable dissent among the panelists. Consensus for all three panels was achieved for only three projections [TP1, VC1, CO1] while seven projections were allocated to scenario level 2 [MC1, MC2, TP4, CO2, IL1-3]. Resulting projections were checked for intra-group consensus

Table 4
Quantitative results for the future projections.

Projections for 2030	Industry						Public authorities						Customer					
	EP statistics				D statistics		EP statistics				D statistics		EP statistics				D statistics	
	EP [%]	IQR	EP adj	IQR adj	D	IQR	EP [%]	IQR	EP adj	IQR adj	D	IQR	EP [%]	IQR	EP adj	IQR adj	D	IQR
Technology and urban planning																		
TP1 Mobility platform	69	40	54	28	4.1	1.0	77	20			4.5	1.0	70	30			4.5	1.0
TP2 Personalized information	57	24	56	23	3.0	2.0	50	30			2.4	1.0	52	35	54	34	2.5	1.0
TP3 Electric drive vehicles	59	41	47	30	3.8	1.0	51	40	50	29	3.5	1.0	54	20	49	20	3.3	1.0
TP4 Urban and regional planning	44	40			1.6	1.0	29	33	48	20	1.5	1.0	50	30			1.5	1.0
Value orientation and consumption																		
VC1 Multimodal transport	64	30			4.0	1.0	55	38			4.2	1.0	58	41			4.0	1.0
VC2 Ownership	58	50	54	39	3.2	2.0	57	36	52	33	3.9	2.0	56	40	52	27	3.2	2.0
VC3 Time savings	55	30	46	21	3.6	1.0	52	30			4.3	1.0	56	40			3.8	2.0
Collaboration																		
CO1 Collaborations	66	30			4.0	1.0	61	30	54	20	4.2	1.0	59	25			4.0	1.0
CO2 Policy promotion	53	30			2.0	1.0	44	24	63	30	1.4	0.3	55	40			1.8	1.0
Financing and capital																		
FC1 Investment opportunity	52	35	40	30	3.8	1.0	49	31	50	28	3.1	1.0	50	40			3.1	2.0
FC2 Subsidies	52	43	43	37	3.5	1.0	40	40	37	30	3.8	2.0	52	30	47	22	3.2	2.0
Market structure and competition																		
MC1 Formerly non-active players	58	40	55	25	3.1	1.0	58	35	59	23	3.3	1.0	48	40	45	27	3.2	1.0
MC2 OEMs as services provider	31	23			2.1	0.8	41	40			2.5	1.0	44	30	45	32	2.7	1.0
Implementation lead																		
IL1 Industry lead							59	39			2.8	1.0	56	20	55	27	2.9	2.0
IL2 Public authorities lead	35	30	40	20	2.4	1.0							36	30	38	23	2.7	1.0
IL3 Customer lead	33	23	33	22	3.0	2.0	41	31			3.4	1.0						

Notes: EP = Probability of occurrence (0–100%); D = Desirability (5 pt. Likert scale; 5 = very high); IQR = interquartile range; EP/IQR adj = calculated potential desirability bias; missing values for IL1, IL2, IL3 result from stakeholder-specific Delphi study design: for instance, industry experts were not requested to rate their own leading skills since we expected these ratings to be highly subjective.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

10

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

Table 5
Multi-stakeholder scenario matrix: projection allocation based on stakeholder consensus.

Scenario level	Variable-based projection allocation			
	Desirability dimension		Probability dimension	
	Low	High	Low	High
Level 3				
Basis scenario	TP4 CO2 MC2	TP1, TP3 VC1, VC3 CO1		TP1 VC1 CO1
Level 2				
IN/PA		FC2	TP4 MC2 IL3 IL2	MC1
IN/CU PA/CU	TP2 IL2			CO2 IL1
Level 1				
IN PA CU		FC1 IL3	CO2	TP2, TP3 VC2
Level 0				
IN (subgroups)		VC2 (CON) MC1 (CON) IL3(CON)		VC3(OEM, ASU, CON) FC1(MSP)
PA (subgroups)	IL1(DAU)	VC2(LAU, PTO) FC1(LAU, PTO) MC1(LAU, PTO)	VC2(DAU) VC3(DAU) FC1(FAU, DAU, LAU) FC2(DAU, PTO)	VC2(FAU, LAU, PTO) VC3(FAU, LAU)
CU (subgroups)	FC1(ASS)	FC1(YAD, EMP) FC2(YAD) MC1(ASS)	TP2(YAD, RET) VC2(RET) FC1(ASS) MC2(YAD,EMP)	TP3(YAD, RET) VC2(YAD, ASS) VC3(YAD, EMP, RET) FC1(YAD) FC2(YAD, EMP)
Dissent remains	TP2(IN) VC2(CU) IL1(CU)		TP2(PA), TP3(PA), TP4(CU) FC2(IN) MC1(CU)	

Notes: IN: industry (subgroups OEM: original equipment manufacturers; ASU: automotive suppliers; MSP: mobility services provider; CON: consulting/associations); PA: public authorities (subgroups FAU: federal authorities; DAU: district authorities; LAU: local authorities; PTO: public transport/organizations); CU: customer (subgroups YAD: young adults; EMP: employees; RET: retired persons; ASS: associations).

and in five cases, dissent could not be resolved by a subgroup analysis.

In addition to the quantitative assessments, qualitative information was evaluated; this was derived from the written arguments that were given by panelists, concerning their opinions towards projection characteristics. In previous conventional Delphi studies, conclusions were primarily drawn from the quantitative assessments. However, in recent years the qualitative results have gained more credibility [127]. We aimed at identifying underlying assumptions of experts' ratings to explore not only what experts believe, but also why they do so. As we sought to formulate scenarios that necessitated ample contextual and argumentative information, qualitative analysis was essential. Thereby, we gained insights as to which factors will advance and influence the future of urban mobility. The panel discussions were comprehensive and intense, which corresponds to the complexity of the topic. Therefore, quantitative assessment alone would not have been sufficient to understand all ambiguities.

4.2. A desirable vision of urban mobility

The vision of urban mobility describes a desired state for the year 2030, shared by a diverse set of stakeholders, to provide guidance and orientation to relevant actors [128]. In reference

to Fig. 3, the overall basis scenario (level 3) constitutes the foundation of the desirable multi-stakeholder vision, indicating consensus on projections among the entire panel.

4.2.1. City mobility 2030 is multimodal, driven by collaborations, and thereby efficient

The basis scenario is derived from consensus among the 201 panelists, where a multimodal mobility system is most desirable [VC1]. In 2030, customers will use a variety of complementary mobility options, whereby the use of private motorized vehicles will be substituted by mobility services to a significant degree. Customers will appreciate multi-modal mobility solutions compared to motorized individual transport due to time savings [VC3]. Traditional business models will expand, providing integrated mobility services to customers. A comprehensive mobility platform will facilitate integrated route and tariff planning, efficient choices of service offerings, as well as secure payment processing from a single source [TP1]. Thereby, smartphones and other mobile devices will become the omniscient companion and enabler of multimodal city travel. In the ideal case, after registering, users will be able to personalize a multimodal mobility application according to their requirements. Thereafter, location-based information about next travel options will be received based on individual travel preferences, including integrated options for motorized

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? *Technol. Forecast. Soc. Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

11

individual transport, public transport, or sharing options (e.g. car sharing, rent a bicycle, or shared-ride). This information will be filtered according to price, comfort level, as well as travel time since latest real-time information on traffic conditions will be integrated. Simultaneously, the choice of the respective transport mode(s) can be reserved while receiving the electronic booking code. When entering the respective transport mode, the user will be automatically recognized via chip or code. At the end of his or her journey—with or without a combination of different modes—the payment processes will be handled automatically. At the end of the month, the customer will receive an overview of his or her mobility account, in which all trips are listed in detail. Thereby, individuality, transparency, and data security will remain in focus: For instance, different payment systems will be offered to customers (e.g. flat rate, prepaid) and applications will be expandable to provide information on charging conditions of electric vehicles or the location of the nearest charging station.

The main prerequisite for successful future urban mobility will entail customer-oriented collaborations, comprising traditionally independent infrastructure subsystems and the public sector [CO1, CO2]. The multimodal mobility market will be controlled by corporations that provide and understand mobility as a service [MC2]. The mere production of infrastructure and transportation means will cumulatively play a minor role.

Thereby, multi-modality will allow users a convenient, ecologically-friendly and resource-optimal locomotion, making it the most appealing and sustainable form of mobility [TP3]. Traffic problems will become a thing of the past—existing resources and infrastructure will be deployed optimally in all respects [TP4].

4.3. Perspectives on the probable future of urban mobility

The outlined vision can only become a reality if it suits the determining factors and is attractive to the various stakeholder (levels) involved. The results of the main influencing factors for the probable futures showed a limited amount of overall consensus. However, since the analysis of qualitative arguments revealed that there are comprehensible explanations for both directions of future development in many of the presented topics, we derived clear indications of likely developments in the major fields. In fact, the main purpose of the exchange of arguments in a Delphi survey is to reduce the information asymmetry and to generate convergence or divergence in experts' assessments. Despite widespread dissent among experts, we clustered clear indications of likely developments of the socio-technical transition for urban mobility based on major strategic issue dimensions identified.

4.3.1. Individualization of lifestyles and flexible access to multimodal services

Lifestyles in the post-industrial society will be subject to more dynamic changes than ever before. The diversity of options in all areas of life will contribute to everyday life becoming increasingly complex. The focus will be on the need for individuality. Substantial evidence indicates that there will be the need for more flexible, individual mobility.

According to our panelists, the emotional attachment to cars will dissolve in a large portion of the population. The analysis of

projection VC2, reflecting mobility users' value orientation regarding the traditional ownership of transportation means, points to the importance of considering differing age groups during the establishment of urban mobility solutions. In particular, younger adults will no longer place mobility on the same level with car-mobility [VC2(YAD)]. More and more (young) people will consider their choice of transport more consciously and situational for many reasons. Among others, mobile, multifunctional and prestigious devices, such as smartphones, will play a major role for the generation of "digital natives". Thus, with the use of new technologies, time, attention, and budget are finite. With limited budgets, different desires have to be fulfilled and expensive items, such as cars, might lose their appeal. The car orientation, which developed for every age cohort over recent decades, will stagnate and is expected to decline in the future. However, since the majority of the panelists argue in favor of rationalizing mobility (i.e. paradigm shift) and expect modal choices to be made according to the situation, a number of retired persons regard private transportation as a status symbol even in the future that includes pride of ownership and fascinates [VC2(RET)]. Therefore, in view of continuing demographic changes, the expectations of retired persons have to be considered with particular attention.

Against this background and in the light of rising costs of mobility and a more subdued economic outlook, urban mobility requirements will be increasingly pragmatic and often resolved via multimodal transportation [VC1]. Current borders between individual and collective mobility markets—partly supported technologically—will be overcome by 2030. The social movement will turn away from universally usable transportation means towards a flexibly applicable "virtual fleet" that combines various means of transportation. Thereby, features, such as convenience (e.g. ticketing, pricing, and mobility cards), ease of use, and constant transport availability, will be key enablers. The more intuitively people can use mobility services, the more likely that multimodal mobility behavior will become a routine (and used without "thinking").

Innovative sharing options, such as car-sharing or bike-sharing, demonstrate exceptional future potential according to the Delphi panels. Thereby, the flexibility during the choice of individualized modes is expected to be more important than single technology solutions, such as the electric car. Moreover, experts expect demand responsive transport (DRT) to become increasingly prevalent in urban areas. DRT will provide shared-ride transportation according to passenger requirements in pick-up and drop-off locations. Hereby, advanced technology will be used to flexibly adapt routing and scheduling of small and medium-sized vehicles [78].

Overall, according to the survey panelists, users' modal choices will differ, depending on individual needs, personal budgets, available alternatives, and regulatory restrictions, such as low emission zones or access restrictions. In fact, there will also be future customer segments with distinct differentiation and individualization desires: customers who are willing to pay extra for safety, comfort, reliability, and swiftness.

4.3.2. System strengths—multimodality as a collaborative measure

The future of the urban mobility systems is expected to involve mobility clusters that can provide mobility services as a one-stop service. In line with previous research, our panelists valued customer-oriented collaboration as the basic condition

ARTICLE IN PRESS

12

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

for success [CO1]. It is apparent that a single company will not be able to satisfy the needs of all customers, given the complexity of the urban mobility systems. Demand for additional expertise, which in turn is present outside the traditional mobility domain will increase. Therefore, service companies and business clusters will dominate the market for multimodal mobility. Transversal “mega-operations” are expected to become mandatory and necessary for survival in the industry.

In fact, collaborative urban measures need to be seen from an even broader perspective than ever before. Due to technological, political, and social dynamics, relevant and growing system interfaces will emerge. The surveyed experts expect a shift away from individual companies offering short-term, fragmented services to strategic partnerships offering long-term mobility. City subsystems, which were formerly largely unrelated, will converge and mobility, energy and telecommunications will interlink noticeably. Corporations will be able to offer triple-networked mobility with transport, energy, and communication services. In the long-run, these convergences will lead to the development of new market segments and an extension of the traditional mobility concept. Thereby, industry representatives and policy makers from the survey expect new players, especially in the area of information and communication technology (ICT), who were formerly inactive in the mobility domain, to increasingly access the mass market of mobility [MC1]. Some have already entered the market with innovative solutions (e.g. Google, Microsoft, and Apple). Given a comparable offer, long-term competition will depend on the quality of customer data and the depth of services.

The surveyed industry representatives and public authorities expect car manufacturers to transform their business models to provide mobility services [MC2]. In addition to technical challenges, multimodal mobility will mainly be a question of marketing attractive offers. Thereby, marketing and technology are expected to be the core competencies of OEMs.

4.3.3. Integrated multimodal travel information

Modern data communication will provide unprecedented opportunities for networking in the area of mobility and will demonstrate the potential of collaborating measures between the transportation system and the ICT system. Since future urban mobility is expected to be the intelligent combination of all modes and offerings, it is conjectured that the quality of urban mobility systems that adopt a multimodal approach [TP1] will be increased through the supply of travel information. Nevertheless, there are considerable challenges involved in the integration of data derived from multiple stakeholders in the multimodal mobility domain for information and direction guidance.

An interconnected trip planning system would be the most effective way to provide individualized information to multimodal travelers [TP1]. The advantage of such an integrated and comprehensive mobility platform is indisputable: consensus was achieved among all panelists and this projection had the highest mean EP estimate of the study. Customers of urban mobility systems are primarily concerned with how to travel from one location to the next: they will require a one-stop shop solution, a synergetic overall system covering all phases of the trip through a single source. A satisfactory solution has to consider all alternatives and adapt to personal user preferences concerning time, costs, and number of hops on a trip [VC3]. Moreover,

transport uncertainties, for example due to unexpected transport disruptions, could be mitigated by sending personalized real-time information to the traveler via various means of communication (e.g. text messages, email, or other smartphone applications). From a customer perspective, this kind of comprehensive platform would offer one single Graphical User Interface (GUI), which is fed by different individual solutions based on the one-face-to-the-customer principle.

A promising interconnected multimodal mobility platform has already been set up by a European Commission-funded project called WISETRIP.⁷ Thereby, multimodal trip information is sourced from a diverse set of journey planners to provide a user-friendly communication interface. It combines multi-level information and delivers dynamic personalized data by linking and cooperating with various sources of journey planning engines. Travelers will be able to easily request information, regardless of place and time, and receive various solutions for their trip. Further developments need to consider real-time events affecting trip performance (e.g. traffic, accidents, and weather conditions) as well as mobile and social media extensions [129].

To individualize information even further, experts expect a personal mobility assistant to be available on customers' smartphones. This application would update the traffic situation and gradually learn customers' personal mobility habits, such as their usual travel times, frequent trip destinations, preferred means of transport. An increased willingness of customers to disclose personal information is therefore required to offer cumulative individualized service offerings. The transition towards future urban mobility will be driven by those who accept such personal information being used for mobility purposes—the so-called digital natives. Our Delphi foresight project participants regard themselves as being spearheads for the mobility transformation to multimodal systems. These individuals will trigger a paradigm shift in information: Rather than information being “pulled” by the customer to actively obtain travel guidance, information will be “pushed” or sent to the customer based on the stored mobility profile. By 2030, the integration of travel information will be advanced significantly through intelligent transport systems and smart vehicles. However, complete connectivity and intelligent traffic solutions will remain a vision well beyond 2030. Panel experts indicated that there will be an expected trade-off between customer convenience and company access to personal information [TP2].

4.3.4. Multimodal transport initiation through private sector leadership

The current economic situation in Germany is considerably better than in other parts of Europe. For 2012, a record amount of tax revenue is expected. Nevertheless, aspirations to reduce long-term national debt remain. The combined debt of federal, state, and local budgets in 2010 amounted to a record €2 trillion, the per capita debt to almost €25,000 and the debt ratio (i.e. the amount of public debt to GDP) amounted to just over 80% [130,131]. Accordingly, by 2030, measures for fiscal debt

⁷ WISETRIP refers to a large network of multiple E-systems that are concerned with multimodal journey planning, as well as the provision of personalized trip-related data. A further description of the system's capabilities is outlined at www.wisetrrip-eu.org.

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change* xxx (2013) xxx–xxx

13

reduction are expected to still be in place. In addition to these known and quantifiable risks, there are uncertainties about the impacts of the financial commitment to the European Union. Over the next years, EU payments for transport infrastructure and public transport services will be due. For instance, by 2014, the revision of the regionalization of federal funds for urban rail transport will have to be paid. Moreover, legislation has decided that federal government financial support of transport infrastructure in federal states shall terminate after 2019 [132].

As a consequence, the complexity of a future multimodal transport chain can (and will) not be handled by general governments independently. Increasingly, the focus will be placed on private sector leadership to design efficient multimodal mobility concepts that promise optimal operational success [IL1]. The public sector will control regulatory actions and will primarily moderate tasks and provide resources [IL2]. An adequate supply of public transport will have to be financed with less public and more private funding in the future. Government subsidies for urban transport are expected to be reduced further [FC2], leading to privatized public transport that will become partially more expensive. Moreover, despite denials from public authorities, road use charges in cities will be very likely by 2030 [TP4]. Overall, mobility users will be forced to dig deeper into their own pockets.

The participants agreed that governments will ensure multimodal mobility. Thereby, the government will safeguard the provision of basic services in terms of organization and control mechanisms (through laws), but will leave the operation to private firms. Transportation and infrastructure must be guaranteed by the government (at least roads and possible modes of transport) but implementation and execution will be the responsibility of private corporations. Thereby, mobility operators will have to cover their own costs as well as the costs for maintaining their products and services. Bidding and commissioning will be based on the principles of free market economy: the best companies will be selected. Through tariff restrictions, the government may influence the use of certain modes of transportation. The administration will be handled by infrastructure companies, with the state determining the quality management.

4.4. Stakeholders' disputes over the future of urban mobility

In order to sustain the constructive debate among the stakeholders involved in the transition process, we elaborate on conflicting stakeholder viewpoints. Since complete presentation of all controversial topics is beyond the scope of this paper, we restricted the content to three key unexpected aspects and unique findings of the multi-stakeholder scenario matrix and qualitative arguments provided by Delphi panelists.

First, while public authority experts are indecisive regarding the willingness to share personalized information for optimal mobility service offerings [TP2(PA)], industry experts endorse its prevalence. Personal needs can be better targeted with greater access to data. These panelists also expect convenience to prevail over data sensitivity since "transparent customers" already exist (e.g. social media profiling). On the contrary, panelists belonging to the users of mobility, namely young adults and retired people, would prefer to restrict the provision of personal data [TP2(YAD, RET)]. These groups fear data breaches will continue to increase

and a low level of standardization will impede implementation: depending on the mobility provider, specific requirements should have to be met as part of the system integration. Consequently, the expected spearheads for the urban mobility transformation (i.e. the so-called digital natives) cannot simply be ascertained by the inclusion of surface-level criteria, such as age differences.

Second, industry representatives picture electric drive vehicles as a key success factor for multimodal mobility concepts (TP3), since they not only account for a modified drive system, but also a system change for developing new business models that foster multimodal mobility. The alleged weaknesses of alternative drives make them an ideal complement to traditional public transport for short distances in urban settings. The electric vehicle can be integrated into multimodal concepts and help promote the meaningful integration of transport modes, particularly in conurbations. Furthermore, it is argued that electric mobility will serve as a networking function in different industries. Surprisingly, some public authority representatives are undecided concerning this issue and voice the opinion that the technology of the drive system is irrelevant to multimodal mobility concepts or that electric mobility solely accounts for a transition technology in motorized private transport [TP3(PA)]. In reality, federal, district, and local authorities as well as public transport organizations do not agree on the issue. Nonetheless, Germany is currently pursuing novel energy policies and has the most ambitious and longest-term expansion targets for renewable energy internationally. In fact, the federal government initiated the Energy Concept 2050 and the National Platform for Electric Mobility (NPE) that aims to connect climate protection with industrial policies, thus placing Germany as the leader within the market of electric mobility. Another stakeholder controversy between industry and public authorities regards the financing and capital dimension of our study. Mobility services and infrastructure providers expect multi-modal mobility to become a profitable investment by 2030 [FC1(MSP)]: as an emerging megatrend, multimodal mobility presents attractive opportunities and provides a sound return on investment. Thereby, access to (private) investors will fuel the necessary innovations. In addition, due to the diverse set of stakeholders involved, complex structures will require a variety of investors and specialists. In contrast, federal, district, and local authorities mutually agree that return on investment should not be the focus of financial investments since lucrative offers for investors mean high costs for the end user [FC1(FAU, DAU, LAU)].

5. Purposive transition strategies: towards a multimodal city design

Hasson and Keeney [133] recommended validation and continuation of Delphi findings via other methods and external knowledge. Hence, subsequent to the Delphi study, focus group workshops were held to identify the most important factors for potential users and stakeholders of multimodal mobility in order to realize sustainable mobility.

5.1. General stakeholders—strategic agenda

According to the focus groups, attractiveness will be the leading criterion to establish customer-focused integrated

ARTICLE IN PRESS

14

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

multimodal transport. Mobility systems are often designed for the comfort of operators, rather than for the needs of consumers. The focus groups derived four essential attractiveness features from a customer perspective: (1) ease of use, (2) availability, (3) the total cost of ownership, (4) and comfort.

In addition, a diversified portfolio of public and private sources of financing will be needed, including new financial instruments and a move towards the “user pays” and “polluter pays” principles. Thereby, public and private transport “pay-as-you-go” charges should be integrated while reflecting marginal costs. Integrating these costs may be achieved with global position systems (GPS), direct short-range communication, smartcards, mobile telephones, and other technological advancements.

The tenor of the focus groups was that efforts of individual sectors and actors should be better aligned. Although multiple research efforts enhance the probability of innovations and the range of solutions, joint or coordinated efforts across sectors and actors may be more effective in certain fields. Transport service providers often complain of a lack of innovative solutions. However, manufacturers of transport solutions often wait for clear market signals before developing new solutions and do not always comprehend users' needs. It is important to overcome technology lock-in and institutional ‘silo’ thinking. Existing structures and stakeholder alliances hamper full realization of the potentials of alternative modes of transportation or benchmarking examples from other industries. Innovations in adjacent city subsystems could benefit the mobility industry. Such innovations would be advantageous to transport operators, but, since they normally function at low profit margins, they do not have sufficient incentives to make investments in fresh strategies. Therefore, stimulating innovation in mobility and transport will require mobilizing not only mature segments of the transport market but also integrating them with existing or emerging players from the telecommunications, health, financial services, and energy supply sectors. As a result, a clash of interests and entrepreneurial cultures may be conducive to non-conventional and visionary thinking.

These measures will support in focusing efforts and creating new dynamics. However, to ensure quick, large-scale implementation and deployment of new transport technologies and services, public intervention may also regulate and create standards to ensure interoperability or continuity of service, ensure intellectual property rights, and provide procurement and financial incentives if the market does not respond sufficiently.

In addition to identifying general stakeholder issues, the focus groups proposed solutions for current and future challenges, targeting the three main stakeholder groups involved in the multimodal mobility system.

5.2. Industry—strategy agenda

Establishing connectivity among urban mobility subsystems appears fundamental for multimodal mobility transition. Essential conditions for the success of connected mobility are already in place and technological progress in terms of front-end and back-end technologies will advance passenger transport further: front-end technologies include cellular network technologies (i.e. long-term evolution (LTE) and 5G in the near future), Internet Protocol version 6 to

allow encryption and verification of authenticity of data packages, and near field communication (NFC) to allow unique user identification and thus secure authorization of payment transactions; back-end technologies include cloud computing, digital identity, and new methods of analysis to handle “Big Data”. The focus groups consider the ability of cars to communicate with their environments (C2E), or cars with other cars (C2C), or both (C2X) a difficult challenge in the future. However, it can be argued that technological progress makes deployment of, for instance, road-side units not a mandatory aspect, since upcoming cellular network technologies will probably allow to accommodate the car-generated traffic. Google believes that in the future, internet-based applications for C2X communication will be possible in cars via smart devices, therefore, built-in solutions will not be required [134].

Overall, to set up intelligent transport systems, networks are required. Despite technical progress, smart solutions for better traffic flow require overcoming old barriers. So far, competitors have largely limited efforts to their domains. Although technically possible, networking with other modes of transport or mobility services is hardly seen. This fragmented value chain is not only economically unsatisfactory but countervails the logic of connected mobility in which value is created in networks, intermodal and transsectorally. Nevertheless, the first intelligent transport system programs are ongoing⁸: for instance, a first field trial to test C2X opportunities and challenges is currently being held in the Frankfurt am Main region of Germany, where OEMs, suppliers, and ICT companies have bundled efforts.⁹

Nevertheless, the real quantum leap into the modern age is likely to be “Mobility 2.0”. Today, we refer to “City 2.0” as the city of the future with many intelligent components: real-time traffic management, interactive and communicative intelligent charging systems, lighting that is adapted to the requirements and the number of members present at a particular place, etc. Thereby, “Mobility 2.0” is based entirely on the city of tomorrow. Intelligent interaction among mobility modes would be a main element of such a city and available to all residents.

As previously demonstrated, some innovative solutions already exist that have not yet been broadly used by companies. For connected mobility to become a reality, they will have to rethink their business models. At present, corporations almost entirely lack comprehensive strategies for integrated mobility. Integrating changing mobility business with current business activities and processes will become critical for future sustainable success. Corporations must anticipate modified mobility behaviors by 2030 in planning endeavors. The adaptation needs to go far beyond a gradual change in the product portfolio. Firms need to deduct future business areas based on a mobility vision. Structured analysis of make-or-buy decisions is required. An appropriate strategy must be aligned to the company's individual market

⁸ Additional programs are ongoing in the U.S. (Intellidrive), in Japan Developed (Advanced Security Vehicle), France (PREDIT), United Kingdom (CHVS), Sweden (IVSS) or at the European level (CVIS, 7 SAFESPOT, Coopers).

⁹ The simTD research project, funded by German Federal Ministries, aims at shaping the future of road safety and mobility via car-to-x communication. A more detailed description of the project initiative can be found at www.simtd.org.

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

15

positioning (e.g. premium vs. low-cost vs. entry segment) and must not dilute it. In establishing an integrated business model, close integration with the traditional core business is crucial. Given the wide range of possible activities, companies need to define strategic areas in order to not miss opportunities for growth. Companies that expand into new mobility services have to base future business models on existing skills, and source expertise from other sectors via collaborative activities. Early positioning of mobility services with specific test cases (trial & error) may provide crucial information to develop comprehensive future mobility solutions. It is necessary to anticipate new competitors at critical points in the value chain—especially where customer interfaces are compromised. Especially in the initial phase, it is important to create high degrees of media coverage in order to convince potential users of certain mobility concepts.

Some mobility concepts have already been successful: especially the concept of car sharing is a showcase innovation model of the mobility services industry with tremendous potential. In 2005, there were 77,000 car sharers in Germany, using 2,600 cars; the numbers increased to 220,000 sharers and 5600 cars by 2012 [135]. Schaefers [85] determined that over 30% of the population would at least test car sharing; while approximately two-thirds have a positive attitude and would consider car sharing for private purposes. Currently, a new concept is emerging concerning private car sharing among individuals. The provider *autonetzer.de* provides a platform to find the appropriate and nearest shared car with various insurance solutions.

5.3. Public authorities—strategy agenda

Past protests against large infrastructural projects have demonstrated that it has become more difficult for public authorities to execute plans. Public opinion frequently suggests that people do not feel adequately informed about planning projects. A frequently voiced suspicion is that many citizens have become less interested in societal needs and more in preventing projects being implemented “in their own backyard”. Furthermore, a whole new dimension of citizen participation has evolved: people have started taking over parts of infrastructural planning. In the last three years, more than 400 new cooperative associations have been established to jointly develop local climate-friendly energy supply in Germany [136]. Therefore, the focus groups questioned how timely government planning actually is. With current planning procedures, affected citizens can only make objections within a limited period of time and address very specific conflicts of interest. By the time the project is made public, the primary planning of the project has already been completed and the social benefits of a project are not subject to discussion with the citizens.

Early and extensive public participation in multimodal mobility planning processes would require qualitative information, a results-oriented methodology, a culture of dialogue and an increased amount of communication in order to meet the growing need for information and citizen participation. Mobility policies will have to accommodate public participation with new designing and planning methods, in addition to the formal and prescribed procedures by law. Public

contribution to mobility projects could lead to sustainable multimodal mobility systems.

In addition, the focus groups highlighted the need to develop new business models for public and private transport services, such as shared ownership. There is general agreement that public passenger urban transport accounts for a service which cannot be provided by private organizations without governmental intervention. However, public transport requires financial support. Since governmental budgets are restricted, public transport funding by users and additional private capital is required to finance infrastructure investments. Other approaches, such as public–private–partnerships (PPP) in road construction will also be adopted for public transport and their effectiveness and efficiency can be measured empirically. In this context, public authorities should promote competition and market liberalization in the field of public transport. Although it is expected that a large portion of public transport companies would not be competitive in an open market, it is the only way to improve efficiency and make mobility more cost-effective in the future.

Furthermore, local, state, and federal governments should cooperate in allocating investments to multimodal mobility. Funding should be fairly distributed in creating transport systems. Control instruments, such as regular process reports and key performance indicators, also have to be implemented to measure if public authorities are working efficiently and if funding is being used wisely. Such measures would cause the different levels of government to compete against each other in a healthy manner. Furthermore, competition would be encouraged among regions. If one city works efficiently, it is considered to be good for its image. Other cities will strive to follow. Moreover, the focus groups discussed restructuring internal processes to reduce operational and administrative overhead, data privacy regulations, and incentive schemes for multimodal mobility including mobility counseling.

5.4. Customers—strategy agenda

During panel discussions it became apparent that the transformation towards more efficient, clean, and safe urban transport requires proactive customer support. Since more detailed and reliable information is required by consumers to improve their individual mobility situation and to attain the best offers (in terms of price, time, comfort, etc.), a comprehensive mobility platform to support such optimal information access in travel planning (i.e. information to be “pushed” to the customer) requires continuous maintenance of end-user profiles. By joint efforts, industry, public authorities, and customers continuously need to promote the substantial added value that such systems offer in multimodal mobility while simultaneously considering the voiced fear of data misuse. Furthermore, the perspectives of end-users should be considered already in the design of future mobility services. As such, end users need to communicate their ideas and become involved as “active citizens” (e.g. during citizens’ initiatives) to ensure sustainable and environmentally-friendly multimodal mobility. Overall, the greater the interest and involvement of citizens is, the more current and on large-scale multimodal mobility arises.

Finally, customers have to be willing to pay for improved mobility performance. In fact, mobility users must critically

ARTICLE IN PRESS

16

A. Spickermann et al. / Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx

examine and balance their demands: while some customers require a continuous increase in individuality and exclusiveness, their payment behavior will need to be aligned accordingly. Therefore, advancements in mobility, which cater to diverse customers' demands and needs, can be costly in terms of time, money, and effort.

6. Conclusion

This research has found that large scale changes will be necessary to deal with the challenges facing the German urban mobility systems. In fact, the mobility sector, public authorities, and customers must break away from conventional thinking. Consequently, the socio-technical transition theory guided our research and the conceptualization through a SIM process helped to analyze the complex multi-dimensional changes required in developing sustainable urban multimodal mobility systems. By applying a participatory research approach, we provided an initial attempt towards integrated multi-stakeholder scenario planning for future urban mobility. Such prospects for the future generate stimulating perspectives not only for strategic planners, but also for governmental authorities and other stakeholders in making city mobility more effective and efficient. With regards to methodological advancements, integrating multi-stakeholder viewpoints in scenario development meaningfully complements the methodology by enhancing information substance and eventually increasing the usability of scenarios. The Delphi-based SIM process provides a new functional approach concerning the various issues that surround multimodal mobility, thus allowing researchers to develop strategies and frameworks that consider the dynamic nature of the environment. Urban mobility is a highly dynamic and complex concept to consider with the goal of redesign. Therefore, we argue that a preferred vision of the future has to first be articulated before a new urban mobility system can be designed and implemented: one which is sustainable and matches user requirements.

The Delphi study results highlight that the integration of individual and public passenger transport is highly desirable and expected to be essential for future urban mobility. Thereby, multimodal mobility—a concept that uses a variety of different transport modes for travel—will increase. Overall, multimodal mobility presupposes three conditions: the presence of multiple transport means customized to the specific situation; sufficient information for the correct decision between several options in real time (especially with the support of mobile technology); and a change in social habits and behaviors.

Although there is a mixed picture for the development towards such a multimodal mobility system, we extracted major elements that will influence multimodal city design. Thereby, customers expect increasing freedom of choice in the design of their mobility chains and a variety of transport means with different goals. Nevertheless, the demand for individual locomotion and high autonomy remains. To account for multimodal options, the utilization of system strengths is indispensable. Alternative vehicle drives are expected to gain in importance, not only in terms of emission reduction but also as a meaningful supplement to traditional public transport. Intelligent transport systems with modern data communication are advancing; complete connectivity however will remain a vision beyond 2030. The private sector

leads in designing multimodal mobility systems due to more efficient approaches for commercial success.

In the course of our research, focus groups proposed solutions for current and future challenges in urban mobility systems. Technological advancements in intelligent transport system communication, including connected mobility for private and public transport, will be provided by the private sector. However, technical solutions alone are unlikely to reduce the impacts of transport to a level which is deemed sustainable. In fact, integrated strategies are necessary that also involve areas not typically associated with the transport planning process. Among others, the strategy agenda must coordinate efforts, diversify the portfolio of public and private financing, change business models, and create a renaissance of civil participation.

As with every research endeavor, this paper faced some challenges throughout the course of research and has its limitations. Although we identified the strategic issues through structured environmental scanning techniques and expert interviews, we focused on an overall and broad discussion of major aspects to keep the level of complexity manageable and the time effort required of participants reasonable. However, while accounting for such a variety of dimensions, it is important to capture the complexity of the multimodal mobility system. The authors acknowledge that the work could benefit from additional content assessment. Therefore, further research could address: (1) individual aspects identified in the present paper at a much higher level of detail; (2) discontinuities, wildcards, and weak signals since their selective inclusion may highlight new strategies and scenarios, possibly evoking a greater degree of tolerance to withstand changes within the environment and industry; (3) more in-depth dissent analysis by age, gender, functional area, and position in the organization and also by responses on probability and impact. Furthermore, we acknowledge that developments in different regions or so-called megacities differ from the German urban mobility context and therefore, to some extent, require adaptations to the recommendations presented in this paper. However, we feel that innovative socio-technical transition approaches for the German urban mobility systems can be transferred and guide as an initial field trial for developing innovative ideas: in particular, future research avenues could focus on developing countries and their enormous market potential for developing and expanding mobility infrastructure over the upcoming decades. Finally, this paper focused on passenger transport; future research could consider freight transport and even expand the scope to considering related city subsystems, such as the utilities or health system [137]. Conclusively, future research could investigate the interconnectedness of city subsystems in more depth.

Overall, we feel that multimodal mobility will become essential for city center accessibility, and its attractiveness will depend on the quality of mobility services offered. Therefore, we return to where this paper commenced: in the future, it is not about reducing mobility as such since individual mobility is the prerequisite for social participation, progress, growth, and self-realization. Rather, a socio-technical transition towards a sustainable urban mobility system should organize transportation smartly while fulfilling the multi-dimensional complexity of the changes outlined. So far, many researchers and practitioners have had a unidimensional mindset and have concentrated on vehicle transportation, primarily cars. However, this

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? *Technol. Forecast. Soc. Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx*

17

does not suit the complexity of requirements for urban mobility. We need to understand mobility systematically. Future research efforts will certainly support in broadening multimodal mobility perspectives.

Acknowledgments

We would like to thank Marcel Schmidt, Martin Zimmermann, Johannes Warth, and Janice Magel for their inputs and suggestions on the initial drafts of this research paper. Moreover,

we thank all Delphi panelists and workshop participants for the valuable participation and comments. Furthermore, we particularly appreciate the valuable support and contributions made by the Automotive Institute for Management (AIM) at EBS as well as its Advisory Board and Future Circle. The contents of this publication are partly based on work of the joint research project “Competitiveness Monitor”, funded by the German Federal Ministry of Education and Research (project reference number: 01IC10L18 A) in the course of its leading-edge cluster initiative.

Appendix A

Table 6
Studies on the future in urban mobility—agency and governmental reports.

Nr	Author(s)	Title of report	Year
1	Acatech	Mobilität 2020—Perspektiven für den Verkehr von morgen	2006
2	Alpiq	Elektrofahrzeuge: Marktpenetration in der Schweiz bis 2020	2010
3	Arthur D Little	Future of Mobility 2020	2009
4	BMVBS	Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025	2007
5	BMWí	Mobilität und Verkehr—Nachhaltigkeit, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit durch intelligenten Verkehr	2007
6	Continental	Mobilitätsstudie 2011	2011
7	DLR	Mobilität in Ballungsräumen (Literaturstudie)	2009
8	DIW Berlin	Ageing and Mobility in Germany: Are Women Taking the Fast Lane?	2009
9	EIFER	Spatial diffusion of electric vehicles in the German metropolitan region of Stuttgart	2011
10	Europcar	European Transportation & Mobility Observatory 2010	2010
11	Fraunhofer IAO u. PwC	Elektromobilität—Herausforderungen für Industrie und öffentliche Hand	2010
12	Fraunhofer ISI	Vision für nachhaltigen—Verkehr in Deutschland	2011
13	Fraunhofer IAO	Projektbeschreibung Innovationsnetzwerk FutureCar	2011
14	Hamburgisches WeltWirtschafts Institut	Mobilität—Strategie 2030	2009
15	ifmo	Zukunft der Mobilität - Szenarien für das Jahr 2020	2002
16	ifmo	Zukunft der Mobilität - Szenarien für das Jahr 2025	2005
17	ifmo	Zukunft der Mobilität - Szenarien für das Jahr 2030	2010
18	ifmo	Mobilität 2025: Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie	2008
19	InnoZ	Megatrends und Verkehrsmarkt Langfristige Auswirkungen auf den Personenverkehr	2008
20	KISD	Frauen und Mobilität 2025	2009
21	Infas, DLR	Mobilität in Deutschland 2008	2010
22	Oliver Wyman	Urbane Mobilitätskonzepten der Zukunft	2011
23	Shell	PKW-Szenarien bis 2030	2009
24	Stadt Hannover	Masterplan Mobilität 2025	2011
25	Stadt Tübingen	Mobilität 2030	2010
26	TU Braunschweig	Mobilitäts-Stadt-Region 2030	2004
27	TU Dresden	Zukunft von Mobilität und Verkehr	2011
28	VDI Technologiezentrum	Elektromobilität ITA-Kurzstudie	2011
29	WBCSD	Mobility For Development	2009
30	WBCSD	Mobility 2030	2004
31	Z_Punkt	E-Mobility 2030 - Szenarien für die Region Berlin	2011
32	Z_Punkt	Nutzerverhalten und Raumplanung Regionale Infrastruktur	2011
33	Universität Siegen	Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015	2009
34	Arthur D Little	Powwertrain at the Crossroads	2009
35	Arthur D Little	Shifting Centers of Gravity	2009
36	BCG	Car Batteries: Plugging into a \$25 Billion Market	2010
37	BCG	Powering Autos to 2020	2011
38	Deloitte	A new Era—Accelerating toward 2020	2009
39	Ernst&Young	Automobilbarometer 2009	2009
40	Ernst&Young	European Automotive Survey 2009	2009
41	Ernst&Young	European Automotive Survey 2011	2011
42	IBM	Automotive 2020	2008
43	IBM	Truck 2020	2009
44	KPMG	KPMG's Global Auto Executive Survey 2010	2010
45	Market Research	Managing the Future—World vehicle forecasts and Strategies to 2020	2003
46	Market Research	Managing the Future—global Automotive Megatrends to 2030	2005
47	Oliver Wyman	Car Innovation 2015	2007
48	VDA	Antriebe und Kraftstoffe der Zukunft	2010
49	VDA	Agenda Mobilität 2020	2008

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

Appendix B

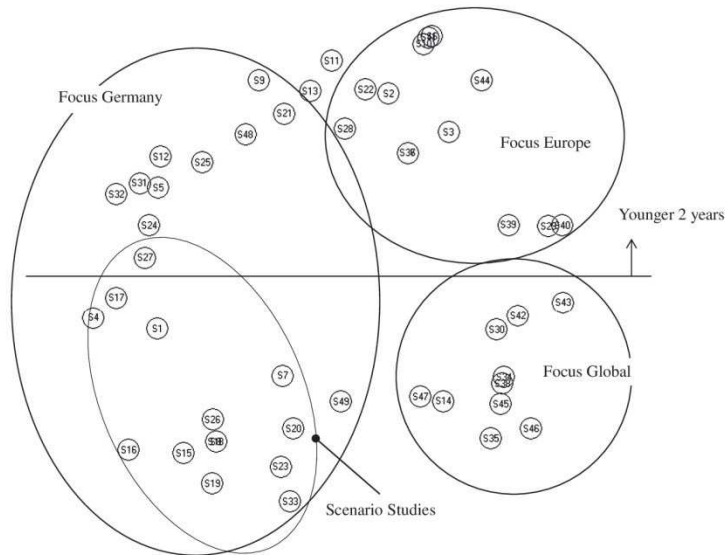


Fig. 4. MDS: Cluster priorities with respect to the structural characteristics.

Appendix C

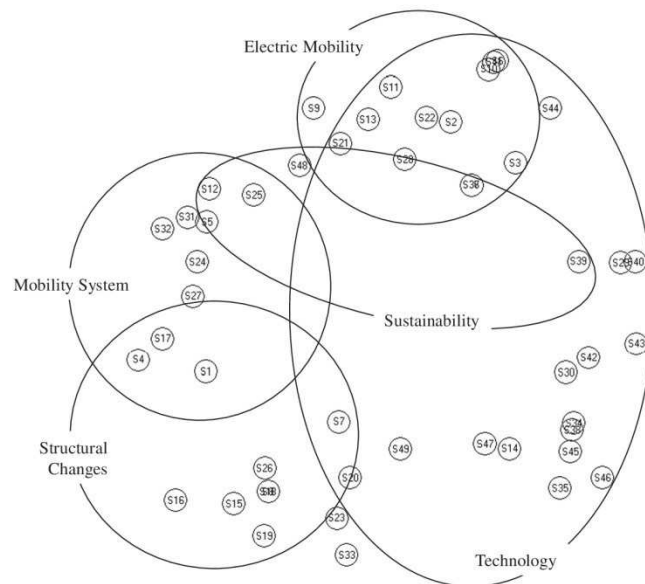


Fig. 5. MDS: Cluster priorities with respect to content characteristics.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? Technol. Forecast. Soc. Change (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx*

19

References

- [1] United Nations, World Urbanization Prospects: The 2011 Revision, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations, New York, 2011.
- [2] M. Hodson, S. Marvin, Can cities shape socio-technical transitions and how would we know if they were? *Res. Policy* 39 (2010) 477–485.
- [3] E. Störmer, B. Truffer, D. Dominguez, W. Gujer, A. Herlyn, H. Hiessl, H. Kastenholz, A. Klinke, J. Markard, M. Maurer, The exploratory analysis of trade-offs in strategic planning: lessons from Regional Infrastructure Foresight, *Technol. Forecast. Soc. Change* 76 (2009) 1150–1162.
- [4] M. Bulu, City Competitiveness and Improving Urban Subsystems: Technologies and Applications, IGI Global, USA, 2011.
- [5] F.W. Geels, J. Schot, Typology of sociotechnical transition pathways, *Res. Policy* 36 (2007) 399–417.
- [6] W. Lerner, The Future of Urban Mobility—Towards Networked, Multimodal Cities of 2050, Arthur D Little, 2011.
- [7] A. Harris, D. Tapsas, Transport and Mobility: Challenges, Innovations and Improvements, 2006.
- [8] D. Schrank, T. Lomax, S. Turner, TTI's 2010 Urban Mobility Report, Texas Transportation Institute, 2010.
- [9] T. Kuhnimhof, R. Buehler, M. Wirtz, D. Kalinowska, Travel trends among young adults in Germany: increasing multimodality and declining car use for men, *J. Transp. Geogr.* 24 (2012) 443–450.
- [10] R. Van Nes, P.H.L. Bovy, Multimodal traveling and its impact on urban transit network design, *J. Adv. Transp.* 38 (2004) 225–241.
- [11] A. McKinnon, J. Edwards, M. Piecyk, A. Palmer, Traffic congestion, reliability and logistical performance: a multi-sectoral assessment, *Int. J. Logist.: Res. Appl.* 12 (2009) 331–345.
- [12] J.C.J.M. Van den Bergh, B. Truffer, G. Kallis, Environmental innovation and societal transitions: introduction and overview, *Environ. Innov. Soc. Transit.* 1 (2011) 1–23.
- [13] F.W. Geels, Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective, *Res. Policy* 39 (2010) 495–510.
- [14] S. Economides, C. Han, S. Orowitsch, I. Scoullou, W. Nuttall, Paradigm shift for future mobility: a cross country analysis of behavioural policies, *Procedia-Soc. Behav. Sci.* 48 (2012) 2588–2596.
- [15] S. Potter, M.J. Skinner, On transport integration: a contribution to better understanding, *Futures* 32 (2000) 275–287.
- [16] J. Farla, J. Markard, R. Raven, L. Coenen, Sustainability transitions in the making: a closer look at actors, strategies and resources, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 991–998.
- [17] F.W. Geels, From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory, *Res. Policy* 33 (2004) 897–920.
- [18] J.-W. Grotenhuis, B.W. Wiegman, P. Rietveld, The desired quality of integrated multimodal travel information in public transport: customer needs for time and effort savings, *Transp. Policy* 14 (2007) 27–38.
- [19] R. van Nes, Design of Multimodal Transport Networks, A Hierarchical Approach, T2002/5, September 2002, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands, 2002.
- [20] C. Nielsen, M. Thangadurai, Janus and the Delphi Oracle: entering the new world of international business research, *J. Int. Manag.* 13 (2007) 147–163.
- [21] R. Vecchiato, C. Roveda, Strategic foresight in corporate organizations: handling the effect and response uncertainty of technology and social drivers of change, *Technol. Forecast. Soc. Change* 77 (2010) 1527–1539.
- [22] A.L. Porter, W.B. Ashton, G. Clar, J.F. Coates, K. Cuhls, S.W. Cunningham, K. Ducatel, P. van der Duin, L. Georgehiou, T. Gordon, H. Linstone, V. Marchau, G. Massari, I. Miles, M. Mogee, A. Salo, F. Scapolo, R. Smits, W. Thissen, Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods, *Technol. Forecast. Soc. Change* 71 (2004) 287–303.
- [23] J. McKenzie, N. Woolf, C. van Winkelen, C. Morgan, Cognition in strategic decision making: a model of non-conventional thinking capacities for complex situations, *Manag. Decis.* 47 (2009) 209–232.
- [24] G. Wright, P. Goodwin, Decision making and planning under low levels of predictability: enhancing the scenario method, *Int. J. Forecast.* 25 (2009) 813–825.
- [25] A. Wilkinson, Scenarios practices: in search of theory, *J. Futur. Stud.* 13 (2009) 107–114.
- [26] A. Curry, Acting on the future, in: B. Sharpe, K. Van der Heijden (Eds.), *Scenarios for Success: Turning Insights in to Action*, John Wiley & Sons, Chichester, 2007, pp. 339–372.
- [27] H.A. Linstone, M. Turoff, Delphi: a brief look backward and forward, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1712–1719.
- [28] J. Landeta, J. Barutia, People consultation to construct the future: a Delphi application, *Int. J. Forecast.* 27 (2011) 134–151.
- [29] C.A. Varum, C. Melo, Directions in scenario planning literature—a review of the past decades, *Futures* 42 (2010) 355–369.
- [30] P.C. Nutt, Hybrid planning methods, *Acad. Manag. Rev.* 7 (1982) 442–454.
- [31] R. Chambers, Participatory Workshops: A Sourcebook of 21 Sets of Ideas and Activities, Earthscan/James & James, 2002.
- [32] P. Street, Scenario workshops: a participatory approach to sustainable urban living? *Futures* 29 (1997) 139–158.
- [33] H.J. Ansoff, Strategic issue management, *Strateg. Manag. J.* 1 (1980) 131–148.
- [34] F. Liebl, J.O. Schwarz, Normality of the future: trend diagnosis for strategic foresight, *Futures* 42 (2010) 313–327.
- [35] J.O. Schwarz, Assessing future disorders in organizations: implications for diagnosing and treating schizophrenic, depressed or paranoid organizations, *Foresight* 9 (2007) 15–26.
- [36] J. Keller, B. Förster, H.A. von der Gracht, I.-L. Darkow, Crafting strategy for consumer goods supply chains by the use of Delphi-based strategic issue management, *Int. J. Phys. Dis. Logist. Manag.* (IJPDLM) 44 (2014)(accepted for publication).
- [37] T.J. Chermack, K. Nimon, The effects of scenario planning on participant decision-making style, *Hum. Resour. Dev. Q.* 19 (2008) 351–372.
- [38] P. Wells, P. Nieuwenhuis, Transition failure: understanding continuity in the automotive industry, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1681–1692.
- [39] T. Gnatzy, J. Warth, H. von der Gracht, I.-L. Darkow, Validating an innovative real-time Delphi approach—a methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1681–1694.
- [40] T. Könnölä, V. Brummer, A. Salo, Diversity in foresight: insights from the fostering of innovation ideas, *Technol. Forecast. Soc. Change* 74 (2007) 608–626.
- [41] A.S.K. Pang, Futures 2.0: rethinking the discipline, *Foresight* 12 (2010) 5–20.
- [42] J.E. Dutton, L. Fahey, V.K. Narayanan, Toward understanding strategic issue diagnosis, *Strateg. Manag. J.* 4 (1983) 307–323.
- [43] I. Borg, P.J.F. Groenen, *Modern Multidimensional Scaling: Theory and Applications*, Springer, 2005.
- [44] T.F. Cox, M.A.A. Cox, *Multidimensional Scaling*, Chapman & Hall/CRC, 2000.
- [45] R.B. Heady, J.L. Lucas, PERMAP: an interactive program for making perceptual maps, *Behav. Res. Methods* 29 (1997) 450–455.
- [46] T. Magnusson, C. Berggren, Entering an era of ferment—radical vs incrementalist strategies in automotive power train development, *Technol. Anal. Strateg. Manag.* 23 (2011) 313–330.
- [47] V. Oltra, M. Saint Jean, Sectoral systems of environmental innovation: an application to the French automotive industry, *Technol. Forecast. Soc. Change* 76 (2009) 567–583.
- [48] A. Zubaryeva, C. Thiel, E. Barbone, A. Mercier, Assessing factors for the identification of potential lead markets for electrified vehicles in Europe: expert opinion elicitation, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1622–1637.
- [49] B.V. Mathiesen, H. Lund, P. Nørgaard, Integrated transport and renewable energy systems, *Util. Policy* 16 (2008) 107–116.
- [50] German Federal Government, German Federal Government's National Electric Mobility Development Plan, Berlin, 2009.
- [51] German Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Regierungsprogramm Elektromobilität: Übersicht zu umgesetzten oder initiierten Maßnahmen, German Federal Government Joint Unit for Electric Mobility (GGEMO), Berlin, 2012.
- [52] German Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Progress Report of the German National Platform for Electric Mobility (Third Report), German Federal Government Joint Unit for Electric Mobility (GGEMO), Berlin, 2012.
- [53] J.D. Nelson, C. Mulley, The impact of the application of new technology on public transport service provision and the passenger experience: A focus on implementation in Australia, *Res. Transp. Econ.* 39 (2013) 300–308.
- [54] M.W. Wilson, Location-based services, conspicuous mobility, and the location-aware future, *Geoforum* 43 (2012) 1266–1275.
- [55] E. Graham-Rowe, Mainstream consumers driving plug-in battery-electric and plug-in hybrid electric cars: a qualitative analysis of responses and evaluations, *Transp. Res. A Policy Pract.* 46 (2012) 140–153.
- [56] S. Musti, K.M. Kockelman, Evolution of the household vehicle fleet: anticipating fleet composition, PHEV adoption and GHG emissions in Austin, Texas, *Transp. Res. A Policy Pract.* 45 (2011) 707–720.
- [57] A. Ziegler, J. Schwarzkopf, V.H. Hoffmann, Stated versus revealed knowledge: determinants of offsetting CO₂ emissions from fuel consumption in vehicle use, *Energy Policy* 40 (2012) 422–431.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? *Technol. Forecast. Soc. Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

20

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx*

- [58] M. Zimmermann, I.-L. Darkow, H.A. von der Gracht, Integrating Delphi and participatory backcasting in pursuit of trustworthiness—the case of electric mobility in Germany, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1605–1621.
- [59] J. Paravantis, D. Georgakellos, Trends in energy consumption and carbon dioxide emissions of passenger cars and buses, *Technol. Forecast. Soc. Change* 74 (2007) 682–707.
- [60] M. Wegener, The future of mobility in cities: challenges for urban modelling, *Transp. Policy* 29 (2013) 275–282.
- [61] P. Moriarty, D. Honnery, Low-mobility: the future of transport, *Futures* 40 (2008) 865–872.
- [62] K. Bartholomew, Land use-transportation scenario planning: promise and reality, *Transportation* 34 (2007) 397–412.
- [63] B. Budde, F. Alkemade, K.M. Weber, Expectations as a key to understanding actor strategies in the field of fuel cell and hydrogen vehicles, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1072–1083.
- [64] J. Fimkorn, Triangulation of two methods measuring the impacts of a free-floating carsharing system in Germany, *Transp. Res. A Policy Pract.* 46 (2012) 1654–1672.
- [65] C. Costain, C. Ardron, K.N. Habib, Synopsis of users' behaviour of a carsharing program: a case study in Toronto, *Transp. Res. A Policy Pract.* 46 (2012) 421–434.
- [66] W. Mitchell, C. Borroni-Bird, L. Burns, *Re-Inventing the Automobile: Urban Mobility for the 21st Century*, MIT Press, Cambridge, MA, 2010.
- [67] F. Key, C. Lerch, D. Dallinger, New business models for electric cars—a holistic approach, *Energy Policy* 39 (2011) 3392–3403.
- [68] P. Jones, Developing sustainable transport for the next generation: the need for a multi-sector approach, *IATSS Res.* 35 (2012) 41–47.
- [69] G. Santos, H. Behrendt, A. Teytelboym, Part II: Policy instruments for sustainable road transport, *Res. Transp. Econ.* 28 (2010) 46–91.
- [70] J. Hildermeier, A. Villareal, Shaping an emerging market for electric cars: how politics in France and Germany transform the European automotive industry, *Eur. Rev. Ind. Econ. Policy* 3 (2011).
- [71] T. Sturgeon, J. Van Biesebroeck, G. Gereffi, Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry, *J. Econ. Geogr.* 8 (2008) 297–321.
- [72] L. Whitmarsh, J. Kohler, Climate change and cars in the EU: the roles of auto firms, consumers, and policy in responding to global environmental change, *Camb. J. Regions, Econ. Soc.* 3 (2010) 427–441.
- [73] A. Higgins, P. Paevere, J. Gardner, G. Quezada, Combining choice modelling and multi-criteria analysis for technology diffusion: an application to the uptake of electric vehicles, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1399–1412.
- [74] S. Shepherd, P. Bonsall, G. Harrison, Factors affecting future demand for electric vehicles: a model based study, *Transp. Policy* 20 (2012) 62–74.
- [75] E. Graham-Rowe, S. Skippon, B. Gardner, C. Abraham, Can we reduce car use and, if so, how? A review of available evidence, *Transp. Res. A Policy Pract.* 45 (2011) 401–418.
- [76] K. Chatterjee, A. Gordon, Planning for an unpredictable future: transport in Great Britain in 2030, *Transp. Policy* 13 (2006) 254–264.
- [77] S. Farag, G. Lyons, To use or not to use? An empirical study of pre-trip public transport information for business and leisure trips and comparison with car travel, *Transp. Policy* 20 (2012) 82–92.
- [78] C. Mulley, J.D. Nelson, Flexible transport services: a new market opportunity for public transport, *Res. Transp. Econ.* 25 (2009) 39–45.
- [79] K. Kkritza, M.G. Karlaftis, F.L. Mannering, Estimating multimodal transit ridership with a varying fare structure, *Transp. Res. A Policy Pract.* 45 (2011) 148–160.
- [80] M. Diana, Measuring the satisfaction of multimodal travelers for local transit services in different urban contexts, *Transp. Res. A Policy Pract.* 46 (2012) 1–11.
- [81] B. Gardner, C. Abraham, Going green? Modeling the impact of environmental concerns and perceptions of transportation alternatives on decisions to drive, *J. Appl. Soc. Psychol.* 40 (2010) 831–849.
- [82] S. Kenyon, G. Lyons, The value of integrated multimodal traveller information and its potential contribution to modal change, *Transport. Res. F: Traffic Psychol. Behav.* 6 (2003) 1–21.
- [83] K.G. Zografos, K.N. Androutsopoulos, E. Apospori, User acceptance and willingness to pay for the use of multimodal trip planning systems, *Procedia—Soc. Behav. Sci.* 48 (2012) 2405–2414.
- [84] R. Terpend, B.B. Tyler, D.R. Krause, R.B. Handfield, Buyer–supplier relationships: derived value over two decades, *J. Supply Chain Manag.* 44 (2008) 28–55.
- [85] T. Schäfers, *AIM Carsharing-Barometer Vol. II*, Automotive Institute for Management (AIM), EBS Universität für Wirtschaft und Recht, 2012.
- [86] W. Loose, M. Mohr, C. Nobis, Assessment of the future development of car sharing in Germany and related opportunities, *Transp. Rev.* 26 (2006) 365–382.
- [87] P. de Faria, F. Lima, R. Santos, Cooperation in innovation activities: the importance of partners, *Res. Policy* 39 (2010) 1082–1092.
- [88] R.E. Miles, C.C. Snow, G. Miles, *TheFuture.org*, *Long Range Plann.* 33 (2000) 300–321.
- [89] E.A. Eriksson, K.M. Weber, Adaptive foresight: navigating the complex landscape of policy strategies, *Technol. Forecast. Soc. Change* 75 (2008) 462–482.
- [90] F.W. Geels, Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, *Res. Policy* 31 (2002) 1257–1274.
- [91] B.R. Barringer, A.C. Bluedorn, The relationship between corporate entrepreneurship and strategic management, *Strateg. Manag. J.* 20 (1999) 421–444.
- [92] S.D. Julian, J.C. Ofori-Dankwa, Toward an integrative cartography of two strategic issue diagnosis frameworks, *Strateg. Manag. J.* 29 (2008) 93–114.
- [93] T. Gordon, A. Pease, RT Delphi: an efficient, “round-less” almost real time Delphi method, *Technol. Forecast. Soc. Change* 73 (2006) 321–333.
- [94] D. Loveridge, On Delphi questions, Ideas in Progress, The University of Manchester, Manchester, 2002.
- [95] H.A. von der Gracht, I.L. Darkow, Scenarios for the logistics services industry: a Delphi-based analysis for 2025, *Int. J. Prod. Econ.* 127 (2010) 46–59.
- [96] J. Warth, H.A. von der Gracht, I.-L. Darkow, A dissent-based approach for multi-stakeholder scenario development—the future of electric drive vehicles, *Technol. Forecast. Soc. Change* 80 (2013) 566–583.
- [97] F.J. Parenté, J.K. Anderson-Parenté, Delphi inquiry systems, *Judgmental Forecast.* (1987) 129–156.
- [98] K.-T. Cho, C.-S. Kwon, Hierarchies with dependence of technological alternatives: a cross-impact hierarchy process, *Eur. J. Oper. Res.* 156 (2004) 420–432.
- [99] W. Weimer-Jehle, Cross-impact balances: a system-theoretical approach to cross-impact analysis, *Technol. Forecast. Soc. Change* 73 (2006) 334–361.
- [100] C. Choi, S. Kim, Y. Park, A patent-based cross impact analysis for quantitative estimation of technological impact: the case of information and communication technology, *Technol. Forecast. Soc. Change* 74 (2007) 1296–1314.
- [101] V.A. Bañuls, M. Turoff, Scenario construction via Delphi and cross-impact analysis, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1579–1602.
- [102] J. Warth, H.A. von der Gracht, I.-L. Darkow, A dissent-based approach for multi-stakeholder scenario development—the future of electric drive vehicles, *Technol. Forecast. Soc. Change* 80 (2013) 566–583.
- [103] D. Loveridge, On Delphi questions (No. 31), The University of Manchester, Manchester, 2002.
- [104] D.A. Dillman, *Mail and Internet Surveys: The Tailored Design Method*, 2nd ed. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2007.
- [105] G. Rowe, G. Wright, Expert opinions in forecasting: the role of the Delphi technique, in: J.S. Armstrong (Ed.), *Principles of Forecasting: A Handbook for Researchers and Practitioners*, International Series in Operations Research and Management Science/Kluwer Academic, Boston; Dordrecht and London, 2001, pp. 125–144.
- [106] H.A. Linstone, M. Turoff, *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Addison-Wesley, 1976.
- [107] J.R. Salancik, W. Wenger, E. Helffer, The construction of Delphi event statements, *Technol. Forecast. Soc. Change* 3 (1971) 65–73.
- [108] V. Mitchell, Assessing the reliability and validity of questionnaires, *J. Appl. Manag. Stud.* 5 (1996) 199.
- [109] N.M. Bradburn, S. Sudman, B. Wansink, *Asking Questions: The Definitive Guide to Questionnaire Design—For Market Research, Political Polls, and Social and Health Questionnaires*, Revised Edition, Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2004.
- [110] H.A. von der Gracht, Consensus measurement in Delphi studies: review and implications for future quality assurance, *Technol. Forecast. Soc. Change* 79 (2012) 1525–1536.
- [111] S.J. Van Zolingen, C.A. Klaassen, Selection processes in a Delphi study about key qualifications in Senior Secondary Vocational Education, *Technol. Forecast. Soc. Change* 70 (2003) 317–340.
- [112] M.R. Geist, Using the Delphi method to engage stakeholders: a comparison of two studies, *Eval. Program Plann.* 33 (2010) 147–154.
- [113] T.J. Gordon, A. Pease, RT Delphi: an efficient, “round-less” almost real time Delphi method, *Technol. Forecast. Soc. Change* 73 (2006) 321–333.
- [114] G. Welty, Problems of selecting experts for Delphi exercises, *Acad. Manag. J.* 15 (1972) 121–124.
- [115] G. Cairns, G. Wright, K. Van der Heijden, R. Bradfield, G. Burt, Enhancing foresight between multiple agencies: issues in the use of scenario thinking to overcome fragmentation, *Futures* 38 (2006) 1010–1025.

Please cite this article as: A. Spickermann, et al., Heading towards a multimodal city of the future? *Technol. Forecast. Soc. Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.036>

ARTICLE IN PRESS

A. Spickermann et al. / *Technological Forecasting & Social Change xxx (2013) xxx–xxx*

- [116] G. Wright, G. Cairns, *Scenario Thinking: Practical Approaches to the Future*, Palgrave Macmillan, 2011.
- [117] A. Spickermann, M. Zimmermann, H.A. von der Gracht, Surface-and deep-level diversity in panel selection—exploring diversity effects on response behaviour in foresight, *Technological Forecasting and Social Change* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.04.009>.
- [118] M. Adler, E. Ziglio, *Gazing into the Oracle: The Delphi Method and its Application to Social Policy and Public Health*, Jessica Kingsley Publishers, Bristol, PA, 1996.
- [119] C. Hussler, P. Muller, P. Rondé, Is diversity in Delphi panelist groups useful? Evidence from a French forecasting exercise on the future of nuclear energy, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1642–1653.
- [120] V.D. De Rada, Measure and control of non-response in a mail survey, *Eur. J. Mark.* 39 (2005) 16–32.
- [121] J.S. Armstrong, T.S. Overton, Estimating nonresponse bias in mail surveys, *J. Mark. Res.* 14 (1977) 396–402.
- [122] E. De Vet, J. Brug, J. De Nooijer, A. Dijkstra, N.K. De Vries, Determinants of forward stage transitions: A Delphi study, *Health Educ. Res.* 20 (2005) 195–205.
- [123] M. Scheibe, M. Skutsch, J. Schofer, Experiments in Delphi methodology, in: H.A. Linstone, M. Turoff (Eds.), *The Delphi Method—Techniques and Applications*, Addison-Wesley, Reading, 1975, pp. 262–287.
- [124] P. Ecken, T. Gnatzy, H.A. von der Gracht, Desirability bias in foresight: consequences for decision quality based on Delphi results, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1654–1670.
- [125] V.S. Rodrigues, M. Piecyk, A. Potter, A. McKinnon, M. Naim, J. Edwards, Assessing the application of focus groups as a method for collecting data in logistics, *Int. J. Logist.: Res. Appl.* 13 (2010) 75–94.
- [126] J. Landeta, J. Barrutia, A. Lertxundi, Hybrid Delphi: a methodology to facilitate contribution from experts in professional contexts, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1629–1641.
- [127] P. Rikkinen, J. Kaivo-oja, J. Aakkula, Delphi expert panels in the scenario-based strategic planning of agriculture, *Foresight* 8 (2006) 66–81.
- [128] J. Quist, W. Thissen, P.J. Vergragt, The impact and spin-off of participatory backcasting: from vision to niche, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 883–897.
- [129] V. Spitzadakis, M. Fostieri, WISETRIP—international multimodal journey planning and delivery of personalized trip information, *Procedia—Soc. Behav. Sci.* 48 (2012) 1294–1303.
- [130] Federal Statistical Office of Germany, Combined Debt of the Overall Public Budget as of 31.12.2010, 2011.
- [131] German Federal Bank, Results of Financial Accounts for Germany from 2006 to 2011, 2012.
- [132] F. Hunsicker, C. Sommer, Mobilitätskosten 2030: Autofahrer ÖPNV-Nutzung werden teurer: Ein vergleichende Abschätzung vs. ÖPNV, *Int. Verkehrswesen* 61 (2009) 367–376.
- [133] F. Hasson, S. Keeney, Enhancing rigour in the Delphi research, *Technol. Forecast. Soc. Change* 78 (2011) 1695–1700.
- [134] W. Bernhart, P. Grosse Kleimann, M. Hoffmann, *Automotive scape 2025: Opportunities and Challenges Ahead*, Roland Strategy Consultants, Munich, 2011.
- [135] Car Sharing Association, Development of car sharing in Germany, 2012.
- [136] Renewable Energy Agency, The Monthly Review of the Renewable Energy Agency: Renew July '12, 2012.
- [137] M.I. Piecyk, A.C. McKinnon, Forecasting the carbon footprint freight transport in 2020, *Int. J. Prod. Econ.* 128 (2010) 31–40.

Alexander Spickermann is an external doctoral candidate at the Supply Chain Management at the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg (Germany). He holds an MSc in General Management from EBS Business School with a focus on supply chain management, financial accounting, and foresight. With several years of professional consulting experience in strategy and process optimization for industries, Mr. Spickermann specialises in the development of methodologies for foresight analyses, innovation management, and scenario strategy development in his doctoral research.

Since 2007 **Prof. Dr.-Ing. Volker Grienitz** is the chair head of the professorship for Industrial Engineering at the University of Applied Sciences in Osnabrück, Germany. Mr. Grienitz studied Industrial Engineering, specialising in automation engineering and did his doctor's degree in technology management. He's got long-time practical and management experience and was the competence centre "strategic planning" in the technology management consultancy UNITY AG for eight years. His research focuses on scenario technique, production system engineering and technology innovation management.

Dr. Heiko A. von der Gracht is an external Post-doctoral Researcher at the Business School in Wiesbaden, Germany, and Head of the Think Tank for Futures Management at the Institute of Corporate Education e. V. (ICE), which is supported and sponsored by KPMG in Germany. His research interests include corporate foresight, Delphi and scenario technique, decision support, and foresight support systems. His works have been published in several books and in peer-reviewed journals, among others in *Technological Forecasting & Social Change*, *Futures*, *European Journal of Business Research*, and *Business & Society*.

A 33 [WGA11]

21st International Conference on Production Research

SITE SELECTION STRATEGIES FOR SMALL AND MEDIUM SIZED MANUFACTURING ENTERPRISES IN A GLOBALIZED WORLD

M. Weyrich, V. Grienitz, G. Adlbrecht

Department of Mechanical Engineering
Institute of Production Engineering
Paul-Bonatz-Straße 9-11
57068 Siegen
Germany

Abstract

Large multinational companies such as automotive OEMs are well organized in managing multiple locations around the world. Thereby they are deploying complex manufacturing networks following vendor management strategies. However, small and medium sized companies in high wage countries do have challenges in identifying the right strategy towards globalization. Especially medium sized production sites in low wage vs. high wage countries are under dispute.

This paper presents on the one hand, aspects towards the benefit of a production in high wage countries. On the other hand, approaches are studied that recommend international locations and assess their impacts to SME. An analysis of SME case studies is presented that highlights the different aspects, especially with respect to their manifold stakeholder-dependencies, regional networks or economy of scale.

But what are the strategies, success factors, decision criteria and key performance indicators in the site selection process? Lead interviews with entrepreneurs of companies in Germany and Asia have been conducted and evaluated. Additionally, this paper provides a detailed secondary literature review to support the cases.

Keywords:

Global production, site planning, choice of location, outsourcing manufacturing, offshore business

1 BACKGROUND

An important development in the current economy is the rising economic globalization which includes geographical extensions of production networks. The global market is becoming more and more competitive and companies are forced to develop strategies to cope with the new changes and opportunities. Thereby the strategic orientation will be the critical decision criteria for the firm's future success. According to this point of view firms can follow different types of strategies. BARTLETT and GOSHAL name them as multinational, global and international. The different types of strategic orientation have certain benefits and disadvantages and therefore companies have to make their own choices by comparing their internal goals with the effects of the prospective strategic orientation and how this can be matched together.

2 INTRODUCTION

The production industry in Germany generates almost 25% of its national output. Over decades products from Germany are demanded from all over the world. But this statement has slowly changed. Many countries are able to cover their own requirements by producing themselves and others are producing goods in a more cost-effective environment.

Germany's OEMs and also small and medium sized enterprises (SMEs) have to face new requirements in a global world. Apparently the question of profitability of the production location Germany appears. MCKINSEY presents in his studies the strengths of the production location Germany in comparison to the rest of the world. The labor productivity for instance is relatively high because of applying of lean manufacturing and the high degree of automation. Among other things the well functional infrastructure and the high qualified personal are Germany's flagships [1] [2].

Despite these good factors the production industry lays under a high pressure. According to MCKINSEY the

number of employees has dramatically decreased the last years. The main reason and problem is the small possibility of growth in Germany. Even the good competitive position and the high innovation potential in comparison to the competitors are not sufficient to solve this problem. MCKINSEY makes serious location disadvantages responsible for this trend. Mainly three factors are mentioned which have a high negatively influence on the production location Germany. High labor costs, skilled worker shortage and low flexibility are the main reasons concerning the disadvantages of the production location and make it less important for national and foreign firms and investments [1].

In this research, titled "Site selection strategies for small and medium sized manufacturing enterprises in a globalized world", the authors are concentrated on two points of views. The first one concerns to outsourcing and its relevance for SMEs and how it can be used as a method for competitiveness. The second view lies on the production location Germany. It contains the analysis of the different factors which can be used as competitive factors against foreign competitors.

Therefore this research has following research questions:

- Offshoring is used as an economic method to stay competitive in a globalized world.
- The production location Germany is receding more and more in importance for national industries.

3 MOTIVATION

Globalization is a sustained process, which has started over decades ago. It has established new opportunities for international economic activities between global firms. Many authors have already discussed the influence and the impact of globalization on large firms, but just a few have focused their research on small and medium sized enterprises. The authors of this article are motivated to conduct this research focused on Germany's small and

medium sized enterprises, because of their high relevance for the domestic markets. In general SMEs play a significant role when it comes to the rate of employment and local content. Therefore the question appears how the globalization has influenced Germany's SMEs and how the firms cope with the new challenges.

The author's interest is it to identify how offshoring, as a common method for large firms to be competitive in a globalized world, has been practiced by SMEs. Moreover to determine the strategic alignment of such companies and to recognize a common pattern has also motivated the authors to write this article.

4 GENERAL DISCUSSION ON SITE SELECTION STRATEGIES

According to the study from Deutschen Industrie- und Handelskammertags (DIHK), many German firms are planning to effect high investments in foreign countries. Thereby many SMEs are attracted to build up new plants, mainly in the east part of Europe. The European Union provides numerous of advantages such as tax advantages and mobility. Also China and other countries in Asia will play a significant role in the near future [3].

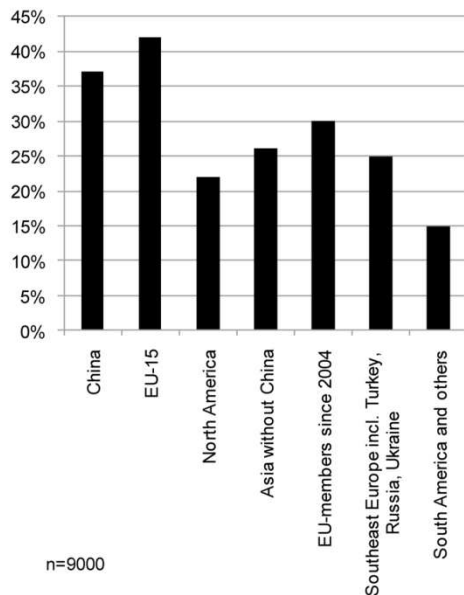


Figure 1: Investments of industrial companies in foreign countries, DIHK 2010 [3].

4.1 Reasons for decentralism

Offshoring is one method to stay competitive. Large and medium sized companies outsource and offshore large parts of their production and also to some extent service activities. Therefore firms are increasingly incorporated in global production and knowledge networks [4].

Offshoring is not a new phenomenon, rather it has been increasing since the Second World War, and especially rapidly in the 1990s [5]. With China's accedence to the World Trade Organization in 2001 offshoring adepted a further major boom [6].

Consequently many companies have changed from a national to a multi-national company. Offshoring and

therefore following global production has revealed benefits over decades, such as stronger price competitiveness, adaptability to local markets, avoiding trade barriers and foreign exchange losses [7]. But however the increasingly popularity of the global production model also has shown risks and weaknesses for companies.

Over the last decades almost all trade barriers have been degraded and therefore new opportunities have appeared for companies. Flexibility in moving and reducing costs are some benefits due to this development [8] [9].

German firms overall aim, by deciding to invest in foreign markets, is to reduce and cut high labor costs. According to KINKEL 80% of all industries in the manufacturing sector stressing Germany's high labor costs as a motivation to produce abroad. In low cost countries the labor costs are almost 50% lower than in high wage countries like Germany [10]. Therefore many firms start up to build new plants in such low wage countries to produce cheaper and hence to gain cost advantage, which has an important role to be competitive [11] [12].

To be competitive in such a global world requires strategies. Focus on cost advantage is one strategy but the literature also reveals other reasons for outsourcing and offshoring.

The research made by DEUTSCHE BANK mentions another important aspect why offshoring makes sense. The opportunity of entering into new markets and therefore customer proximity allows firms to grow and to build new strengths. Global networking and customer service are trends from nowadays business. Transport costs will be dissolved and risks of oversea trading are reduced. Hence companies are able to react instantly due to their local appearance [12] [13].

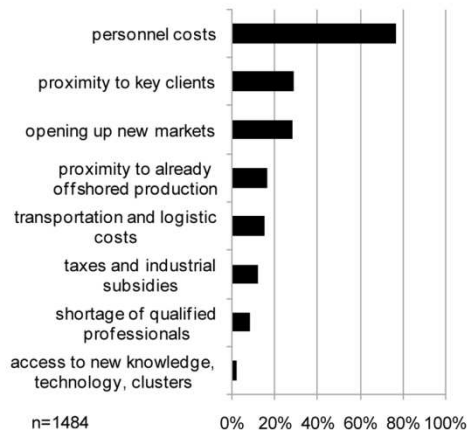


Figure 2: Reasons for offshoring, Fraunhofer ISI 2009 [18].

Another significant reason why offshoring generally makes sense is the fact of the less possibility for new innovations in Germany. It is hard to find investors who are willing to do high investments and support new innovations. The fear of going wrong is too risky for the most. Abroad firms can find easily investors and therefore new projects and products can be easily developed and presented. Thereby young and innovative personal can be implemented in the abroad plant. Germany, instead, prevails a lack of young and innovative personal. Skilled worker shortage forces many companies to offshore some parts of their company to survive and to meet with the competitive environment.

4.2 Reasons for centralism

Despite all offshoring and outsourcing trends the manufacturing sector is among the most important business sectors in Germany with 8.1 million workers. The German manufacturing industry is in a leading position with its export share of roughly 37% [14].

A centralized strategy stands in opposite to a decentralized strategy. It is linked with a national orientation of the company. Entrepreneurs which are following a centralized strategy are usually keeping production plants in one specific location and are deeply rooted in the area.

A strategy for these enterprises to survive in the international competition is the consequent usage of regional networking which consists of cooperation with other local firms. In many cases entrepreneurs describe the importance of regional networking when it is missing at their offshore location [10].

Often named strategic factors for Germany as production location are good trained employees, the high quality level in production and the good access to technologies. Germany's efficient research and education infrastructure also provides good conditions for SMEs [14].

Another strategic factor is the efficient and splendidly constructed infrastructure in Germany. Since the east enlargements of the European Union in 2004 and 2007 Germany is located in the mid of Europe and holds a strategic position in the European market. VON RANDOW describes a relationship between the attractiveness of Germany as a production location and the capability of the freight traffic and logistic system. According to the Former state secretary in the Federal Ministry of Economics and Technology further major strategic advantages are Germany's big sales market, its high-performance air- and seaports of international importance and legal compliance, which is a significant factor for investment decisions [15].

In the evaluation-process of an offshore location the acceleration time to secure the necessary process safeness, quality and productivity is underestimated in many cases. Furthermore the costs concerning coordinating and supervising the newly established offshore enterprises are underestimated and often assigned to the wrong branches. According to KINKEL et al. the supporting costs in automotive enterprises in the start-up phase can go up to 10% of the total costs [16].

At least many family-owned businesses do feel a responsibility for Germany or especially for their home region and closure themselves from the more and more growing offshoring trend in the German production sector.

5 KEY PERFORMANCE INDICATORS AND DECISION CRITERIAS

The authors' main task is it to identify the most important success factors, decision criterions and key performance indicators for the site selection process for small and medium sized manufacturing enterprises. Therefore, more than 30 entrepreneurs of companies actively in the automotive sector, mechanical and energy engineering as well as in the sanitary sector were asked.

Based on a detailed literature research the authors developed a catalogue of criteria and a questionnaire. Their interviews were oriented toward obtaining information on the entrepreneur's personal experiences and opinions on globalization issues. In the second step the focus lays on the identification of the main reasons for the relocation of production capacities from Germany to other countries. Further they checked out with their questionnaire if they could resume or certify remarkable offshoring trends addressed in several papers and research studies about Global Production. On the other

hand the authors would like to learn about the decisive reasons for SMEs in the worldwide competition to keep to an old custom by remaining with their capacities in Germany.

Within their survey the authors received 21 replies from well-known SMEs largely actively in the worldwide competition. Most of the companies, with an average business volume of nearly 200 million EUR, are located in North Rhine-Westphalia. The bulk of the companies employ less than 500 people, but even some companies with up to 5000 employees were interviewed. Every second entrepreneur is running production capacities in a foreign country. Most of them in the northern and mid America established in the 1980th and 1990th. Also a trend of shifting interests to countries in Eastern Europe after the east-expansion of the European Union in 2004 and to Asia in general after the year 2000 can be figured out.

According to the questionnaire the average mentioned strategic orientation of the asked companies is the leadership in quality and technology. The leadership in innovation finished third with a result of 70% of all votes.

Remarkable is the correlation between the strategic orientation of the SMEs and the fact of executing offshoring. Referred to the questionnaire all firms which are not maintaining an offshore location set up quality, technology and innovation leadership as their primary objectives. Therefore the German production location is still sufficient enough. Unlike companies which have marked the importance of the production next to the OEMs, cost leadership and high deliver reliability, as their primary strategic orientation, have been maintaining and planning offshore locations.



Figure 3: Strategic orientation of the interviewed SMEs.

Based on the used resources the importance of globalization even to SMEs raised up immediately over the last two decades. This was confirmed by nearly all entrepreneurs. Throughout they verified a very high influence of globalization to their companies due to entirely integration into the worldwide market. They also stated that the globalization has a positive up to very positive effect on their business.

On the other hand every second entrepreneur is planning to go to a foreign country in the near future. With 40% China is mentioned by the major part of the entrepreneur as there foreign location in planning. Every fifth company is planning to go to Eastern Europe or to Northern and Mid America. Only some isolated voices are dropped on India and Asia-Pacific region including countries like Korea, Malaysia or Vietnam. This makes clear that the future market is China and this goes around with the fact that the

most important factors of deciding for offshore locations are customer proximity and access into new markets.

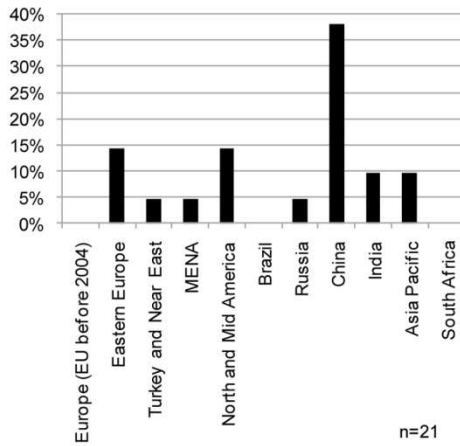


Figure 4: Future foreign investments by countries.

The last part of the interview has the intention to identify important factors for the site selection process and finally to expose the factors showing the competitiveness of Germany as production location.

Due to the entrepreneurs the two most relevant factors of deciding for offshore locations are "customer proximity" and the "availability of skilled worker". These two attributes were ranked top with a very high value of 4.35 and 4.25 within the maximum value of 5.00 points, respectively. Another two factors are "access into new markets" (4.15) as well as "political, economical and legal stability" (4.10). The factor with the lowest weighting in the decision process for a new production location is "low environmental restrictions" with only 2.50 points. This message is in contrast to many publications about the site selection process. In our opinion this is because many entrepreneurs are thinking of this fact, but because of public discussions they are not willing to address their views on this issue in the public.



Figure 5: Factors for Germany's competitiveness.

The author's last intention was to identify factors for Germany's competitiveness in the worldwide tournament.

With 95% of all votes "good trained employees" is ranked top. This correlates with the fact that the "availability of skilled worker" was ranked as a factor with high importance in the site selection process. 67% of the interviewed entrepreneurs identified the "high quality level in production" as trend-setting factor of the production location Germany. Furthermore the "high productivity of labor" and the "efficient infrastructure" received more than 50% of the votes.

Next to the above named factors many interviewed entrepreneurs mentioned the very high importance of regional networking to many SMEs. Especially among SME with less than 1000 employees regional networking is very propagated and an important part of their business strategy. More than 80% of all companies in the metal and electronic sector are cooperating in any wise [17]. This cooperation is based on the thought that a group of companies is more influential in the worldwide than a single company.

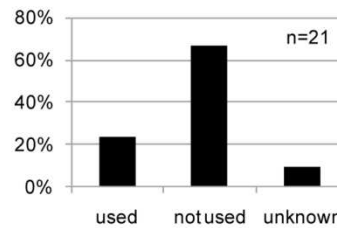


Figure 6: Usage of country ratings in site selection process.

Country ratings are indicators for chances and risks, which can be expected due to political, social, economical and legal developments, in foreign markets. The majority of those interviewed stated that they did not use country ratings in their evaluation process. Only a quarter made use of this resource and to 10% it was unknown.

6 SITE SELECTION STRATEGIES

6.1 Discussion on centralized and decentralized orientation

Mainly all interviewed enterprises have next to their production plants in Germany, offshore locations in low wage countries. The most of these plants were established over the last 20 years. In fact this research and other literatures reveal China as the upcoming location for many German SMEs. In the authors opinion this development is based on the current mainstream orientation from the leading global players, rather than profound economical analyzed facts. The foreign commitment provides many benefits but also the national industrial market represents strength and hence all of the interviewed enterprises maintain both, national and international plants. Moreover the political stability, high quality assurance and skilled worker are critical benefits of Germany's industry. But these factors are limited concerning the amount and availability of time. Germany has to cope with the demographic change. This development has already affected the national industry and will have a higher impact on the near future [1]. The strength of Germany will be dissolved and has to be compensated by new innovative products and processes. Although many literatures reveal a new trend of backshoring, the authors of this research cannot be confirmed this statement. In "Modernisierung der Produktion" KINKEL stated that on every third company going to a foreign country one company is coming back to Germany [18]. In the authors' study no

company was involved in a past or future process of backshoring there capacities. This means that no one of the interviewed companies were ever involved in dismissing a plant in a foreign country and going back to Germany.

In conclusion the research exposes a dichotomy under the interviewed enterprises. On the one hand the companies focused on a local and on the other hand the companies following a global orientation. It is to emphasize that most of the local oriented entrepreneurs do not plan foreign commitments, but on the other side nearly every company, which is already acting internationally, is planning further international investments.

6.2 Characteristics of local, global, international and multinational orientation

Generally it is hard to formulate specific site selection strategies for SMEs. The internal strategies, of each SME, play an important role when it comes to the decision of the future orientation. The importance of the decisive factors depends on their different industrial sectors. For instance the heavy industry and the processing industry of raw materials need to have a direct access to the source of raw materials. Whereas the environmental restrictions play a significant role for the chemical industry. For the consumer industry the proximity to the customers and beneficial infrastructure are mentionable criteria etc. [19].

Local firms are mainly firms, which are keeping one enterprise in one specific location. Whereas local firms also can be called regional enterprises if the company keeps more than one plant within a geographical region [19]. According to this research and the interviewed enterprises there are generally few local firms. Moreover all of the companies do have foreign production plants. Due to this perception the existing of pure local firms within the small and medium sized enterprises segment raised to question.

Nowadays companies are acting globally and have plants in international markets. A clear distinction can be formulated between multinational, global and international. Multinational enterprises are characterized by their numerous foreign production plants in different locations. Global firms are more centralized, which means that the operative decision process is overall made by the center in

the country of origin. The international strategy is a hybrid between the multinational and global strategy. Decisions are made either by the central organization or by the decentralized organization abroad [20].

The following table has summarized the basic difference between the different forms of international strategies. It includes the aspects of the configuration of values and abilities, the role of the foreign enterprise, the development and diffusion of knowledge, the mentality and the different benefits and disadvantages.

6.3 Summary of essential research findings

Finally according to the author's literature review, survey and personal experience the following statements are important indicators for the site selection strategy of SMEs.

On the one hand the strengths of Germany have to be exploited, which includes the focus on innovation and research and development. Referred to one outcome of this research all firms which maintain their overall objectives as technology, quality and innovation do not execute offshore locations. This fact emphasizes the importance of Germany's production location by now. Besides to these criteria the hard skills play a significant role for many SMEs. The availability and productivity of good trained employees, the high level of production and the efficient infrastructure are mentioned with high relevance by the interviewed enterprises.

And on the other side offshoring has to be practiced to explore new markets and to expand networks. A well analyzed offshoring project can be profitable for every firm, rather than to follow the mainstream by choosing the most popular offshore location.

Based on the literature review, the low personal costs in many foreign production plants, the proximity to customers and entering into new markets are critical benefits. Around the year 2004 these kind of benefits were occupied in Eastern Europe. Since this date the authors recognized a new trend concerning the location of production plants. Many small and medium sized manufacturing enterprises have built up and are planning to invest in production plants in Asia, especially in China. Additionally this

Table 1: Different types of strategies, based on [21].

Characteristics	Multinational	Global	International
Configuration of values and abilities	Decentralized single national	Centralized	Core competences are centralized and the other decentralized
Role of the foreign enterprise	To recognize and to make use of market chances	To implement the strategy from the headquarter	To apply and adapt strategies from the headquarter
Development and diffusion of knowledge	The development and diffusion of knowledge takes place independently	The development and diffusion of knowledge takes place at the headquarter	The development and diffusion of knowledge takes place at the headquarter Transfer to the foreign firms
Mentality	The management treats the foreign plant as an independent company within its portfolio	Foreign firms are used as channels for the international markets	The management treats the foreign plant as an appendix from the headquarter
Pros/Cons	Flexibility of the organization Strength in local innovation / Loss of efficiency through fragmentation of activities	High effects of synergy and scales / No possibility to react locally	Comprises the multinational and global benefits / Less possibility of adaption on the local market in comparison to the multinational strategy

research also provides the fact that only 24% of the interviewed firms have used country ratings as a tool to select offshore locations and moreover to elaborate a certain strategy. This has raised doubts to what extent strategic decisions are mainly based on.

7 CONCLUSION

The major findings of this paper are based on the lead interviews and secondary literature review. It has been discussed that specific strategies for SMEs depends strongly on the goals and specific circumstances within the different industries. Therefore site selection strategies have to be tailored for every single SME individually. Nowadays a hybrid between centralized and decentralized orientation could ensure a competitive position.

In the future the way of handling with ambidextrousness, concerning innovation and economical behavior, may be critical for the success of SMEs in the globalized world. This form of organization contains the factors of exploration and exploitation. Exploration is the function of discovering new concepts and innovations, whereas exploitation is the proceeding of the everyday operative business of each firm. Due to an ever faster changing environment the combination of all three types of strategic orientations can be the key for success. BARTLETT and GOSHAL define this strategic form as transnational, which unites the benefits of all the other strategic orientations. Many OEMs have already proceeded this step and in the near future also the SMEs have to adapt this procedure just to cope with the global challenges.

It is also to recommend selecting an offshoring location, which includes a support of a competence center to ensure of getting reliable selection criteria. Until now many local firms are on their own and without any professional support. A well and solid worked out masterplan, concerning offshoring projects, could be one essential key for the success of the business venture.

Essentially this research provides fundamental rudiments but it has also a limited view of the overall trend and therefore the survey has to be more elaborated to guarantee a general validity.

8 REFERENCES

- [1] McKinsey & Company, 2009, Made in Germany, Zukunftsperspektiven für die Produktion in Deutschland.
- [2] Schraft R.D., 2004, Automatisierung sichert Standort Deutschland, *The Manufacturer* 1 (2004), No.1 (Juli), 13.
- [3] DIHK, 2010, Auslandsinvestitionen in der Industrie, 14-18.
- [4] Henderson J., Dicken P., Hess M., Coe N. & Yeung H., 2002, Global production networks and the analysis of economic development, *Review of International Political Economy*, 9(3), 436-464.
- [5] Kobayashi-Hillary M., 2004, *Outsourcing to India: The Offshore Advantage*, Springer Verlag, Berlin.
- [6] Dressler S., 2007, *Shared Services, Business Process Outsourcing und Offshoring: Die moderne Ausgestaltung des Back Office - Wege zu Kostensenkung und mehr Effizienz im Unternehmen*, Gabler Verlag, Wiesbaden, 120.
- [7] Groeßler A., 2010, An Exploratory Study of Differences in Manufacturing strategy between National and Global Production Firms, *Journal of Management and Strategy*, Vol. 1, No. 1, December 2010.
- [8] Farrell D., 2004, Beyond Offshoring: Assess Your Companies Global Potential, *Harvard Business Review*, 82/12, 82-90.
- [9] Grienitz V., Schmidt A.-M., Ley S., 2009, *Zukunftsstudie zur Wettbewerbsfähigkeit der Automobilzulieferindustrie in Südwestfalen 2015. Ein Wegweiser für die Automobilzulieferer*, 15.
- [10] Kinkel S., 2009, *Erfolgsfaktor Standortplanung: In- und ausländische Standorte richtig bewerten*, Springer Verlag, Berlin.
- [11] Porter M.E., 1985, *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, New York.
- [12] Pantleon T., Weyrich M., 2007, *DaimlerChrysler Research and Technology India: "Captive Offshore-Services from India"*, DaimlerChrysler AG EDM/CAE Forum, Stuttgart.
- [13] Deutsche Bank Research, 2009, *Dynamische Vielfalt als Chance*.
- [14] Federal Ministry of Education and Research, 2008, *Production Research: Solutions Made in Germany for Production and Close-to-Production Services*.
- [15] von Randow M., 2008, *Güterverkehr und Logistik als tragende Säule der Wirtschaft zukunftssicher gestalten*, In: Baumgarten H., *Der Beste in der Logistik. Innovationen, Strategien, Umsetzungen*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 2008, 47-53.
- [16] Kinkel S., Zanker C., Lay G., Maloca S., Seydel P., 2007, *Globale Produktionsstrategien in der Automobilzulieferindustrie*, Springer Verlag, Berlin.
- [17] Lay G., Kinkel S., 2000, *Regionale Kooperationen und globale Präsenz der deutschen Investitionsgüterindustrie*. In: *Industrie-Management* 16 (2000).
- [18] Fraunhofer ISI, Kinkel S., 2009, *Modernisierung der Produktion*.
- [19] Günther H.-O., Tempelmeier H., 2009, *Produktion und Logistik*, Springer-Verlag GmbH, 70.
- [20] Schierenbeck H., 2003, *Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre*, Oldenbourg Wissenschafts-Verlag, München, 42.
- [21] Bartlett C., Goshal S., 2002, *Managing Across Borders: The Transnational Solution*, Harvard Business Press.