

„...natürlich Chemie!“  
Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und  
naturbezogenen Kontexten  
Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II

DISSERTATION  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Pädagogik

vorgelegt von  
Daniela Krischer  
aus Siegen

eingereicht bei der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
der Universität Siegen  
Siegen 2014

gedruckt auf alterungsbeständigem holz- und säurefreiem Papier

Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Gröger

Zweitgutachter: Prof. Dr. Michael Anton

Datum der Disputation: 18.05.2015

Prüfer:  
Prof. Dr. Martin Gröger (Didaktik der Chemie)  
Prof. Dr. Michael Anton (Didaktik und Mathematik der Chemie)  
Prof. Dr. Oliver Schwarz (Didaktik der Physik)  
Prof. Dr. Gregor Nickel (Funktionalanalysis und Philosophie der Mathematik)

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Summary .....	2
„...natürlich Chemie!“. Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II	
Teil I: Theoretische Grundlagen .....	3
Einleitung.....	3
I.1 Chemieunterricht in naturbezogenen Kontexten und naturnaher Umgebung – eine begriffliche Annäherung.....	5
I.2 Begründung des Themas.....	11
I.2.1 Die Bewertung von Chemie und Natur .....	11
I.2.2 Auswirkungen auf den Schulunterricht.....	17
I.2.3 Interventionsansätze der Chemiedidaktik .....	20
I.2.4 Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept.....	23
I.3 Nachhaltigkeit als „epochaltypisches Schlüsselproblem“ .....	24
I.3.1 Der Begriff „Nachhaltigkeit“ .....	24
I.3.2 Starke und schwache Nachhaltigkeit .....	26
I.3.3 Bildung für nachhaltige Entwicklung.....	28
I.3.4 Etablierung einer BNE im Chemieunterricht.....	32
I.3.5 Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept.....	35
I.4 Motivation zu nachhaltigem Handeln .....	36
Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept.....	43
I.5 Exkurs: Hermann Fischers „Stoff-Wechsel“ .....	45
I.6 Umsetzung der vorgestellten Ideen im Unterricht .....	48
I.6.1 Chemie im Kontext .....	48
Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept.....	51
I.6.2 Das Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“ und Peter Borrows Chemistry Trails .....	51
Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept.....	53
Teil II: Statistische Erhebung .....	55
II.1 Untersuchungsdesign und Durchführung der Erhebung .....	55

II.2 Auswertung der Erhebung .....	60
II.2.1 Sichtung und Analyse der qualitativen Daten .....	60
II.2.2 Ergebnisse der Auswertung der qualitativen Daten .....	63
Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept .....	71
II.2.3 Sichtung und Analyse der quantitativen Daten .....	72
II.2.4 Ergebnisse der Auswertung der quantitativen Daten .....	72
Interpretation und Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept .....	76
II.2.5 Verbindung qualitativer und quantitativer Auswertung .....	77
II.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen .....	81
Teil III: Das Unterrichtskonzept „...natürlich Chemie!“ .....	82
III.1 Grundlagen .....	82
III.2 Entwicklung der Unterrichtsmodule .....	85
III.3 Darstellung der Module .....	87
III.3.1 Modul 1: <i>Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur</i> .....	88
Thematische und inhaltliche Aspekte .....	88
Materialgestaltung .....	95
Anbindung an den Lehrplan von NRW .....	100
Kompetenzerwerb .....	100
Unterrichtsgang .....	102
Zusammenfassung .....	104
III.3.2 Modul 2: <i>Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie</i> .....	106
Thematische und inhaltliche Aspekte .....	106
Materialgestaltung .....	115
Anbindung an den Lehrplan von NRW .....	125
Kompetenzerwerb .....	126
Unterrichtsgang .....	128
Zusammenfassung .....	130
III.3.3 Modul 3: <i>Die Milch macht's! Ja was denn?</i> .....	132
Thematische und inhaltliche Aspekte .....	132
Materialgestaltung .....	139
Anbindung an den Lehrplan .....	147
Kompetenzerwerb .....	148
Unterrichtsgang .....	149
Zusammenfassung .....	151
Teil IV: Fazit .....	153

Literaturverzeichnis.....	160
Abbildungsverzeichnis.....	172
Tabellenverzeichnis.....	173
Anhang .....	174

## **Abkürzungsverzeichnis**

BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BLK	Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CHiK	Chemie im Kontext
EIC	Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“
MSA	measure of sampling adequacy
MW	Mittelwert
SKK	Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland
MSW	Ministerium für Schule und Weiterbildung
PLA	Polyactide

## Zusammenfassung

Obwohl viele natürliche Phänomene auf chemischen Prozessen beruhen, herrscht in weiten Teilen der Bevölkerung eine antagonistische Sicht auf Chemie und Natur vor: Chemie wird ablehnend betrachtet und zumeist mit Industrie und Technik assoziiert; Natur ist dagegen äußerst positiv besetzt und wird häufig idealisiert und romantisiert. Eine Verbindung beider Konzepte wird kaum wahrgenommen. Diese Tendenzen werden einerseits in der Literatur vielfach beschrieben und konnten andererseits im Rahmen einer im Frühjahr 2013 durchgeführten Erhebung an Schulen im Raum Siegen und Olpe belegt werden. Eine solche antagonistische Vorstellung ist aus wissenschaftlicher und didaktischer Sicht nicht weittragend, stellt Chemie schlussendlich nur eine mögliche Sicht auf Welt und somit auch auf Natur dar.

Eine stärkere kognitive und emotionale Verknüpfung von Chemie und Natur könnte hier einen vielversprechenden Interventionsansatz des Chemieunterrichts darstellen. Das Unterrichtskonzept „...*natürlich* Chemie!“ stellt einen praktisch umsetzbaren Ansatz dar, mit dem verstärkt Naturbezüge in den regulären Chemieunterricht integriert werden können. Dabei sollen traditionelle Inhalte nicht verdrängt, sondern der Bezugsrahmen für den Chemieunterricht erweitert werden.

Da die Natur als stoffliche Grundlage unserer Lebensbedingungen in den Blick genommen wird, können zugleich Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung leicht integriert werden, was sowohl politisch gefordert ist als auch – vor dem Hintergrund der Ergebnisse der durchgeführten Erhebung – realgesellschaftlich geboten scheint.

In Anlehnung an das etablierte Unterrichtskonzept *CHiK* wurden drei Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufen I und II entwickelt: (1) *Süß und spannend – Honig im Fokus der Chemie*, (2) *Die Milch macht's – ja was denn?* und (3) *Zu Risiken und Nebenwirkungen - Medizin aus der Natur*.

## Summary

Even though many natural phenomena are based on chemical processes, most people consider chemistry and nature as strict contrasts, with chemistry as the evil and nature as the good part on a scale. A connection of both concepts cannot be perceived. These tendencies are, on the one hand, frequently illustrated in specialized literature; on the other hand, they have been explored as well as verified in the context of a survey in spring 2013 in schools close to Siegen and Olpe. Such an antagonistic view is not far-reaching, because chemistry is only one way to interpret the world by focusing on compounds and their conversions.

Teaching chemistry in free nature and with natural contexts can be an opportunity to immediately experience and understand chemical phenomena to close this gap and provide a personally meaningful, exciting and motivating access to chemistry. The teaching concept „...*natürlich* Chemie!“ can be a useful way to realize this idea. By doing so, traditional contents should not be replaced, but the reference frame of chemistry education is widened.

By teaching chemistry this way, the importance of sustainable acting and the accountability to the environment become clearer, when nature as the substantial basis of all living is focused. So it is easily possible to integrate aspects of Education for Sustainable Development (ESP), which is, on the one hand, politically postulated and, on the other hand, socially important, as proved within the executed study.

Until now, three units for higher school levels have been developed: (1) *More than tasty food: chemical investigation of milk*, (2) *Sweet and interesting: honey in the focus of chemistry* and (3) *About risks and side-effects: natural medicine*.

**„...natürlich Chemie!“**

## **Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten**

### **Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II**

#### **Teil I: Theoretische Grundlagen**

“The laboratory is the end and never can be the beginning of our devotions to nature. [...] We may abhor paganism, as the ascetics did the body, but it is the condition of science, and the flower cannot be complete unless the roots strike into a rich, deep, dirty soil. Thus, whenever we can teach out-of-doors, have school excursions, substitute real flowers for their pictures, growing ones for picked samples, living for dead animals, dead ones for stuffed specimens, the environment of nature for that of the school-room, we foster the true love of nature.”

(Hoyt 1894)

#### **Einleitung**

Das vorangestellte Zitat des Pädagogen W. A. HOYT der Clark University, Worcester, Massachusetts, stammt aus der Dokumentation eines größeren Diskurses, der um den naturwissenschaftlichen Unterricht am Ende des 19. Jahrhunderts geführt wurde. Im Wesentlichen ging es dabei um zwei Probleme (Hoyt 1894): Einerseits gab es offenbar in den naturwissenschaftlichen Fächern große Probleme, gute Lernergebnisse bei den Schüler/-innen zu erzielen. Andererseits – und dies ist zugleich eine vom Autor angebotene und oben zitierte mögliche Erklärung für den ersten Punkt – wurde den Schüler/-innen in den naturwissenschaftlichen Fächern ein sehr abstrakter Zugang zur „Natur“, also ihrem Untersuchungsgebiet, vermittelt, wodurch die direkte Auseinandersetzung mit der makroskopisch-phänomenologischen Ebene und ein direkter Zugang zur Umwelt der Schüler/-innen verloren ging.

Auch wenn das Zitat schon sehr alt ist, beschreibt zumindest der erste Punkt einen Aspekt, der auch im aktuellen didaktischen Diskurs thematisiert wird (z.B. Van Vorst u.a. 2012, S. 640; Sjøberg 2010 und 2012). Heute wie damals versuchen Lehrende, Lösungsansätze für die schwachen Leistungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, das meist geringe Interesse der Schüler/-innen und die oft negative Bewertung der naturwissenschaftlichen Fächer durch Schüler/-innen zu finden (ein bekannter Ansatz heute ist das Unterrichtskonzept *Chemie im Kontext*, s.u.).



Möglicherweise ist in diesem Zusammenhang nicht nur die Problembeschreibung, sondern auch der vorgeschlagene Interventionsansatz – der direkte, authentische Kontakt der Schüler/-innen mit dem „Forschungsgegenstand“ außerhalb des Klassenzimmers – in die heutige Zeit übertragbar.

In dieser Arbeit möchte ich das von mir entwickelte Unterrichtskonzept *...natürlich Chemie!* vorstellen, das diesen Aspekt der aktuellen chemiedidaktischen Debatte hinzufügt. Die Idee besteht darin, den Chemieunterricht partiell aus dem Klassenraum hinaus nach draußen in die Natur bzw. in eine naturnahe Umgebung zu verlagern, um chemische Basiskonzepte in naturbezogenen Kontexten zu unterrichten. So sollen die antagonistisch betrachteten Konzepte Chemie und Natur einander angenähert, der negativen Einstellung zur Chemie und zum Chemieunterricht vorgebeugt und zugleich Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) integriert werden.

Die Arbeit besteht aus vier Teilen. Im ersten Teil werden zunächst Forschungsergebnisse zusammengefasst und dargelegt, warum eine Verbindung von Chemie und Natur bei gleichzeitiger Integration einer BNE, auch hinsichtlich aktueller gesellschaftlicher Debatten, gewinnbringend sein kann. Zudem werden erste didaktische Überlegungen für die Entwicklung eines entsprechenden Unterrichtskonzeptes in der beabsichtigten Art angestellt. In Teil zwei werden Planung, Durchführung und Ergebnisse einer statistischen Erhebung dargestellt, die ausgewählte Aspekte des theoretischen Hintergrunds an örtlichen Schülergruppen untersucht, um einen Eindruck davon zu bekommen, ob und in wieweit die international gefundenen Tendenzen auf örtliche Schülerpopulationen (Raum Siegen und Olpe) übertragbar sind. Im dritten Teil werden schließlich das Unterrichtskonzept *...natürlich Chemie!* und drei beispielhaft ausgearbeitete Module vorgestellt. Abschließend wird in Teil vier das Dargelegte zusammengefasst und resümiert.

## I.1 Chemieunterricht in naturbezogenen Kontexten und naturnaher Umgebung – eine begriffliche Annäherung

Diese Arbeit stellt die Vorteile und Grundlagen eines Chemieunterrichts in naturbezogenen Kontexten und naturnaher Umgebung vor. Insofern scheint es angebracht, sich zunächst um eine Annäherung an die Begriffe Chemie und Natur zu bemühen, um das inhaltliche Feld dieser Arbeit abzugrenzen.

Definitionen des Begriffes Chemie werden auch aktuell häufig in verschiedenen Bezügen vorgenommen. In gängigen Schulbüchern für die gymnasiale Sekundarstufe I bzw. einem bekannten Organiklehrbuch finden sich beispielsweise Aussagen, in denen der Terminus Chemie über die Fokussierung der Stoffchemie definiert wird:

*„In der Chemie untersucht man Stoffe, ihre Eigenschaften und Veränderungen“* (Tausch/von Wachtendonk 2008, S.10).

*„Die Chemie ist eine auf Erfahrung und Experimenten beruhende Naturwissenschaft. Sie befasst sich mit Stoffen, ihren Eigenschaften, der Untersuchung von Vorgängen und der Herstellung neuer Stoffe“* (Arnold/Dietrich 2008, S. 14).

*„Die Chemie ist die Lehre von der Struktur der Moleküle und von den Gesetzen, nach denen Wechselwirkungen zwischen Molekülen ablaufen“* (Vollhardt 2013, S. 1).

Definitionen in Standardnachschlagewerken zielen in eine analoge Richtung. Laut der aktuellen Online-Ausgabe des „Duden“ bezeichnet Chemie *eine „Naturwissenschaft, die die Eigenschaften, die Zusammensetzung und die Umwandlung der Stoffe und ihrer Verbindungen erforscht“*<sup>1</sup>. Im großen Brockhaus findet sich Ähnliches:

*„Chemie, Naturwissenschaft, die sich mit dem Aufbau und der Umwandlung von Stoffen beschäftigt. Die anorganische Chemie umfasst die Elemente und Verbindungen der unbelebten Natur, die organische Chemie fasst alle Kohlenstoffverbindungen“* (F.A. Brockhaus 2011, S. 148f).

In all diesen Definitionen werden also einerseits der Wandlungsaspekt und andererseits die stoffliche und forschende Seite der Chemie betont, wodurch die verschiedenen Definitionen trotz kleinerer Unterschiede recht kongruent sind.

Als Resümee der zitierten Definitionen lege ich daher folgende Arbeitsdefinition fest: Der Begriff *Chemie* umfasst das gesamte Gebiet der Wissenschaft, die sich mit den Eigenschaften, der Zusammensetzung und der Umwandlung von Stoffen sowie den Bedingungen solcher Prozesse befasst, sowie ihre Anwendungen.

---

<sup>1</sup> <http://www.duden.de/rechtschreibung/Chemie>, letzter Abruf 19.12.2013.

Die Annäherung an den Begriff „Natur“ ist demgegenüber eher problematisch. Dies mag daran liegen, dass der Begriff in allen Kulturkreisen und seit vielen Jahrtausenden verschiedenste Bedeutungen gewonnen hat, wodurch er mit einem deutlich reichhaltigeren Diskurs verknüpft ist als die noch jüngere Wissenschaft Chemie. Trotzdem soll versucht werden, eine Übersicht über verschiedene Bedeutungen zu geben.

Laut GIGERICH und MADER liegt den gängigen Definitionen von Natur zumeist eine Dichotomie zugrunde:

*„Wenn [...] von ‚Natur‘ als wissenschaftlichem Terminus die Rede ist, so erfolgt dies im Sinne von ‚äußerer Natur‘ oder ‚natürlicher Umwelt‘ des Menschen. Verstanden wird darunter die Gesamtheit der abiotischen und biotischen Elemente, die auf eine gegebene Gesellschaft einwirken, und auf die sie ihrerseits einwirkt“ (Gingrich/Mader 2002, S. 22).*

Auch gängige Lexika legen diese Dichotomie zwischen Gesellschaft bzw. Kultur und Natur zugrunde. Natur wird beispielsweise definiert als die *„[Gesamtheit der] Pflanzen, Tiere, Gewässer und Gesteine als Teil der Erdoberfläche oder eines bestimmten Gebietes [das nicht oder nur wenig von Menschen besiedelt oder umgestaltet ist]“*.<sup>2</sup> Der große Brockhaus definiert wiederum:

*„Natur, die, Gesamtheit der beobachtbaren Tatbestände, soweit sie unabhängig von der Tätigkeit der Menschen da sind, also im Gegensatz einerseits zum Übernatürlichen (als Gegenstand religiösen Glaubens), andererseits zur Kultur (als Inbegriff des von Menschen Geschaffenen). Der Mensch als Teil der Natur macht sie zum Gegenstand der Erforschung (Naturwissenschaft) und versucht sie durch die Technik zu beherrschen“ (F.A. Brockhaus, S. 615).*

Auch Chemiker, die sich mit den philosophischen Aspekten der Wissenschaft Chemie auseinandersetzen, beschäftigen sich schon länger mit der in diesen Definitionen offenbar werdenden Dichotomie, genauer mit der Abgrenzung von Chemie, Technik und Natur bzw. dem Verhältnis dieser Konzepte zueinander. Hier ergeben sich vielfältige Fragen (vgl. z.B. Janich 1996): Kennzeichnet das Fehlen menschlicher Präsenz bzw. menschlicher Eingriffe die „Natur“ bzw. das „Natürliche“? Wie kann dann aber der Mensch selbst Teil der Natur sein, als der er ja grundsätzlich verstanden wird? Sind Naturwissenschaften noch Naturwissenschaften, wenn der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess das Eingreifen des Menschen in die Natur eigentlich unabdingbar macht und damit den vorausgesetzten Gegensatz aufhebt? Mit welcher Art von Natur setzt sich die Chemie oder die Physik als *Naturwissenschaft* auseinander?

JANICH, einer der führenden Vertreter dieser Denkrichtung, gibt in diesem Zusammenhang beispielsweise zu bedenken, dass ein Naturwissenschaftler nur solches Wissen über die Natur

---

<sup>2</sup> <http://www.duden.de/rechtschreibung/Natur>, letzter Abruf 19.12.2013.

gewinnt, das er durch technische oder manuelle Eingriffe oder Veränderungen erfährt, sodass „naturwissenschaftlich erkannte Natur“ immer „technisch zugerichtete Natur“ sei (Janich 1994, S. 145). Ein Rückschluss auf die „wahre Natur“ ist in diesem Sinne letztlich nicht möglich.<sup>3</sup>

Im Zusammenhang mit diesem Diskurs erörtert auch BÖHME ausführlich die Frage „Was ist Natur?“ (Böhme 1990). Er definiert Natur über das Auffinden bestimmter „Charaktere“ der Natur, also Aussagen, in denen der Natur bestimmte Charakterzüge zugesprochen werden (ebd. S. 171). Angelehnt an historische Äußerungen solcher Charaktere (etwa von Kant oder Aristoteles) benennt er beispielsweise Gesetzmäßigkeit, Einheit, Symmetrie und Symmetriebrechung, Schichtung nach räumlichen Größenordnungen, Temperaturbereiche und kosmische Epochen (ebd. S.174) als solche Grundzüge. Ein weiterer Grundzug der Natur ist für ihn deren „Selbstbezüglichkeit“ (z. B. Selbstregulation, zirkulare Kausalität, Autokatalyse und Autopoiese). Gerade diese Selbstbezüglichkeit böte nach BÖHME die Möglichkeit, den Gegensatz von bloß faktischer Natur einerseits und durch Subjektivität bestimmte Menschenwelt andererseits zu entschärfen und auf Dauer vielleicht zu überbrücken (ebd. S. 174).

Da es für diese Arbeit lediglich um die Festlegung einer Arbeitsdefinition geht, scheint eine Abgrenzung von diesem weitreichenden philosophischen Diskurs sinnvoll. Daher soll diese Darstellung als erste Annäherung genügen. Insgesamt wird hier aber bereits die Problematik einer eindeutigen Definition des Begriffes Natur, insbesondere bezogen auf die bloße Abgrenzung zum Menschlichen, deutlich.

Vorstellungen, die ohne eine solche Dichotomie auskommen, finden sich beispielsweise in anderen Kulturen, z. B. im indischen Raum. GALEY etwa stellt dar, dass die Diskontinuität zwischen Mensch und Natur eine typisch westliche Vorstellung ist:

*„Diese Forderung der Diskontinuität zwischen dem Menschen und der Natur leitete für den Westen die Herausbildung zweier vollkommen differenzierter Serien ein. Der jüdisch-christliche Glaube an eine Natur, die Gott den Menschen ohne Gegengabe überlassen hätte, bestätigte die Teilung. Die Renaissance, und dann die Aufklärung, begnügten sich damit, die Idee einer Natur genau zu bestimmen, die es gut ist zu kennen, weil es gut ist, sie zu beherrschen. [...] Ganz im Gegenteil tritt in Indien diese Forderung nicht auf. Die klassischen Texte, die gegenwärtige Beobachtung und die vielfältigsten Informationen hören hingegen nicht auf, auf die Gliederungen und Bindungen, die den Menschen und die Welt vereinigen, zurückzukommen. Hier gibt es keine Menschheit, die unabhängig wäre, sondern einen*

---

<sup>3</sup> Eine genauere Diskussion und Kritik dieses methodischen Kulturalismus findet sich beispielsweise bei Woyke 2004, S. 26 – 29 & S. 105 – 114.

*unendlichen Transformationsprozess ohne Bruch, der, ohne sie zu verwechseln, die Gesamtheit der verschiedenen in den Kosmos eingeschriebenen Kategorien des Lebenden als ebenso viele Glieder einer kontinuierlichen Kette ansieht. Die Darstellung der Welt und die Repräsentation des Menschen vereinigen sich hier, um auszudrücken, dass die menschliche Ordnung sich in Konformität mit der Natur verwirklicht“ (Galey 2002, S. 162f; vgl. auch Ingold 2002).*

Solche Überlegungen können eine bereichernde Alternative zur gängigen dichotomen Sichtweise darstellen, sind für eine wissenschaftliche Arbeit im Themenfeld Chemie – Natur aber noch zu unspezifisch.

Konkretere Überlegungen zur Aufhebung der beschriebenen Dichotomie finden sich beispielsweise bei GROH, einem deutschen Historiker, der sich in seiner Arbeit auch mit Aspekten der Naturdeutung und -aneignung beschäftigte. Er differenziert zwischen dem Evolutionsprozess, in dem der Mensch Teil der Natur ist, und der außermenschlichen Umwelt:

*„Es ist heute durchaus vernünftig zu unterscheiden zwischen der Natur, zu der wir auch gehören, und der Natur im Sinne der außermenschlichen Welt. Beides sind distanzierte, auch in den Naturwissenschaften gebräuchliche Begriffe, von denen der erste den offenen Prozess der Evolution meint, der zweite die natürliche Umwelt des Menschen“ (Groh 1994, S. 18).*

Als Arbeitsdefinition ist diese Darstellung aber noch zu abstrakt.

MARKL diskutiert das Problem menschlicher Präsenz in der Natur in seinem Artikel „Die ökologische Wirklichkeit“ (Markl 1989). Er zeigt auf, dass eine Diskontinuität zwischen Natur und Mensch trotz ihrer Gebräuchlichkeit unsinnig sei, da einerseits heutzutage keine vom Menschen unbeeinflusste Natur mehr existiere und andererseits eine Begriffsschärfung im ständigen evolutionären Wandel ohne menschlichen Bezug unmöglich sei:

*„Vielleicht [ist] Natur das, was ohne den Menschen existiert, und zwar in genau der Verfassung, in der es ohne unser Eingreifen bestünde? Das ist zwar strenggenommen in zweierlei Hinsicht ziemlich unsinnig, nichtsdestoweniger jedoch fast noch gebräuchlicher als schon die erste Definition [natürlich ist alles, was da ist, Anm. d. A.]. Unsinnig deshalb, weil es jedenfalls heute von der Tiefsee bis zur Hochstratosphäre und vom Nordkap bis zum Südpol keinen Lebensraum auf dieser Erde gibt, in dem nicht die direkten oder indirekten Auswirkungen menschlichen Tuns und (Sichgehen-)Lassens unübersehbar verunstaltend nachweisbar wären. [...] Unsinnig auch zum zweiten, da der ständig weiterschreitende Evolutionsprozess es ganz unmöglich machte, Natur als Physis ohne menschlichen Inhalt konkret zu fassen, denn in dem evolutionären Wandel hatten und hätten keine Formen dauerhaft bestand [...]“ (Markl 1989, S. 74).*

MARKL definiert deshalb den von ihm so genannten „Traditionsnaturbegriff“:

*„Natur [...] als jener Kulturzustand unserer Umwelt, den extensive, nichtindustrielle, traditionelle Landwirtschaft erhalten hat [...]. [Ein solcher Naturbegriff zielt], wengleich er nur Naturähnlichkeit, nicht wirklich unberührte Natur im Blick hat, auf etwas Wesentliches: auf einen Zustand recht großen Artenreichtums, recht annehmbarer Biotop- und Landschaftsvielfalt und recht guter Beständigkeit dieses Zustands über die Dauer vieler Menschengenerationen hinweg“ (ebd., S. 75).*

Diese Definition scheint zunächst ansprechend, da sie bei der Betrachtung unseres Lebensraums eine realistische, zugleich aber auch anspruchsvolle Annäherung darstellt, zielt sie doch auf eine Überdauerung und somit einen möglichst langen Erhalt des Naturzustandes ab. Bei genauerer Betrachtung ergibt sich jedoch die Problematik einer gewissen Halbherzigkeit: Durch die beständige sprachliche Relativierung der grundsätzlich als natürlich angenommenen Gegebenheiten (Artenreichtum, Landschaftsvielfalt etc.) ist es letztlich der Versuch, den Naturbegriff ausgehend von einem ursprünglichen und heute nicht mehr aufzufindenden Idealzustand zu definieren. Überspitzt interpretiert könnte wohl auch ein Zoo in diesem Sinne „Natur“ darstellen, wiewohl dies vermutlich nicht dem intuitiven Verständnis der meisten darüber, was Natur darstellt, entspricht.<sup>4</sup>

Dieser Versuch einer Annäherung an die Frage, was Natur darstellt, zeigt letztlich die Unmöglichkeit einer zufriedenstellenden Definition dieses Begriffs. Daher wird in dieser Arbeit darauf verzichtet, von Natur als solcher zu sprechen, sondern es werden die weniger belasteten Termini der Naturnähe und der Naturbezogenheit eingeführt.

*Naturnähe* bzw. eine *naturnahe Umgebung* bezeichnet dabei eine Umgebung größtmöglicher Natürlichkeit, also größtmöglicher Annäherung an den von MARKL beschriebenen Idealzustand „Natur“ mit einem beständig großen Artenreichtum und einer beständigen Biotop- und Landschaftsvielfalt in höchstmöglicher Ursprünglichkeit.

---

<sup>4</sup> Hier offenbart sich ein weiteres Problem derart diskursiv belasteter Begriffe: Letztlich ist die Frage, was als Natur (oder auch Kultur o.Ä.) definiert wird, eine Frage der Perspektive, die der Definition zugrunde liegt. WOYKE diskutiert in seiner Dissertation ebendiese Problematik:

*„Was wir als Wirklichkeit zulassen und anerkennen, ist insofern wesentlich von der von uns gewählten Perspektive abhängig, wobei jede wissenschaftliche, philosophische, religiöse, künstlerische oder lebensweltliche Perspektive ihre eigene Legitimität und Utilität besitzt und daher keine einfache Hierarchisierung vorgenommen werden kann. Je mehr Perspektiven wir einzunehmen in der Lage sind, umso weiter ist unser Erkenntnishorizont [...]“ (Woyke 2004, S. 105).*

WOYKE identifiziert in seiner Arbeit verschiedene wesentliche Sichtweisen auf die Natur, nämlich die naturwissenschaftliche Perspektive, die „Natur als ‚Spiel der Gegensätze‘, als Leib, als schön und zweckhaft, Natur als vertraut und vertrauenerweckend“ (ebd. S. 105). Wiewohl eine solche philosophische Betrachtung interessante Aspekte eröffnet, ist eine derart vage Begriffsschärfung als Arbeitsgrundlage wenig tragfähig.

Für eine Schule inmitten einer Großstadt mag es die bestmögliche Alternative sein, den nahegelegenen Park als naturnahe Umgebung zu besuchen, wiewohl ein solcher – da zumeist „kultürlich“ vom Menschen angelegt und kaum als ursprünglich zu verstehen – im engen Sinne des Naturbegriffs keine „Natur“ darstellt.

Auch am Beispiel eines heutigen Waldgebietes lässt sich der Nutzen einer solchen Definition deutlich machen. So ist ein typischer Fichtenwald im Siegerland ein Produkt kultureller Intervention und kein ursprünglich gewachsenes Waldgebiet. Als naturnahe Umgebung ist er für viele trotzdem eine wertvolle Quelle zur Vermittlung von Naturerfahrung und bietet die Möglichkeit, die positive Wirkung naturnaher Umgebungen zu erleben.<sup>5</sup>

*Naturbezogen* sind in Anlehnung daran solche Prozesse und Phänomene, deren Vorhandensein in dieser ursprünglich-idealen Umgebung angenommen werden können. So kann beispielsweise der Farbwechsel der Blätter im Jahreskreis, das Erblühen einer Blume oder die Entstehung bestimmter Stoffe in Blättern oder Früchten im Reifungsprozess ein solches Phänomen sein.

---

<sup>5</sup> Mit dieser Form der Definition wird also zugleich das Problem der von WOYKE geschilderten Perspektivhaftigkeit derartiger Definitionen aufgefangen.

## I.2 Begründung des Themas

### I.2.1 Die Bewertung von Chemie und Natur

Anlass für die Idee, dass ein Unterrichtskonzept zur Verknüpfung von Chemie und Natur fruchtbar sein könnte, waren Forschungsbefunde zur Sicht der Bevölkerung auf Chemie und Natur bzw. die Einstellung der Allgemeinheit zu diesen beiden Konzepten. Im Folgenden werden zunächst kurz diese Forschungsbefunde dargestellt und anschließend aufgezeigt, welche Bedeutung diese für den Chemieunterricht haben können.

Ende der 80er Jahre des vergangenen Jahrhunderts erforschten SCHARF und WERTH Einstellungen von Probanden hinsichtlich der Konzepte Chemie und Natur sowie den Zusammenhang zwischen beiden Konzepten. Während „die Chemie“, die in den Köpfen der Menschen häufig auf die Aspekte Technik und Industrie reduziert wurde, negativ besetzt war, wurde „die Natur“ von nahezu allen Menschen äußerst positiv bewertet, mitunter verbunden mit einer fast romantisch anmutenden Idealisierung des Konzepts Natur. Ein Zusammenhang zwischen Chemie und Natur wurde kaum wahrgenommen, im Gegenteil sprechen SCHARF und WERTH geradezu von einer „antagonistischen Sicht“ auf beide Konzepte (vgl. Scharf/Werth 1989).

Die hier deutlich werdende negative Sicht auf Chemie ist auch im chemiedidaktischen Diskurs der letzten Jahre häufig thematisiert worden (Lehmann-Riekert 1999, Barke/Hilbing 2000, Karger 1996, Weitze 2007). Sowohl die Wissenschaft als auch das Unterrichtsfach Chemie haben, so die gängigen Forschungsergebnisse, keinen guten Ruf und werden von einem Großteil der Bevölkerung und der Schülerschaft ablehnend betrachtet, obwohl viele moderne Annehmlichkeiten erst durch Chemie und Technik möglich wurden.

*„Bemerkenswerterweise nutzt die Bevölkerung die Chemieprodukte ganz selbstverständlich und bewertet sie größtenteils sogar positiv. [...] [Doch] stellt man Jugendlichen die Frage: ‚Welche Ereignisse werden nach deiner Meinung in Zukunft eintreten?‘, dann vertreten 63% der Befragten die Meinung, dass ‚Technik und Chemie‘ die Umwelt zerstören werden“* (Lehmann-Riekert 1999, S. 797).

Auch BARKE und HILBING (2000) zeigen, dass „die Gesellschaft der Chemie skeptisch, ängstlich und misstrauisch“ gegenübersteht und dass trotz der bereits angesprochenen Nützlichkeit vieler chemischer Produkte in der Wahrnehmung der Öffentlichkeit häufig ausschließlich Katastrophen und Unfälle erinnert werden, was eine sachgerechte Bewertung der Chemie nahezu unmöglich macht (Barke/Hilbing 2000, S. 17). HOFFMANN spricht in diesem Zusammenhang gar von einer



„Chemophobie“, von „unbegründeten, irrationalen Ängsten“ gegenüber dem Tun des Chemikers (Hoffmann 1990, S. 836).

Diese Einschätzung wird von KARGER bestätigt. Sie beschäftigte sich Ende der 1990er Jahre mit der unterschiedlichen Risikobewertung von Laien und Experten. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass die Harmonie zwischen Natur und Chemie, die von fachwissenschaftlicher Seite betont werde, sich nicht in der öffentlichen Wahrnehmung widerspiegele. Ganz im Gegenteil nähmen Laien Chemie als Gefahr für Mensch und Natur war (Karger 1996, S. 153).

Außerdem stellt sie fest, dass Naturkatastrophen weniger riskant eingeschätzt würden als Technik- und Umweltrisiken (ebd. S. 159). Als Erklärung führt sie den unterschiedlichen Grad an Vertrautheit und Kontrollpotential an:

*„[N]atürliche Gefahren [...] [werden] als vertraute Gefahren und selbstverständlicher Teil des menschlichen Daseins erlebt. Sie können weder abgeschafft, weggedacht oder kontrolliert werden, noch gibt es jemanden, der dafür verantwortlich gemacht werden könnte. [...] Die Kontrollerwartung ist hingegen bei allem, was der Mensch hervorbringt, systemimmanent“* (Karger 1996, S. 160f).

Auch aktuellere Veröffentlichungen greifen diese Problematik immer wieder auf. WEITZE, Lehrer und Mitarbeiter des deutschen Museums München, beschreibt im Magazin der „Nachrichten aus der Chemie“ beispielsweise die negativen und auf den Aspekt „Künstlichkeit“ ausgerichteten Assoziationen vieler Verbraucher mit der Chemie:

*„Wörter wie ‚Chemie‘ und ‚Chemikalien‘ sind negativ belegt. So empfehlen sogar die VDI-Nachrichten vom 05.03.2004 ‚Saubere Bierfilter ohne Chemie‘. [...] Wenn Verbraucher, Patienten und Wähler ‚möglichst keine Chemie/Chemikalien‘ wollen (und schon gar keine künstlichen!), ist das für Chemiker ein Problem“* (Weitze 2007, S. 140).

Diese negative Einschätzung entstand jedoch erst in den letzten Jahrzehnten. Zuvor – vermutlich seit JUSTUS VON LIEBIG – galt die Chemie als eine populäre Wissenschaft, die Wachstum und Fortschritt brachte. Die Chemiker des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts standen „als Tausendkünstler [...] hoch im Kurs“ (von Zahn 1981, S. 8). Doch im Laufe des 20. Jahrhunderts änderte sich dieses Bild: Zunächst gerieten einzelne Firmen in Verruf, weil sie beispielsweise Giftgas für die Tötungsanlagen des SS oder das Entlaubungsmittel im Vietnamkrieg lieferten (ebd.). Seit der Mitte der sechziger Jahre kam es dann zu einem größeren Umschwung im Meinungsbild. Galt die Chemie zuvor als „Mädchen, das fast alles kann“ (ebd.), standen nun die negativen Auswirkungen chemischer Produktionsprozesse für Mensch und Natur im Vordergrund:

*„Misstrauen und Erbitterung speisen sich aus dem Grauen, das uns erfasst, wenn wir von Spätschäden lesen, die Arbeiter chemischer Betriebe beim Umgang mit Polyvinylchlorid [...] haben. [...] Der Zeitzünder, der in einem zunächst für harmlos gehaltenen Stoff steckt, macht uns schaudern. So wie die Nachricht, dass hier und da Muttermilch mehr Giftrückstände erhält als Büchsenmilch“ (ebd., S. 9).*

Der Verweis auf die Tatsache, dass eben die Prozesse, die derartige Schäden verursachen, für Millionen Menschen von enormem Nutzen sind, reichte nicht mehr aus, um Umweltschützer und Laien von den Segnungen der Chemie zu überzeugen. Das Unglück von Seveso oder die Contergankatastrophe waren zwei prominente und potente Beispiele, die das Misstrauen in die Chemie schürten, welches sich aber auch in kleineren Zusammenhängen immer stärker wiederfand. Die *„Popularität der Chemie in einer von ihr fast total abhängigen Zivilisation“* schwand zusehends (ebd., S.13).

Neuere Untersuchungen wie die internationale ROSE-Studie zeigen jedoch, dass die Naturwissenschaften allgemein bei einer direkten Befragung durchaus als nützlich angesehen werden. So stimmten in Deutschland etwa 70% der Jungen und Mädchen der Aussage, dass Naturwissenschaften unser Leben gesünder, einfacher und komfortabler machen, durchaus zu (alle Daten nach Sjoberg/Schreiner 2010). Doch nur ca.35 % der Mädchen und ca. 50% der Jungen waren der Ansicht, dass der Nutzen, den die Naturwissenschaften haben können, größer ist als mögliche schädliche Auswirkungen. Und lediglich ca. 15% der Mädchen und 25% der Jungen konnten sich vorstellen, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen. Auch der Aussage, soviel naturwissenschaftlichen Unterricht wie möglich in der Schule haben zu wollen, stimmten lediglich ca. 25% der Mädchen und knapp 40% der Jungen zu (all diese Ergebnisse betrachten leider die Naturwissenschaften im Verbund, sodass eine konkrete Übertragung auf die Chemie als Spezifikum nicht möglich ist). Diese Daten deuten an, dass bei aller Bewusstheit ihrer positiven Aspekte eine instinktive Abneigung gegen Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichen Unterricht bei den Schüler/-innen noch immer präsent ist.

Betrachtet man aktuelle Werbespots, bestätigt sich die Einschätzung einer eher ablehnenden Haltung zur Chemie in der Bevölkerung: Ob Joghurt, Schokolade oder Kosmetik, viele Produkte werden damit beworben, „natürlich“, „ohne künstliche Zusatzstoffe“ oder „frei von Chemie“ zu sein. Abbildung eins zeigt ein aktuelles Beispiel des Kosmetikherstellers LOVE ME GREEN, der mit dem Slogan *„Kosmetik ohne Chemie“* wirbt. Zwar wird im Kleingedruckten differenziert, dass es hierbei hauptsächlich um *„künstlich hergestellte Substanzen, die der menschlichen Gesundheit schaden können“* gehe, die zugkräftige Schlagzeile als Werbeslogan bleibt jedoch im Fokus.

MITTELSTRAß reflektiert diesen beworbenen Gegensatz des schlechten Chemischen und des guten Natürlichen ebenfalls:

*„Eine Grenze zwischen dem rein Natürlichen und dem rein Artifizialen gibt es nicht. Dennoch wird sie immer wieder gezogen und gegen die Chemie geltend gemacht. So gilt in ökologischen Zusammenhängen vielfach das, was im Nahrungsmittelbereich chemisch behandelt wird, als verseucht, das, was ohne Chemie gezogen wird, als gesund, weil rein natürlich. [...] In der verführerischen Parole ‚Natur ist gesund, Chemie ist toxisch!‘ lebt eine archaische Welt, für die Natur das große Andere neben der gestalteten Welt ist, wieder auf“ (Mittelstraß 2014, S. 839).*



The image shows a screenshot of the Love Me Green website. At the top, there is a navigation bar with the text "WILLKOMMEN, ANMELDEN ODER REGISTRIEREN" and "SPRACHE: DE". A search bar contains the text "SUCHE...". Below the navigation bar, there is a banner image showing various natural cosmetics bottles and containers. The main navigation menu includes "PRODUKTE", "INHALTSSTOFFE", "ÜBER UNS", and "ARTIKEL". There are also links for "MEIN WUNSCHZETTEL" and "MEIN WARENKORB". The breadcrumb trail reads "HOME → ARTIKEL → KOSMETIK OHNE CHEMIE - LOVE ME GREEN". The article "Kosmetik ohne Chemie" is dated 2013-08-28. The article text discusses the increasing health awareness of humans and the shift towards natural cosmetics, mentioning that natural cosmetics are free from synthetic substances that can harm human health.

**Abbildung 1: Auszug aus der Homepage des Kosmetikherstellers Love me green (<http://love-me-green.de/artikel/kosmetik-ohne-chemie/>)**

Anders als die „schlechte Chemie“ gelten „natürliche“ Produkte den Verbrauchern offensichtlich also erst einmal als vertrauenswürdig. Doch gerade hinsichtlich dieses „Naturvertrauens“ ist Vorsicht geboten. So weist Mittelstraß in diesem Zusammenhang darauf hin, dass *„vergessen wird, dass natürliche Stoffe wie Fette und Pilze für die menschliche Gesundheit weit gefährlicher sein können als Chemiestoffe“* (ebd.).

Ferner ist die Verwendung des Prädikats „natürlich“ häufig ungeeignet, Qualitätsaussagen zu treffen: Betrachtet man beispielsweise die aktuellen Vorgaben zur Deklaration von Aromastoffen, wird zwischen „Aromen“ als Oberbegriff ausschließlich synthetisch erzeugter Aromen, „natürliches Vanille-/Erdbeer-/Himbeeraroma“ (direkte Verknüpfung des Begriffs Aroma und der namensgebenden Komponente) oder „natürliches Aroma mit Vanille-/Erdbeer-/Himbeer-

geschmack“ (Trennung des Begriffs Aroma und des Geschmacks) unterschieden. Ersteres bezeichnet dabei einen Aromastoff, der zu 95% aus der namensgebenden Komponente gewonnen sein muss. Letzteres muss dagegen lediglich aus pflanzlichen oder tierischen Quellen gewonnen werden – kann also aus Cellulose oder Schimmelpilzkulturen stammen. Die Deklaration des Natürlichen widerspricht hier vermutlich eklatant der Erwartungshaltung des Verbrauchers. Wie heikel diese Unsicherheiten sein können, zeigt die aktuelle gerichtliche Auseinandersetzung der Firma „Ritter Sport“ mit „Stiftung Warentest“ um die Deklaration des Vanille-Aromas Piperonal in der Schokolade des Herstellers als „künstlich“ (so Stiftung Warentest) oder „natürlich“ (so Ritter Sport).

Auch aus fachwissenschaftlicher Sicht ist das grundsätzliche Vertrauen in „die Natur“, die Ablehnung „der Chemie“ und der hiermit verbundene Antagonismus von Chemie und Natur wenig tragfähig. Für Chemiker ist eine verwobene Betrachtung von Chemie und Natur naheliegend, stellt Chemie als Wissenschaft letztlich doch nur eine Sicht auf Welt und somit auch auf Natur da, in deren Fokus Stoffe und deren Veränderungen stehen.

Bezogen auf den Bereich Lebensmittel explizierte der Aromaforscher RALF BERGER vom Institut für Lebensmittelchemie in Hannover diese fachwissenschaftliche Sicht in einem Fernsehbeitrag des WDR. Auf die Frage, wie er die Angst der Verbraucher vor zu viel Chemie in ihrem Essen bewerte, antwortete er, dies sei eine zu „emotionale Herangehensweise“. Man müsse sich als Verbraucher *„immer mal wieder klar machen, dass Lebensmittel einfach eine Ansammlung von nicht-giftigen Chemikalien sind – und wie auch immer: Sie essen Chemie, um die körpereigene Chemie aufrecht zu erhalten“*<sup>6</sup>.

Diese fachchemische Sicht wird auch verschiedentlich in aktuellen populärwissenschaftlichen Ansätzen deutlich.

James Kennedy, High-School Chemistry Teacher in

#### AN ALL-NATURAL BANANA



**INGREDIENTS:** WATER (75%), **SUGARS (12%)** (GLUCOSE (48%), FRUCTOSE (40%), SUCROSE (2%), MALTOSE (<1%), STARCH (5%), FIBRE E460 (3%), **AMINO ACIDS (<1%)** (GLUTAMIC ACID (19%), ASPARTIC ACID (16%), HISTIDINE (11%), LEUCINE (7%), LYSINE (5%), PHENYLALANINE (4%), ARGININE (4%), VALINE (4%), ALANINE (4%), SERINE (4%), GLYCINE (3%), THREONINE (3%), ISOLEUCINE (3%), PROLINE (3%), TRYPTOPHAN (1%), CYSTINE (1%), TYROSINE (1%), METHIONINE (1%)), **FATTY ACIDS (1%)** (PALMITIC ACID (30%), OMEGA-6 FATTY ACID: LINOLEIC ACID (14%), OMEGA-3 FATTY ACID: LINOLENIC ACID (8%), OLEIC ACID (7%), PALMITOLEIC ACID (3%), STEARIC ACID (2%), LAURIC ACID (1%), MYRISTIC ACID (1%), CAPRIC ACID (<1%)), ASH (<1%), PHYTOSTEROLS, E515, OXALIC ACID, E300, E306 (TOCOPHEROL), PHYLLQUINONE, THIAMIN, **COLOURS** (YELLOW-ORANGE E101 (RIBOFLAVIN), YELLOW-BROWN E160a), **FLAVOURS** (3-METHYLBUT-1-YL ETHANOATE, 2-METHYLBUTYL ETHANOATE, 2-METHYLPROPAN-1-OL, 3-METHYLBUTYL-1-OL, 2-HYDROXY-3-METHYLETHYL BUTANOATE, 3-METHYLBUTANAL, ETHYL HEXANOATE, ETHYL BUTANOATE, PENTYL ACETATE), 1510, NATURAL RIPENING AGENT (ETHENE GAS).

Abbildung 2: Inhaltsstoffe einer Banane nach James Kennedy

<sup>6</sup> transkribiert nach „Achtung Mogelpackung - Yvonne Willicks deckt auf“, Sendung vom 28.04.2014, 20.15 Uhr, im WDR, Minuten 14:24 – 14:45, abrufbar in der WDR-Mediathek unter [http://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/servicezeit/videoachtungmogelpackungyvonnewillicksecktauf102\\_tag-28042014.html](http://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/servicezeit/videoachtungmogelpackungyvonnewillicksecktauf102_tag-28042014.html) (Stand 30.04.2014).

Melbourne, Australien, versucht, mittels einer Posterkampagne die Angst vieler Menschen vor „Chemikalien“ zu „untergraben“ und zu zeigen, dass von der Natur entwickelte Stoffe, Mechanismen und Strukturen deutlich komplizierter und unberechenbarer seien als alles, was in einem Labor produziert werden könne. Er entwickelte eine Posterreihe, die gängige (natürliche) Lebensmittel in Verbindung mit einer Inhaltsstoffliste abbildet, die diese führen müssten, wenn es sich um industriell hergestellte Lebensmittel handeln würde (siehe Abb. 2<sup>7</sup>). Die Vielzahl von Verweisen und Zitaten im Internet zeigt die große Resonanz auf diese Aktion.

Eine ähnliche Kampagne betreibt auch „compound interest. Everyday exploration of chemical compounds“ (<http://www.compoundchem.com>), die mittels verschiedener Grafiken die Chemie in Lebensmitteln oder Kosmetika beleuchten (Abb. 3<sup>8</sup>).

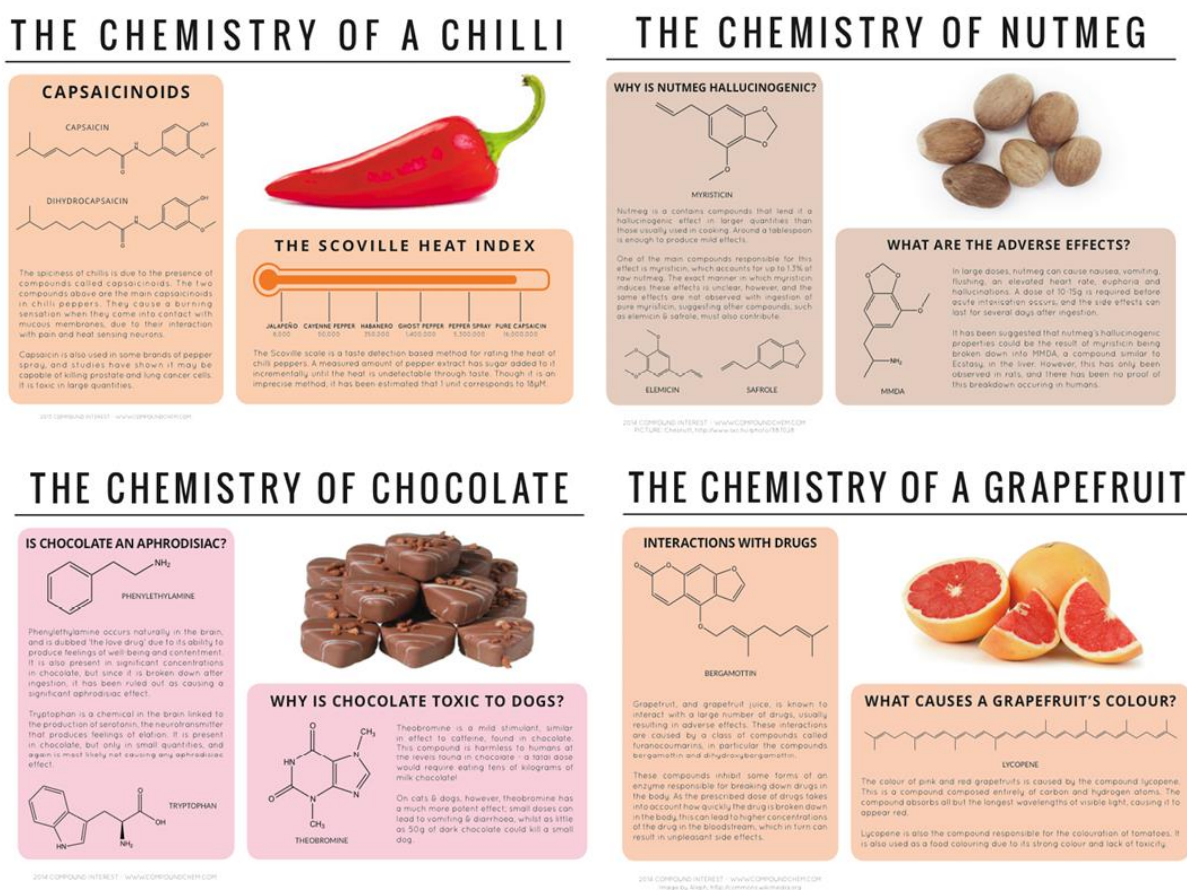


Abbildung 3: Chemie von Lebensmittel nach compoundchem (Ausschnitt)

Diese drei Beispiele belegen anschaulich die sich ausbreitende Einsicht, dass die in der Bevölkerung vorherrschende Angst vor „der Chemie“ bzw. das Vertrauen in „die Natur“ und die Betrachtung beider Konzepte als unvereinbar nicht weittragend ist.

<sup>7</sup> <http://jameskennedymonash.files.wordpress.com/2013/12/ingredients-of-a-banana-poster-4.jpeg> (Stand 30.04.2014).

<sup>8</sup> <http://www.compoundchem.com/wp-content/uploads/2014/01/FoodChem.png> (Stand 30.04.2014).

## I.2.2 Auswirkungen auf den Schulunterricht

Die negative Einschätzung des Konzeptes Chemie, die positive Einschätzung des Konzeptes Natur und die Unvereinbarkeit beider Konzepte spiegelt sich aktuellen Forschungen zufolge auch bei den Schulfächern, die sich hauptsächlich mit diesen Gegenstandsbereichen beschäftigen<sup>9</sup>, und den Vorstellungen von Jugendlichen zu aktuellen Entwicklungen wider.

Chemie gehört trotz der Bedeutung chemischen Wissens und der Aktualität vieler Problemlösungsmöglichkeiten der chemischen Wissenschaft und Industrie zu den unbeliebtesten und als uninteressant eingeschätzten Schulfächern. *„Wie die Mehrzahl der durchgeführten Untersuchungen zeigt, gehört Chemie bereits seit 1905 (Datum der ersten Befragung) tatsächlich zu den weniger beliebten bis unbeliebten Fächern“* (Pfeiffer et al. 2002, S. 402). Dies lässt sich auch nicht allein damit erklären, dass der Chemieunterricht erst im Jugendalter erfolgt und so für die Adoleszenz typische Entwicklungen wie zunehmende Freizeitinteressen, verstärkter Einfluss von Geschlechterrollen oder die Entwicklung eher spezifischer Interessen stärkeren Einfluss haben, denn es *„wird gerade in Fächern wie Chemie und Physik ein stärkerer Interessenabfall berichtet als für andere Fächer“* (Dierks et. al. 2014, S. 112).

Viele Didaktiker, die Lösungsansätze in diesem Bereich suchen, schildern die angesprochene Problematik in deutlichen Worten. Sie weisen auf das rückläufige Interesse am Fach Chemie in der Sekundarstufe I und die schlechten Schülerleistungen hin.

*„Chemielehrkräfte stehen täglich ‚in the line of fire‘. Alles, was man an Negativem über Chemie und Industrie diskutiert, ist in der Schule im Brennpunkt. Chemielehrer stehen als Vertreter einer fragwürdig gewordenen Wissenschaft auch in manchen Kollegien mit dem Rücken zur Wand. Die Schülerleistungen im Fach sind überwiegend schlecht. [...] Die ‚Chemie stimmt nicht mehr‘ in den Schulen“* (Lehmann-Riekert 1999, S. 797; vgl. zu dieser Thematik auch Van Vorst u.a. 2012, S. 640 oder Sjøberg 2010 und 2012 oder Becker 2002, S. 185f.).

In anderen Ländern ist die Frage nach der Einstellung von Kindern und Jugendlichen zu den Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Fächern ebenfalls untersucht worden.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Dabei wird Biologie als das Fach betrachtet, das in den Köpfen der Menschen am ehesten mit dem Gegenstandsbereich „Natur“ assoziiert ist, und Chemie als das Fach, das die Wissenschaft Chemie und ihre Anwendungen in der Schule abbildet. Wie in dieser Arbeit ausgeführt, ist letztlich Natur auch ein Gegenstandsbereich des Faches bzw. der Wissenschaft Chemie. Hier geht es zunächst nur um die vorherrschenden gesellschaftlichen Assoziationen. Dass diese so vorliegen, lässt sich gut an den Definitionen der Schüler/-innen in der statistischen Erhebung ablesen.

<sup>10</sup> Im internationalen Raum ist allerdings häufig das Fach „Science“ Untersuchungsgegenstand (keine Einzelfächer), wodurch Vergleiche mit deutschen Untersuchungen schwierig sein können.

Internationale wie nationale Studien zeigen, dass Schüler/-innen den Chemieunterricht wenig attraktiv finden und die zumeist zu Beginn des Chemieunterrichts noch vorhandene Motivation der Schüler/-innen mit zunehmendem Alter bzw. der Menge des erteilten Unterrichts stark abnimmt. In der folgenden Tabelle sind einige wichtige diesbezügliche Untersuchungen kurz dargestellt:

Studie	Ergebnisse
<b>Gunacker/Lex, Österreich 1999</b>	Physik- und Chemieunterricht sind unbeliebt, mit zunehmenden Schulstufen wollen Schüler/-innen vom Physik- und Chemieunterricht „immer weniger wissen“ (Gunacker/Lex 1999, S. 4)
<b>Salta/Tzougraki, Griechenland 2004</b>	Schüler/-innen haben eine eher neutrale Haltung zu Schwierigkeit von und Interesse am Chemieunterricht; allerdings können sich nur vier Prozent der Schüler/-innen vorstellen, auch weiterhin Chemie zu belegen/studieren (Salta/Tzougraki 2004, S. 544)
<b>Cheung, Hong Kong 2009</b>	Sieben von zehn Schüler/-innen mögen den Chemieunterricht nicht; nur zwei von zehn Schüler/-innen wollen den Chemieunterricht im Wahlbereich bzw. an der Universität fortsetzen (Cheung 2009, S. 2194ff)
<b>Bennett/Hoghart, England 2009</b>	Naturwissenschaftliche Fächer werden von Schüler/-innen eher negativ gesehen; das Interesse an Chemie und Physik lässt zwischen 11 und 16 Jahren stark nach (Bennett/Hoghart 2009)
<b>Osborne et.al., Metastudie 2003; vgl auch Ramsden 1998</b>	„All is not well with school science.“ Dies liegt vor allem daran, dass Schüler/-innen keinen Zusammenhang zu ihrem eigenen Leben herstellen können (Osborne et.al. 2003, S. 1073)

Tabelle 1: Studien zur Einstellung von Schüler/-innen zum Chemieunterricht

Darüber hinaus fällt bei der Betrachtung verschiedener Studien zur Beliebtheit der bzw. zum Interesse an den Naturwissenschaften auf, was unter Lehrkräften schon längst common sense ist: Innerhalb der naturwissenschaftlich – mathematischen Fächer gibt es deutliche Unterschiede. So ist historisch und international konsistent der Biologieunterricht deutlich beliebter als der Chemieunterricht (Merzyn 2008, S. 129; vgl. auch Salta/Tzougraki 2004 oder Osborne/Simon/Collins 2003).

Die mangelnde Verbindung von technischen und natürlichen Aspekten in den Köpfen von Jugendlichen spiegelt sich auch in zwei aktuellen Studien im Forschungsfeld nachhaltiger Entwicklungen wider. Im „Jugendreport Natur“ wurden Jugendliche gefragt, wieviel Prozent der für ein Handy notwendigen Rohstoffe aus der Natur stammen. Lediglich 4% der Befragten antworteten korrekt mit 100%. Ein Viertel der Befragten war der Ansicht, keiner der benötigten Rohstoffe stamme aus der Natur, die übrigen kreuzten unterschiedlich hohe Werte zwischen 20 und 80% an (vgl. Brämer 2010, S. 14).

Auch in der Naturbewusstseinsstudie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) benennen die Befragten hauptsächlich *„Luft, Nahrung, Entspannung und Erholung als die wichtigsten Leistungen der Natur für den Menschen“* (BMU 2012, S. 53). Die Herkunft von Stoffen für viele technische Errungenschaften unseres modernen Lebens und damit die Bedeutung der Natur als Ressourcenquelle auch für technisch-industrielle Produktionen ist den meisten Jugendlichen also offensichtlich nicht bewusst.

Zu der Frage, warum „Natur“ so positiv besetzt ist, werden in der Literatur nur wenige Antworten versucht.

GEBHARD benennt als wesentlichen Grund für die positive Bewertung der Natur die belebende und gesundheitsförderliche Wirkung von Naturräumen:

*„Naturräume mit Wiesen, Feldern, Bäumen und Wäldern haben eine belebende Wirkung bzw. bewirken eine Erholung von geistiger Müdigkeit und Stress. Der Zusammenhang von Naturerfahrung und Gesundheit wird häufig mit evolutionären Annahmen in Verbindung gebracht, wonach eine Präferenzierung von naturnahen Umwelten und vor allem entsprechende Wirkung von Natur auf die seelische und körperliche Befindlichkeit mit biologisch fundierten Dispositionen zusammenhängen (‚Biophilie‘). Nach der ‚Attention Restoration Theory‘ von Kaplan/Kaplan (1989) wirken sich Naturräume deshalb günstig auf die Gesundheit aus, weil sie einen Abstand zum Alltagsleben bzw. Alltagstrott ermöglichen und weil Naturerfahrungen Aufmerksamkeit provozieren, die nicht anstrengt. [...] Eine Vielzahl von empirischen Befunden zeigt die günstige Wirkung von Naturerfahrungen für die Gesundheit“* (Gebhard 2010, S. 27).

Stahlmann betont die Notwendigkeit dieser Distanz von unserer industriell geprägten Realität zur Regeneration ebenfalls: *„Die Distanz von der Arbeitswelt und von einer industriell erzeugten Realität ist nötig, um sich in regelmäßigen Abständen seiner Werte und Ziele zu vergewissern, sich psychisch und physisch zu regenerieren“* (Stahlmann 2008, S. 47).



Diese – möglicherweise unbewusst – erlebte positive Wirkung von Naturräumen auf die physische, psychische und soziale Gesundheit könnte dazu beitragen, Natur so durchweg positiv zu bewerten, trotz aller Gefahren, die in einer „unzivilisierten Natur“, wie unsere Vorfahren sie über Generationen hinweg erlebten, auf den unbedarften Menschen lauern.<sup>11</sup>

Sicherlich wäre es zu einfach, die Beliebtheit eines Schulfaches monokausal über die entsprechende Gegenstandsbewertung zu erklären. In der didaktischen Literatur werden eine Vielzahl möglicher Ursachen angeführt: die subjektiv empfundene Schwierigkeit des Faches, seine Themen, Inhalte und Kontexte, mangelnder Lebensweltbezug, Methoden und Unterrichtsverfahren, Lehrerpersönlichkeiten, äußere Umstände und vieles andere (vgl. z.B. Pfeiffer 2002, S. 404).

Doch neben diesen zahlreichen Faktoren kann die „antagonistische Sicht von ‚Chemie‘ und ‚Natur““ (Scharf 1991) und die damit verbundene Einstellung der Bevölkerung (und damit auch unserer Schüler/-innen) zu diesen beiden Konzepten einen weiteren wichtigen Ansatzpunkt für mögliche Interventionen bieten. Gelingt es, etwas von der positiven Einschätzung der Natur auf die Chemie zu übertragen, kann dies vielleicht auch zu einer positiveren Bewertung des Faches beitragen.

### **I.2.3 Interventionsansätze der Chemiedidaktik**

Aus der oben dargestellten problematischen Bewertung der naturwissenschaftlichen Fächer und der mangelhaft ausgeprägten Verknüpfung beider Konzepte ergibt sich zwangsläufig die Frage, wie ein Didaktiker oder eine Lehrkraft mit dieser umgehen kann und soll. Dazu gibt es vielfältige Ideen.

Verbreitet ist momentan die Nutzung alltäglicher Kontexte zur Vermittlung chemischer Basiskonzepte, um den Schüler/-innen die Verankerung der Chemie in ihrer Lebenswirklichkeit zu demonstrieren (z.B. *Chemie im Kontext*, s.u.). Auch die Beachtung von Schülervorstellungen im

---

<sup>11</sup> Denn man darf nicht vergessen: Natur im Sinne einer unberührten, urwüchsigen Landschaft ist heute kaum noch zu finden – insbesondere nicht in hiesigen Regionen. Was wir als „Natur“ erleben, stellt größtenteils eine kultivierte und zivilisierte Naturlandschaft dar, in der vom „ursprünglich natürlichen“ wenig geblieben ist. Trotzdem steht diese Landschaft noch immer in erfrischendem Gegensatz zur gängigen Lebensumwelt der meisten Menschen, da diese sich einen Großteil des Tages in bzw. zwischen zivilisatorisch-kultürlichen Bauwerken und Errungenschaften bewegen.

Rahmen der Conceptual Change-/ Conceptual Growth-Debatte wird häufig diskutiert (zur Einführung in diese Diskussion vgl. beispielsweise Barke/Harsch 2001, Kap. 1). Auch WEITZE schlägt in diesem Rahmen einen Unterricht vor, der sich an den Präkonzepten und medial geprägten Vorurteilen der Schüler/-innen orientiert und diese mit wissenschaftlichen Erklärungskonzepten vernetzt. Dadurch könne man vermitteln, dass *„die ganze Welt aus ‚Chemikalien‘ besteht, dass eine ‚Welt ohne Chemie‘ schwer vorstellbar ist [...] Dass es nicht schadet, wenn jeder täglich ‚Diwasserstoffmonoxid‘ trinkt[...]“* (Weitze 2007, S. 140).

Kontextorientierte Konzepte wie *Chemie im Kontext* zielen darauf ab, den Chemieunterricht durch die Verwendung alltagsnaher, lebensweltlicher Kontexte oder durch die Behandlung von Themen, die für Jugendliche relevant sein sollen, interessanter zu gestalten. Dadurch soll zugleich ein Beitrag zum Aufbau eines rationalen Verständnisses im Umgang mit lebensweltlichen Problemsituationen geleistet und der Beitrag der Chemie zur Allgemeinbildung aufgezeigt werden (Parchmann et al. 1999, S. 191). Dies zeigt nach ersten Untersuchungen durchaus Erfolg, obwohl über die Qualität und Eignung verschiedener Kontexte und die Frage, inwieweit diese tatsächlich unterstützend wirken, kontrovers debattiert wird (vgl. Elster 2007, Harbach et al. 2012, Parchmann et al. 1999 und 2003, Sjøberg 2010 und 2012, van Vorst 2012).

Doch greifen nicht auch diese Unterrichtskonzepte zu kurz, wenn man lernpsychologische Theorien betrachtet? Parchmann, eine der Hauptvertreterinnen kontextorientierten Chemieunterrichts in Deutschland, betont selbst die Bedeutung von Emotionen und Affekten für den Lernprozess: *„Schülerurteile lassen sich ebenso wenig wie im Alltag bewährte Erklärungskonzepte allein durch neue Erkenntnisse verändern. Hier spielen neben der Abwägung fachlicher Erkenntnisse vor allem Gefühle und Überzeugungen eine wichtige Rolle“* (Parchmann/Menthe 2006, S. 126).

Sollen dauerhaft wissenschaftliche Vorstellungen bei den Schüler/-innen etabliert werden, kann man also nicht allein auf kognitive Intervention vertrauen – es müssen zugleich Anstrengungen im affektiven Bereich erfolgen. So könnten das Bild der Schüler/-innen (und somit in der weiteren Entwicklung der allgemeineren Bevölkerung) von Chemie und Chemieunterricht erweitert, die Vorurteile der Schüler/-innen bezüglich einer „guten Natur“ und einer „bösen Chemie“ abgebaut, die Etablierung wissenschaftlicher Deutungsmuster unterstützt und eine Annäherung der antagonistisch betrachteten Konzepte „Chemie“ und „Natur“ angebahnt werden.

Diese Arbeit ist meines Erachtens in einem traditionell aufgebauten Unterricht schwer leistbar. Vielmehr müssen der Zusammenhang von Chemie und Natur erlebbar gemacht<sup>12</sup> und die positive Besetzung der Natur genutzt werden, um eine dauerhafte Änderung von Einstellungen und Gefühlen zu bewirken – und zwar durch einen *Chemieunterricht in naturbezogenen Kontexten und naturnaher Umgebung*. Es reicht nicht aus, natürliche Kontexte im Klassenzimmer zu behandeln (wie z. B. bei Dietrich 1997 und 2002, Heimann et al. 1999, Lehmann et al. 1995 oder Ratermann 2001 vorgeschlagen). Kinder und Jugendliche sollten bei der Behandlung verschiedenster chemischer Fragestellungen mit allen Sinnen affektiv erleben, dass Chemie mehr ist als Industrie und Technik. Die Natur als Mittlerin positiver Gefühle einerseits und als übergeordneter Kontext mit einer Vielzahl von für Jugendliche interessanten Themen (vgl. Kap. I.6.1) andererseits bietet hier vielfältige Möglichkeiten.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch ANTON (Anton 2008 a und b). Er propagiert einen Motivationstransfer präferierter Fächer auf weniger präferierte Fächer. So könne beispielsweise durch das Naturerleben bei Outdooraktivitäten im gewöhnlich stark präferierten Fach Sport ein Sachinteresse an Phänomenen und Prozessen der Natur und damit auch den Naturwissenschaften gefördert werden.

*„Im Rahmen von Naturerlebnissen und Naturphänomenen werden die Schüler/-innen durch die bei Outdoor-Sportarten herrschenden motivationalen Faktoren zu einem Lehr-Lernprozess abgeholt, der weitgehend von ihnen selbst gesteuert ist und sie zu einem höheren Interesse an Natur heranzuführt. Weiterhin dienen sportliche Aktivitäten [...] und die damit verbundenen positiven Erlebnisse als weitere Grundlage für die Schaffung von Interesse an der Natur und damit verbunden der Naturwissenschaft“ (Anton 2008 b, S.333).*

Abbildung vier verdeutlicht den beschriebenen Prozess.

Dieses Schema lässt sich ohne weiteres auch auf einen Unterricht in der geplanten Art übertragen, allerdings ohne die Einbindung des Sportunterrichts. Der Motivationstransfer erfolgt stattdessen direkt über die positive Wirkung des Naturerlebens in lebensweltlichen, interessanten Kontexten.

---

<sup>12</sup> Einen ähnlichen Ansatz, jedoch mit anderen Schwerpunkten und Vorgehensweisen, verfolgten auch Buck und Kollegen, die sich um das Jahr 1990 herum ebenfalls mit dem „erlebbareren Zusammenhang“ zwischen Natur und naturwissenschaftlichem Unterricht beschäftigten (vgl. dazu z.B. Buck & Kranich 1995). Sie kritisierten, dass der gängige naturwissenschaftliche Unterricht ein Fremdheitsgefühl gegenüber der Natur erzeuge oder verstärke, da die im naturwissenschaftlichen Unterricht unterstellte Natur mit der persönlich erfahrenen Natur nichts zu tun habe. „Der massive Block der gelernten Fakten hat für mich weder Erfahrungs- noch Verwendungsbezüge“ (Buck & Kranich 1995, S. 7). Die vorgeschlagene Lösungsansätze eint das Ziel genuinen Verstehens von Zusammenhängen, die konkreten Unterrichtsvorschläge sind dabei stark variierend und nicht notwendigerweise auf das direkte Erleben der Natur außerhalb des Klassenzimmers gerichtet (vgl. ebd.).

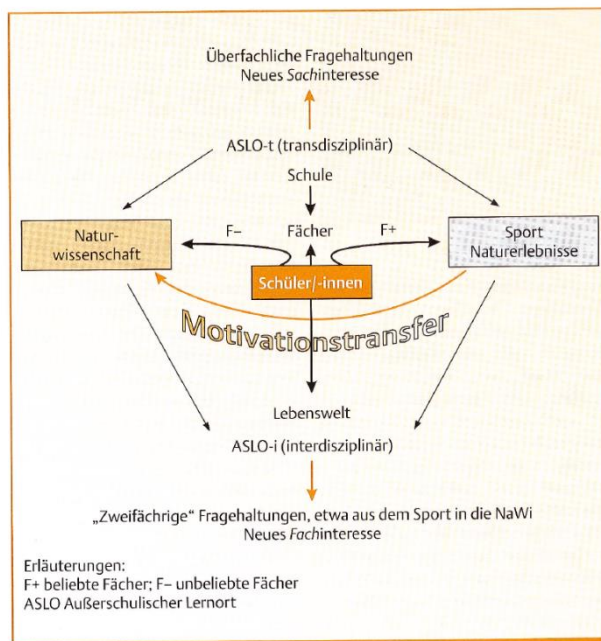


Abbildung 4: Motivationstransfer nach Anton (2008 a, S. 33)

#### I.2.4 Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept

Die geschilderte antagonistische Sicht auf Chemie und Natur ist aus fachwissenschaftlicher Sicht nicht weittragend; die eher negative Einstellung von Bevölkerung und Schüler/-innen zur Chemie und zum Chemieunterricht ist aus chemiedidaktischer Sicht sogar bedenklich. Ein Chemieunterricht im intendierten Sinne sollte also eine verwobene Betrachtung von Natur und Chemie fördern, um so zugleich emotionale und kognitive Vorbehalte der Schüler/-innen zu verhindern oder abzubauen.

### I.3 Nachhaltigkeit als „epochaltypisches Schlüsselproblem“

Wenn die Natur als wesentliche Grundlage allen Lebens in den Fokus gerückt und mit Schüler/-innen diskutiert wird, werden die Notwendigkeit nachhaltigen Handelns und die Verantwortung gegenüber unserer Umwelt unmittelbar ersichtlich. Damit bietet ein Unterricht im geschilderten Sinne zwanglos die Möglichkeit, neben den bisher dargestellten Problemkomplexen im Rahmen der Einstellung zur Chemie und Natur auch die aktuelle gesellschaftliche Debatte um die Bedeutung von Nachhaltigkeit für unsere Gesellschaft zu integrieren. Schließlich wird „Nachhaltigkeit“ im gesellschaftlichen Diskurs als *die* Aufgabe unserer Zeit interpretiert und daher zunehmend eine Integration von Aspekten nachhaltiger Entwicklung in Schule und Unterricht gefordert. Im Folgenden werden daher Grundlagen des Nachhaltigkeitsdiskurses dargestellt, um anschließend die Möglichkeiten einer Integration in den Chemieunterricht zu erörtern.

#### I.3.1 Der Begriff „Nachhaltigkeit“<sup>13</sup>

Im Jahre 1992 wurden auf der UN-Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ in Rio de Janeiro die Probleme der Gesellschaft in den Bereichen Ökologie, Wirtschaft und Soziales diskutiert. Im Abschlussdokument heißt es dazu:

*„... Wir erleben eine Festschreibung der Ungleichheiten zwischen und innerhalb von Nationen, eine Verschlimmerung von Armut, Hunger, Krankheit und Analphabetentum sowie die fortgesetzte Zerstörung der Ökosysteme, von denen unser Wohlergehen abhängt. Eine Integration von Umwelt- und Entwicklungsbelangen und die verstärkte Hinwendung auf diese wird indessen eine Deckung der Grundbedürfnisse, höhere Lebensstandards für alle, besser geschützte und bewirtschaftete Ökosysteme und eine sicherere Zukunft in größerem Wohlstand zur Folge haben. Keine Nation vermag dies allein zu erreichen, während es uns gemeinsam gelingen kann: in einer globalen Partnerschaft im Dienste der nachhaltigen Entwicklung“ (Agenda 21, S. 1).*

Aufgrund dieser Problemlage einigte sich die Weltgemeinschaft in dieser Konferenz auf das neue Entwicklungsleitbild „nachhaltige Entwicklung“, basierend auf der Erkenntnis, dass die Menschen sich mit ihrem aktuellen Lebenswandel langfristig ihrer Lebensgrundlagen berauben.

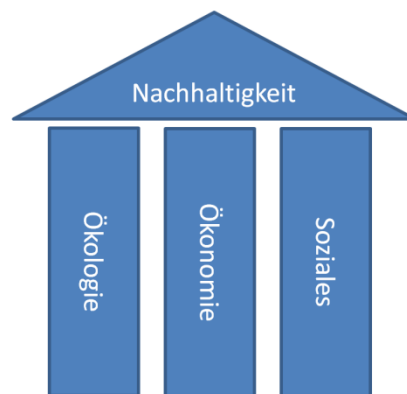
---

<sup>13</sup> Dieser Teil der Arbeit entstand aufbauend auf der Staatsarbeit von Roland Kryschan, der dort die Begriffsgeschichte umfassend recherchiert und mit entsprechenden Quellen belegt hat. Die Arbeit ist einsehbar beim Landesprüfungsamt der Universität Siegen.

Der Begriff „Nachhaltigkeit“<sup>14</sup> – in unserem heutigen Begriffsverständnis abgegrenzt zur bloßen „Dauerhaftigkeit“ – stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft und bezeichnet dort die Strategie, nicht mehr Holz zu fällen als nachwächst. Während der industriellen Revolution „expandierte“ der Begriff als „Sustained yield“ ins Englische, genauer in die amerikanische forstwissenschaftliche Literatur. Durch die Aktivitäten des „Club of Rome“ und die in seinem Auftrag erstellte Studie „Grenzen des Wachstums“ gelangte der Begriff als Rückübersetzung mit erweitertem Bedeutungsgehalt wieder in die deutsche Sprache: *„It is possible to alter these growth trends and establish a condition of ecological and economic stability that is sustainable far into the future“* (Meadows et al. 1972, S. 24).

Im Brundtland-Report „North – South – A Programm for survival“ der „World Commission on Environment and Development“ unter dem Vorsitz der langjährigen norwegischen Ministerpräsidentin Bro Harlem Brundtland von 1987 bzw. in der Übersetzung von Barbara von Bechtoldsheim findet sich dann eine Definition des Begriffs, die noch heute gültig ist und die auch in dieser Arbeit verwendet werden soll. Damals wurde das Synonym „dauerhaft“ zur Definition verwendet, welches erst später durch den Begriff „nachhaltig“ abgelöst wurde (de Haan, 1999): *„Unter ‚dauerhafter Entwicklung‘ verstehen wir eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“* (Hauff 1987, S. XV).

Man konnte sich in Rio 1992 nicht auf verbindliche Ziele einigen. Damals wurde lediglich eine zukunftsverträgliche Entwicklung im Sinne von mehr Bildung, höheren Gesundheitsstandards und besseren Ernährungsbedingungen beschlossen. Aber mit dieser Konferenz etablierte sich die Überzeugung, dass „nachhaltige Entwicklung“ nur in der Gleichzeitigkeit von Ökologie,



**Abbildung 5: 3 Säulen der Nachhaltigkeit**

Ökonomie und sozialer Gerechtigkeit gelingen kann, wie es in Abbildung fünf grafisch dargestellt wird. Die bis dato gängige Umweltbildung, die die Beförderung ökologischen Verhaltens zum Ziel hat, wurde mit dieser Vorstellung deutlich erweitert.

<sup>14</sup> Obwohl in entsprechender Literatur mitunter zu finden, wird auf eine Differenzierung der Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „nachhaltige Entwicklung“ verzichtet.

### I.3.2 Starke und schwache Nachhaltigkeit

Die grundlegenden Überlegungen zur Nachhaltigkeit sind heute in weiten Teilen unumstritten. Ein aktueller Diskussionspunkt ist jedoch, wie die drei Säulen der Nachhaltigkeit zu gewichten sind, was noch immer zu einer gewissen Diffusität des Begriffs „Nachhaltigkeit“ führt. Wie im Folgenden gezeigt wird, ist ein Lösungsansatz in dieser Diskussion die stärkere Fokussierung ökologischer Aspekte als Grundlage aller nachhaltigen Überlegungen. Dieser Ansatz birgt für die vorliegende Arbeit insofern ein erhöhtes Potential, als das ausgehend von der *Chemiedidaktik* und der Forschungsrichtung Chemie und Natur das Hauptaugenmerk auf ökologischen Aspekten liegt, wiewohl im Sinne einer ganzheitlichen Nachhaltigkeit auch ökonomische und soziale Aspekte Berücksichtigung finden – vertieft können diese jedoch besser in den entsprechenden Unterrichtsfächern behandelt werden. Daher soll diese aktuelle Debatte zur Frage nach „starker“ oder „schwacher“ Nachhaltigkeit hier kurz dargestellt werden.

STAHLMANN beispielsweise kritisiert am aktuellen Nachhaltigkeitskonzept, dass das propagierte Gleichgewicht der drei Säulen eine Gefahr für die ernsthafte Umsetzung der intendierten Ziele darstellt:

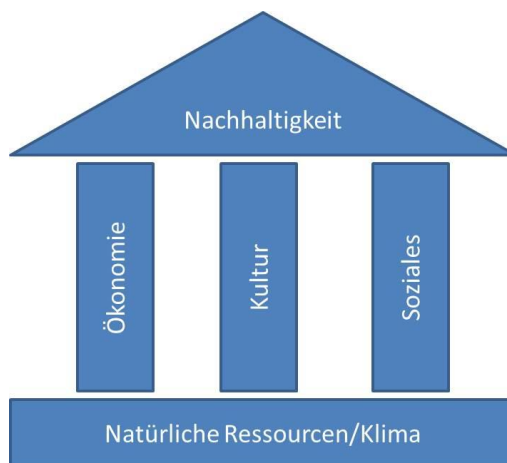
*„Das gleichberechtigte Nebeneinander von ökologischen, sozialen und ökonomischen Zielen verleitet dazu, das eine Ziel gegen das andere auszuspielen, so dass bei diesem Verständnis von nachhaltiger Entwicklung verhältnismäßig leicht Erfolge nachzuweisen sind. Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Hinweis auf den Unterschied zwischen ‚weak-‘ und ‚strong-sustainability‘. Im ersten Fall wird von gegenseitiger Substitution von Naturkapital durch Sachkapital ausgegangen (also z.B. Ersatz natürlicher Reinigungskraft von Gewässern durch Kläranlagen [...]), um das gleiche Wohlstandsniveau zu gewährleisten (bzw. vorzutäuschen). Im zweiten Fall wird die absolute Vorrangigkeit betont, das (bereits anthropogen veränderte) Naturkapital zu erhalten bzw. sogar wieder zu stärken. Bei einer ‚weak-sustainability‘ blieben die in praxi eindeutig dominierenden Wirtschaftsinteressen [...] tonangebend.“* (Stahlmann 2008, S. 60)

STAHLMANN beschreibt, dass in den meisten Industrienationen noch immer das Verständnis einer „schwachen Nachhaltigkeit“ vorherrschen würde. Als Beispiele für den Ersatz von Naturkapital durch künstliches führt er die gentechnische Manipulation zur Leistungssteigerung von Pflanzen, stärkere Düngung von Nutzflächen oder ökologisch bedenkliche Fischfarmen als Ersatz für überfischte Meere an.

*„Doch in jenen Gebieten der Erde, in denen Menschen als Selbstversorger leben und somit auf sauberes Wasser, fruchtbare Böden und biologische Vielfalt als Grundlagen ihres Wirtschaftens angewiesen sind, zeigt sich schon heute, dass ein gleichberechtigtes*

*Nebeneinander zwischen Ökologie, Sozialem und Ökonomie auf Dauer für eine nachhaltige Entwicklung nicht zielführend sein wird. [...] Zweifellos sind die Naturgesetze wichtiger als die Marktgesetze“ (ebd., S. 60f).<sup>15</sup>*

STAHLMANN wandelt daher das heute gängige Drei-Säulen-Modell im Sinne einer starken Nachhaltigkeit ab. In seinem „gewichteten Drei-Säulen-Modell“, dargestellt in Abbildung sechs, wird die grundsätzliche Bedeutsamkeit der ökologischen Dimension betont. Die Notwendigkeit, die Ökologie in alle Bereiche menschlichen Lebens zu integrieren, macht diese als „Natürliche Ressource“ zur Basis seines Modells. Die Sicherung des ökologischen Gleichgewichts hat für ihn oberste Priorität, die Entwicklung einer Gesellschaft, die menschliche Grundrechte garantiert und Wohlfahrt in kultureller Vielfalt fördert, steht an zweiter Stelle, und erst dann folgt die Organisation der Wirtschaft als Teil der Gesellschaft (vgl. ebd. S. 61). Trotzdem stehen diese drei Bereiche als gleichberechtigte Säulen nebeneinander.



**Abbildung 6: gewichtetes Drei-Säulen-Modell (verändert nach Stahlmann 2008, S. 61)**

Mit diesem gewichteten Drei-Säulen-Modell wird die Notwendigkeit betont, *absolut* verbrauchssparende und konsum einschränkende Maßnahmen zu treffen. Unter dieser Prämisse kann eine Diskussion darüber, was für ein „gutes Leben“ bei gleichzeitig gelebter Nachhaltigkeit tatsächlich notwendig ist, neue (oder vielleicht auch sehr alte) Möglichkeiten aufzeigen, um so „nachhaltig Nachhaltigkeit“ zu gewährleisten.

VOGT (2009) weist ebenfalls auf die Gefährdung der Orientierungsfunktion des Leitbildes Nachhaltigkeit hin, wenn eine Gleichberechtigung der Drei Säulen zugrunde gelegt wird:

*„Mit dem parataktischen Verständnis des Drei-Säulen-Konzeptes als bloßes Nebeneinander einer angeblichen Gleichrangigkeit von Ökologie, Ökonomie und Sozialem, die jeder nach*

<sup>15</sup> Vgl. zu dieser Kritik auch Spindler: Geschichte der Nachhaltigkeit. Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffs, pdf-Dokument, verfügbar unter [http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm](http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm) (letzter Abruf 11.12.2014).



*seinen Präferenzen interpretiert, ist die Orientierungsfunktion des Leitbildes gefährdet, denn es wird verwendet, um Widersprüche und Gegensätze zu verdecken, statt einen Konsens in Kernfragen, Zielsetzungen und Prioritäten zu festigen. Dem kann nur dadurch begegnet werden, dass der ökologische Fokus, wie er dem Begriff von seinem Ursprung her zu eigen ist, festgehalten wird.“ (S. 142)*

Dieser Fokus sei jedoch nicht hinsichtlich einer Priorität ökologischer Ziele und Werte zu verstehen, sondern verdeutliche die Bedeutsamkeit der systematischen Integration von Umweltbelangen in Bereiche und Probleme aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft, um so „eine Verflachung in Beliebigkeit und Inhaltsleere [zu] verhindern.“ (ebd.)

Die dargestellte Diskussion zeigt, dass das häufig genutzte Drei-Säulen-Modell die Gefahr birgt, fehlinterpretiert zu werden, um die dringend notwendigen Reformen zur Umsetzung eines konkreten Schutzes der Biosphäre zu umgehen. Doch versteht man das Modell in seinem ursprünglichen Bedeutungsgehalt, ist eine solche Fehlinterpretation grundsätzlich nicht zu befürchten. Bei der Entwicklung des Leitbildes ging es schließlich genau darum, eine Gleichgewichtung aller drei Bereiche zu gewährleisten. Somit sind ökologische Belange automatisch in alle Entscheidungen integriert. Die Diskussion ist also wichtig, um auf die Problematik aufmerksam zu machen, allerdings ist eine Änderung des Modells aus diesen Gründen vermutlich nicht notwendig, wenn das zugrundeliegende Leitbild konsequent umgesetzt wird.

### **I.3.3 Bildung für nachhaltige Entwicklung**

In der Folge der Agenda 21 entwickelten sich zahlreiche Absichtserklärungen, Beschlüsse und Programme, die die Umsetzung des Leitbildes „nachhaltige Entwicklung“ befördern sollten und sollen (z.B. das Programm 21 der Bund-Länder-Kommission). Der für diese Arbeit entscheidende Bereich ist die Frage, inwieweit Bildung als Motor nachhaltiger Entwicklung fungieren kann. In Kapitel 36 der Agenda 21 wird Bildung als „*unerlässliche Voraussetzung für die Förderung der nachhaltigen Entwicklung und die bessere Befähigung der Menschen, sich mit Umwelt- und Entwicklungsfragen auseinanderzusetzen*“ beschrieben. Bildung sei unerlässlich zur Generierung von Einstellungen und Werten und zur Schaffung eines ökologischen und ethischen Bewusstseins, um Menschen zu nachhaltigem Handeln und zur Partizipation an entsprechenden Entscheidungsprozessen zu befähigen (Agenda 21, S. 329).

Bildung wird also als elementarer Baustein zur Realisierung des Leitbildes nachhaltiger Entwicklung aufgefasst. In Deutschland wurde darauf reagiert<sup>16</sup> und ein Förderprogramm zur „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (kurz BNE) entworfen. In den Jahren 1998/99 beschäftigte sich eine Kommission unter der Leitung von Gerhard de Haan und Dorothee Harenberg im Auftrag der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (kurz BLK) mit der Frage, wie BNE gelingen kann, und entwickelte schließlich eine Expertise, die in diesem Bereich Hilfestellung bieten sollte (Haan/Harenberg 1999).

Die Autoren beschreiben BNE als ganzheitliches pädagogisches Handlungskonzept zur Herbeiführung eines gesellschaftlichen Wandels in den zukunftsrelevanten Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales, wobei Aspekte einer entwicklungspolitischen Bildung, der Verkehrs- und Gesundheitserziehung und der Öffnung von Schule zu integrieren seien (Haan/Harenberg 1999, S. 4). BNE ermögliche es dem Individuum, nicht nachhaltige Entwicklungsprozesse zu erkennen, das eigene Leben nachhaltig auszurichten und lokal und global nachhaltige Prozesse in Gang zu setzen. Daher sei BNE ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung (Koordinierungsstelle Programm Transfer 21 2007, S. 10).

Im Rahmen der oben genannten Expertise wurde klar hervorgehoben: mit der Vermittlung schulischen Basiswissens ist es dabei nicht getan. Vielmehr muss die Vermittlung von Orientierungswissen und die Schulung von Bewertungs- und Handlungskompetenz erfolgen, um es jungen Menschen zu ermöglichen, sich in einer heute noch unbestimmten Zukunft erfolgreich bewähren und diese aktiv mitgestalten zu können (Haan/Harenberg 1999, S. 41).<sup>17</sup> Ausgehend von dieser Erkenntnis und anderen lernpsychologischen und didaktischen Überlegungen (vgl. ebd. S. 42f) entwickelte die Kommission das Bildungsziel „Gestaltungskompetenz für nachhaltige Entwicklung“. Es basiert auf den im BLK-Orientierungsrahmen zur BNE von 1998 entwickelten didaktischen Prinzipien und Schlüsselqualifikationen einer BNE und betont die Notwendigkeit interdisziplinären Wissens, partizipativen Lernens im lokalen Umfeld und der Etablierung innovativer Strukturen:

*„Mit Gestaltungskompetenz wird das nach vorne weisende Vermögen bezeichnet, die Zukunft von Sozietäten, in denen man lebt, in aktiver Teilhabe im Sinne nachhaltiger Entwicklung modifizieren und modellieren zu können [...].“*

<sup>16</sup> Zur Übersicht vgl. Haan/Harenberg 1999, S. 36-40.

<sup>17</sup> Eine ähnliche Forderung, nämlich die systematische Verknüpfung von Sach- und Verfügungswissen einerseits und Orientierungswissen andererseits, erhob auch Mittelstraß in seinen philosophischen Diskussionen (Mittelstraß 2001, S. 75f).

*Für die Schule bedeutet das hohe Anforderungen, die sich in besonderem Maße im methodischen Bereich stellen [...].Damit wird deutlich, dass es nicht, wie in der Umweltbildung noch häufig der Fall, um die unmittelbare Erziehung zu einem veränderten Umweltverhalten geht. [...] Mit der ‚Gestaltungskompetenz‘ wird, in Absetzung zur moralisch aufgeladenen Erziehung zu umweltgerechtem Verhalten, das Konzept einer eigenständigen Urteilsbildung mitsamt der Fähigkeit zum innovativen Handeln im Feld nachhaltiger Entwicklung ins Zentrum gestellt.“ (Haan/Harenberg 1999, S. 62f)*

Wiewohl viele der hier angesprochenen Aspekte nicht neu sind, bedeutet die Formulierung der Gestaltungskompetenz doch eine Akzentverschiebung hinsichtlich älterer Ansätze, beispielsweise der Umweltbildung oder gesellschaftskritisch orientierter Bildungsansätze. Die erweiterte Diskussion dieser Aspekte ist außerdem der Verbreitung entsprechender Konzepte dienlich.

Zudem sind die verschiedenen Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz gut an die Kompetenzkategorien der OECD anschlussfähig, sodass eine breite Umsetzung in Schulen möglich ist. Tabelle zwei zeigt die gute Passung der klassischen Kompetenzbegriffe Sach- & Methodenkompetenz, Sozialkompetenz und Selbstkompetenz mit den Kompetenzbegriffen der OECD und den Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz:

Klassischer Kompetenzbegriff	Kompetenzkategorien laut OECD (2005)	Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz
Sach- und Methodenkompetenz	<b>Interaktive Anwendung von Medien und Mitteln (Tools)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit zur interaktiven Anwendung von Sprache, Symbolen und Text</li> <li>- Fähigkeit zur interaktiven Nutzung von Wissen und Information</li> <li>- Fähigkeit zur interaktiven Anwendung von Technologien</li> </ul>	T.1 Weltoffen und neue Perspektiven integrierend Wissen aufbauen T.2 Vorausschauend Denken und Handeln T.3 Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln
Sozialkompetenz	<b>Interagieren in heterogenen Gruppen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit, gute und tragfähige Beziehungen zu anderen Menschen zu unterhalten</li> <li>- Kooperationsfähigkeit</li> <li>- Fähigkeit zur Bewältigung und Lösung von Konflikten</li> </ul>	G.1 Gemeinsam mit anderen planen und handeln können G.2 An Entscheidungsprozessen partizipieren können G.3 Andere motivieren können, aktiv zu werden

Selbstkompetenz	<b>Eigenständiges Handeln</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit zum Handeln im größeren Kontext</li> <li>- Fähigkeit, Lebenspläne und persönliche Projekte zu gestalten und zu realisieren</li> <li>- Wahrnehmung von Rechten, Interessen, Grenzen und Erfordernissen</li> </ul>	E.1 Die eigenen Leitbilder und die anderer reflektieren können E.2 Selbstständig planen und handeln können E.3 Empathie und Solidarität für Benachteiligte zeigen können E.4 Sich motivieren können, aktiv zu werden
-----------------	---	---

**Tabelle 2: Anschlussfähigkeit der Gestaltungskompetenz an die OECD-Vorgaben  
(nach Programm Transfer 21 2007, S. 16)**

Im Anschluss an diese Überlegungen wurde von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung das „Programm 21“ bzw. „Transfer 21“ durchgeführt, welches der Verankerung der BNE in den Schulen und der Erprobung des Konzepts „Gestaltungskompetenz“ diente und nach der Evaluation als erfolgreich bewertet wurde (Koordinierungsstelle Programm Transfer 21, 2007).

Trotz dieser reichhaltigen Arbeit auf politischer und institutioneller Ebene scheint das Konzept einer BNE in den Schulen aber nicht oder nur äußerst unzureichend angekommen zu sein. So belegt der aktuelle Jugendreport Natur, dass nur 4 % der befragten Kinder und Jugendlichen sicher sagen können, schon einmal an einer Maßnahme zur BNE teilgenommen zu haben; ein Viertel ist sich unsicher, 71 % schließen es explizit aus (Brämer 2010, S. 12). Auch das Erfragen konkreter nachhaltiger Tätigkeiten zeigt ein unzureichendes Verständnis des Nachhaltigkeitskonzepts. Es geht den Jugendlichen nicht um eine bestimmte Form der Naturnutzung, sondern eher um deren Pflege im Sinne von Ruhe und Ordnung (ebd., S. 13). Die Herkunft von Rohstoffen auch für moderne Hightechgeräte aus der Natur und die Bedeutung der Natur als Quelle nahezu aller Ressourcen unseres modernen Lebens waren den wenigsten bewusst (ebd. S. 14).

Demnach erscheint es sinnvoll, verstärkt Wert auf konkrete Maßnahmen zur Umsetzung der BNE im Unterricht zu legen. Gerade der letztgenannte Aspekt der Rohstoffgewinnung und -verwendung zeigt die Bedeutsamkeit des Chemieunterrichts für diesen Bildungsprozess auf, da durch die Vermittlung von Grundlagen der Stoffchemie in diesem Bereich relevantes systemisches und prozedurales Wissen bereitgestellt werden kann.

### I.3.4 Etablierung einer BNE im Chemieunterricht

Zur Integration von Aspekten einer BNE in den Chemieunterricht wurden bereits verschiedentlich Vorschläge gemacht; die beiden bedeutendsten Vorschläge in diesem Bereich werden im Folgenden näher vorgestellt. Dabei handelt es sich einerseits um mehrere Module und Ansatzpunkte innerhalb des Unterrichtskonzeptes *Chemie im Kontext* von PARCHMANN et al. und um Unterrichtsvorschläge aus dem Umfeld des *gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterrichts* von EILKS (Eilks/Burmeister/Jokmin 2011, Parchmann/Menthe 2006), auf den hier zuerst eingegangen wird.<sup>18</sup>

Unterrichtskonzepte mit gesellschaftskritischem Akzent sind nicht neu (vgl. Scharf 2012, S. 287). Ein Ansatz für einen gesellschaftskritisch-problemorientierten Unterricht wurde beispielsweise im Rahmen der Diskussion um die Wissenschaftsorientierung in den 1970er-/1980er-Jahren von Gerda Freise entwickelt (Freise 1983). Ein aktuelleres Konzept dieser Ausrichtung ist der gesellschaftskritisch-problemorientierte Unterricht von Ingo Eilks, der nach eigenen Aussagen auch zur Integration von Aspekten einer BNE geeignet ist:

*„Dieser Ansatz macht authentische und für die Schülerinnen und Schüler relevante Debatten aus der Gesellschaft zum Gegenstand des Chemieunterrichts. Die Schülerinnen und Schüler lernen, wie Entscheidungen über wichtige Anliegen der Gesellschaft getroffen werden. Dies hat häufig auch einen direkten Bezug zur Nachhaltigkeitsdebatte, etwa bei Fragen zu problematischen Inhaltsstoffen in Alltagsprodukten, der Nutzung nachwachsender Rohstoffe oder dem Klimawandel“* (Burmeister/Rauch/Eilks 2012a, S. 11; vgl. auch Burmeister/Rauch/Eilks 2012b).

Ein Beispiel für eine solche Unterrichtseinheit ist das Projekt „Der Klimawandel vor Gericht“ (Eilks et.al. 2011, S.12). Dabei handelt es sich um eine projektartig aufgebaute Unterrichtssequenz zur Auseinandersetzung mit den Ursachen und Folgen des Klimawandels.

Eilks argumentiert, dass der Klimawandel im Sinne Klafkis *das* epochaltypische Schlüsselproblem unserer Zeit sei. Als hochkomplexes Phänomen bedürfe es interdisziplinärer Ansätze, um seine Ursachen und Konsequenzen pädagogisch-didaktisch zu erschließen: *„Chemischen, physikalischen und biologischen Ursachen des Klimawandels stehen vielfältige soziale, ökonomische und wohl zukünftig zunehmend soziale und politische Folgen gegenüber“* (ebd., S. 8). Das Thema und die projektartige Herangehensweise schaffen nach Eilks einen guten Bezug zum Drei-Säulen-Modell

---

<sup>18</sup> Weitere Einzelbeiträge finden sich beispielsweise auch bei Bolte 2005, Gräber 2005, Eissen et al. 2002 oder Bader 2003.

der Nachhaltigkeit, den von den BLK-Modellversuchen ausgewiesenen Säulen einer BNE und de Haans Gestaltungskompetenz (vgl. ebd. S. 7 – 14).

Zu Beginn des Projektes werden zunächst fachliche Grundlagen zu den Ursachen und Folgen des Klimawandels mit einem Schwerpunkt auf dem Treibhauseffekt und dem Treibhausgas CO<sub>2</sub> erarbeitet. Der Schwerpunkt des Projektes ist aber der Erwerb von Bewertungskompetenz, also der

*„Fähigkeit und die Bereitschaft, naturwissenschaftliche Sachurteile, sozial geteilte Werte, Normen und Interessen systematisch aufeinander zu beziehen, um eigene Urteile und Handlungen argumentativ rechtfertigen zu können und fremde Urteile und Handlungen nachzuvollziehen und in ihrer Interesse-Bedingtheit zu erkennen.“* (ebd., S. 12)

Diese Kompetenz ist nach Eilks Grundvoraussetzung für die Partizipation am Nachhaltigkeitsdiskurs. Der Erwerb von Bewertungskompetenz ist Bestandteil aller Ansätze und Projekte zur Förderung einer BNE im Rahmen seines *gesellschaftskritisch-problemmorientierten Chemieunterrichts*.

Auch Parchmann weist im Rahmen des Unterrichtskonzepts *Chemie im Kontext* (vgl. Kap. 1.6) darauf hin, wie wichtig es ist, dass *„Schülerinnen und Schüler jetzt und zukünftig in der Lage sind, auf der Basis ihrer chemischen Kenntnisse Fragen und Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung zu erkennen, zu diskutieren und umzusetzen“* (Parchmann/Menthe 2006, S. 115). Parchmann ist überzeugt, dass *„gerade naturwissenschaftliche Prozesse zahlreiche Anknüpfungsmöglichkeiten für Urteilsfragen und Abwägungen nachhaltiger Entwicklungen [bieten]“* (ebd. S. 118). Dies werde im Rahmen des von ihr mitentwickelten Unterrichtskonzepts *Chemie im Kontext* beispielsweise in den Einheiten *„Treibstoffe in der Diskussion“*, *„Kohlenstoffdioxid im Blickpunkt“*, *„Mobile Energiequellen für eine mobile Welt“*, *„Müll wird wertvoll“* oder *„Nahrung für 8 Milliarden?“* umgesetzt (Parchmann/Menthe 2006).

Beide Ansätze versuchen also, Schüler/-innen zu befähigen, auf der Basis ihres chemischen Wissens im Sinne von Nachhaltigkeit relevante Prozesse zu beurteilen und Entscheidungen zu treffen.

Vergleicht man die bestehenden Konzepte bzw. Ansätze, fällt jedoch auf: In allen spielt die Chemietechnik bzw. die chemische Industrie eine entscheidende Rolle, weniger bis gar nicht

jedoch der Bezug zur Natur.<sup>19</sup> Auch bei der Debatte zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung findet sich also die assoziative Gleichsetzung von Chemie und chemischer Industrie bzw. Chemietechnik. Dies mag ein naheliegender und sinnvoller Zusammenhang sein, der beispielsweise in der Verankerung der Grundprinzipien der Green Chemistry im Schulunterricht und im Bewusstsein der Schüler/-innen viel Potential birgt. Denn gerade hier zeigt sich, dass *„Chemie auch den Schlüssel für einen verantwortungsvollen Umgang mit der Umwelt und den natürlichen Ressourcen bieten kann, ja, dass eine moderne Industriegesellschaft nur über Innovationen im Bereich der Chemie nachhaltig entwickelt werden kann“* (Eilks/Burmeister/Jokmin 2011, S. 125).

Wiewohl Green Chemistry ein wichtiger Ansatzpunkt sein kann, ist es sicherlich nicht der einzige mögliche Ansatzpunkt zur Integration einer BNE in den Chemieunterricht. Bei der Green Chemistry geht es primär um die Optimierung chemisch-industrieller Prozesse vor dem Hintergrund zunehmender Nachhaltigkeit. Dabei ist es – überspitzt ausgedrückt – zumeist so, dass „die Natur“ von „der Chemie“ gefährdet wird und diese Gefahr nun reduziert werden soll. Die Gefahr ist groß, dass die Tatsache, dass es hier nicht um das abstrakte Konzept Chemie geht, sondern um die konkrete Nutzung chemisch-technischer Prozesse durch den Menschen, ausgeblendet wird. So finden die Möglichkeiten, die eine nachhaltig ausgerichtete *Chemiewissenschaft* zum Schutz der Biosphäre und zur Lösung vieler sozial-ökonomischer Probleme beitragen kann, wenig Beachtung. Um diese Seite der Nachhaltigkeit der Chemie zu betonen, könnten beispielsweise neue Entwicklungen und Technologien im Bereich Nahrungsmittelversorgung oder Medizin thematisiert werden. Gerade in diesem Bereich bietet

---

<sup>19</sup> Eine solche Verkürzung nachhaltiger Chemie auf Aspekte einer Green Chemistry finden sich nicht nur in Unterrichtskonzepten: Auch das Umweltbundesamt stellt unter der Frage „Was ist nachhaltige Chemie?“ Aspekte der Synthesechemie bzw. der Prozessoptimierung in den Vordergrund (vgl. Umweltbundesamt 2009; zu den Grundlagen der Green Chemistry vgl. beispielsweise Eilks/Burmeister/Jokmin 2011, S. 124f; ausführlicher bei Anastas/Warner 1998). Der Vorsitzende der GDCh-Fachgruppe Nachhaltige Chemie, Prof. Dr. Matthias Beller, definiert nachhaltige Chemie entsprechend als „die Anwendung verschiedener Methoden zur Durchführung chemischer Reaktion ohne Belastung zukünftiger Generationen. [...] [Es geht darum], Technologien zu nutzen und zu entwickeln, die mit weniger Rohmaterialien und Energie auskommen, die den Gebrauch erneuerbarer Ressourcen maximieren und den Einsatz von gefährlichen Chemikalien minimieren bzw. ganz eliminieren.“ (vgl. Beller 2009, S. 4)

Dieses einseitige Verständnis einer nachhaltigen Chemie wird auch an anderer Stelle kritisiert: BRAUNGART beispielsweise verweist darauf, dass eine nachhaltige Chemie, die lediglich auf eine Perfektionierung und Optimierung bestehender Prozesse abzielt, keine echte Veränderung mit sich bringen kann. „Plainly put, eco-efficiency aspires to make the old, destructive system less so. But its goals, however admirable, are fatally limited. Reduction, reuse, and recycling slow down the rates of contamination and depletion but do not stop these processes“ (Braungart u.A. 1998, S. 4). Sein Vorschlag ist die Abkehr von der herkömmlichen Denkweise eines „weniger schädlich sein zu wollen“ (Braungart 2014, S. 37) hin zu einer Cradle-to-cradle-Chemie, die ausschließlich mit Stoffen arbeitet, die entweder für die Biosphäre nutzbringend sind oder nach dem Ende der Nutzung als biologische oder technische „Nährstoffe“ vollständig und hochwertig wiederverwendet werden können (vgl. Braungart u.a. 2006 oder Braungart u.a. 1998).

die Verknüpfung von Chemie und Natur interessante Ansatzpunkte, wie in Teil III noch genauer dargelegt wird.

Verfolgt man den Ansatz einer mehrperspektivischen BNE wie in dieser Arbeit vorgeschlagen, schließt dies auch den Erwerb von Bewertungskompetenz oder die Betrachtung aufgeführter technisch-industrieller Problemkomplexe und der Grundlagen einer Green Chemistry mit ein. Die affektive Ausrichtung auf die Einstellung von Schüler/-innen und der Blickwinkel auf die Themenkomplexe erfährt jedoch eine deutliche Akzentverschiebung – hin zu einer systematischen Integration und Verschränkung natürlicher und chemischer Aspekte.

### **I.3.5 Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept**

Die Integration von Aspekten einer BNE in einen Natur und Chemie verbindenden Chemieunterricht erscheint gewinnbringend und zwanglos möglich. Dabei sollen nicht nur Aspekte einer Green Chemistry berücksichtigt werden, sondern gerade das Potential von neuen Entwicklungen in Chemiewissenschaft und Chemietechnik für Mensch und Umwelt aufgezeigt werden.

Ausgehend vom naturnahen Forschungsschwerpunkt liegt im Rahmen dieser *chemiedidaktischen* Arbeit eine verstärkte Betrachtung ökologischer Aspekte der Nachhaltigkeit nahe – was im Sinne einer systematischen Integration ökologischer Belange in alle Lebensbereiche auch dem vertretenen Nachhaltigkeitsleitbild nicht widerspricht, solange ökonomische und soziale Aspekte ebenfalls Berücksichtigung finden. Bei der Erarbeitung der Unterrichtsmaterialien sollen daher immer auch Aspekte einer ganzheitlichen BNE berücksichtigt und, soweit möglich, auch fächerübergreifende Elemente integriert und Anstöße für einen möglichen fächerübergreifenden Unterricht gegeben werden (vgl. Teil III).



## I.4 Motivation zu nachhaltigem Handeln

Eine prägnante Zusammenfassung des Anliegens einer Bildung für nachhaltige Entwicklung lautet: „All [people] should have the awareness, knowledge, skills, values and motivation to live sustainably“ (Australian Government 2009)<sup>20</sup>. In den vergangenen Absätzen wurden bereits notwendiges Wissen und notwendige Kompetenzen diskutiert. Offen ist bisher die Frage, wie entsprechende Werthaltungen und Motivationen geschaffen werden können. Zu dieser Frage existiert im Bereich BNE wenig Forschungsmaterial. Hier kann die Auseinandersetzung mit der bereits etablierten Umweltbildungsforschung helfen, da zwar das Fernziel der Interventionsmaßnahmen (ökologisches Verhalten) enger gesteckt ist als bei einer umfassenden BNE, die notwendige motivationale Basis jedoch sehr ähnlich ist: So geht es in beiden Fällen um die Bereitschaft, eigene kurzfristige Vor- und Nachteile gegenüber einer umfassenderen Gesamtheit abzuwägen, insbesondere ökologische Auswirkungen von Verhaltensweisen mit zu berücksichtigen und – im Falle der BNE – eigene Genüsse möglicherweise zugunsten ökologischer, ökonomischer oder sozialer Effekte zurückzustellen.

Um die Frage nach den Voraussetzungen zur Schaffung entsprechender Werthaltung und Motivation zu beantworten, sollen zunächst generelle Erkenntnisse bezüglich der Bedeutsamkeit von Emotionen für diesen Prozess dargestellt werden, um diese anschließend in Zusammenhang zur Umweltbildungsforschung zu setzen.

Allgemein ist es „common sense“, dass die Vermittlung von Wissen, also von kognitiven Kompetenzen, alleine nicht ausreicht, um in Erziehungsfragen erfolgreich zu intervenieren, sondern dass auch Emotionen für den Lernprozess bedeutsam sind (z.B. Spitzer 2007). In der Forschung wird dieser Ansatz noch diskutiert, wobei tendenziell von einer Unterstützung des Lernens durch positive Emotionen ausgegangen wird (Hacher 2005).

Eine frühe wissenschaftliche Beschreibung dieser Tatsache publizierte Ciompi mit seiner Theorie der Affektlogik bereits zu Beginn der 1980er Jahre, in der er die Operatorwirkung von Affekten<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Abrufbar unter <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/13887ab8-7e03-4b3e-82bb-139b2205a0af/files/national-action-plan.rtf> (Stand 11.12.2014).

<sup>21</sup> Die Definition der Begriffe Affekt bzw. Emotion ist eine weitreichende Fragestellung (zur Problematik der begrifflichen Trennschärfe vgl. beispielsweise den zitierten Artikel Ciompis). Zweckmäßigerweise orientiert sich diese Arbeit an den Definitionen Ciompis, wonach der Begriff Affekt „globale psychophysische Zustände oder Befindlichkeiten von unterschiedlicher Dauer, Qualität und Bewusstseinsnähe“ bezeichnet (Ciompi 2001, S. 63), worunter auch kurzfristige bewusste Gefühle (oder synonym verwandt Emotionen) fallen. „Unter Gefühlen wird [...] ein bewusstes, subjektives und zugleich relativ kurz dauerndes Phänomen mit

auf das Denken darstellt. CIOMPI widersprach hier vehement der Annahme, dass logisches Denken gefühlsfrei sei. Er vertrat die Theorie, dass Affekte zwingend notwendige Mobilisatoren des Denkens seien: *„Gefühle [sind] nicht nur mit jeglichem Denken von vornherein untrennbar verbunden [...], sondern [erfüllen] darin auch ständig lebenswichtige organisatorisch-integratorische Aufgaben“* (Ciompi 2001, S. 62). Nach CIOMPI ist jede kognitive Wahrnehmung zwar etwas grundlegend anderes als ein Affekt, wird aber unmittelbar mit einem solchen in Verbindung gebracht:

*„Die ständige Interaktion zwischen den beiden komplementären Funktionssystemen beruht wesentlich auf der Tatsache, dass jeder in der Aktion als bedeutsam erlebte kognitive Unterschied affektiv bewertet (z.B. als ‚gefährlich‘ oder ‚harmlos‘, als ‚interessant‘ oder ‚uninteressant‘, als ‚böse‘ oder ‚gut‘, als ‚hässlich‘ oder ‚schön‘ etc. empfunden) und dann, wie schon erwähnt, auch zusammen mit dieser spezifischen affektiven Färbung im Gedächtnis gespeichert wird“* (ebd. S. 64).

Affekte wirken dabei biologisch und psychosozial als *„sinnvolle Organisatoren und Komplexitätsreduktoren im zunächst ufer- und strukturlosen Feld des Begegnenden“* (ebd. S. 66). Sie mobilisieren und energetisieren kognitiv-intellektuelle Prozesse. Freude und Wut beispielsweise beschleunigen, Trauer verlangsamt Denkprozesse (ebd.). Zudem sorgen sie für eine Fokussierung und eine von der Stimmung abhängige Selektion des Denkens und Wahrnehmens – dies spiegelt sich beispielsweise im zustandsabhängigen Lernen und Erinnern (ebd.). Schließlich verbinden Affekte emotional gleich oder ähnlich gefärbte kognitive Inhalte (ebd.).

Bestimmten Emotionen könnten dabei, so CIOMPI, je spezifische Wirkungen zugeordnet werden. Interesse sei für eine allgemeine Aktivierung und energetische Zuwendung verantwortlich, Angst habe eine Distanzierung zur Folge und positive Gefühle (Freude, Lust etc.) seien mit einer Annäherung an kognitive Objekte verbunden (Ciompi 2001, S. 65f).

Als ein moderner Vertreter dieser Forschungsrichtung untersucht SPITZER diesen Zusammenhang neurodidaktisch durch Messung der Hirnaktivität beim Lernen im Zusammenhang mit Emotionen und belegt die Wirkung positiver Emotionen:

*„Wir konnten nachweisen, dass der emotionale Kontext, in dem die Einspeicherung der Wörter geschieht, einen modulierenden Einfluss auf die spätere Erinnerungsleistung hat. So wurden diejenigen Wörter am besten erinnert, die in einem positiven emotionalen Kontext eingespeichert wurden. [...] Darüber hinaus konnten wir zeigen, dass unterschiedliche Hirnregionen ein späteres Erinnern vorhersagen, je nachdem, in welchem emotionalen Kontext*

---

bestimmten körperlich-vegetativen, mimisch-expressiven und neurophysiologischen ‚Begleiterscheinungen‘ verstanden“ (ebd., S. 63).

*die Wörter eingespeichert wurden [...]. [Die Ergebnisse] zeigen auch, dass Lernen bei guter Laune am besten funktioniert, und sie zeigen sogar, warum“ (Spitzer 2007, S. 166f).*

Dieser allgemeine Zusammenhang gilt auch in der Umweltbildungsforschung, wie in Forschungsarbeiten belegt wird:

*„The findings suggest that for environmental educators interested in changing environmental attitudes, emotions and beliefs, rather than knowledge, need to be targeted as sources of information on which to base their environmental programs. [...] These results indicate that both cognition and affect are important to understanding environmental attitudes in environmental education“ (Pooley und O’Connor 2000, S. 711 & 719).*

Chawla (2006) bringt diese Befunde mit dem Titel ihres Artikels „Learning to love the natural world enough to protect it“ auf den Punkt: Erst wenn ich eine positiv-emotionale Beziehung zur Natur aufgebaut habe, habe ich einen Anlass, mich für die Natur und für den Erhalt unserer Ökosysteme einzusetzen. Ähnliche Hinweise finden sich bei MAYER: *„If people feel connected to nature, then they will be less likely to harm it, for harming it would in essence be harming their very self“* Mayer 2004, S. 512).

Viele andere Studien der Umweltbildungsforschung beschäftigen sich ebenfalls mit den Fragen, wie ökologisches Verhalten befördert werden kann, inwiefern die Einstellung zur Umwelt damit zusammenhängt und wie eine solche befördert werden kann. Exemplarisch sollen hier kurz wichtige Untersuchungen dargestellt werden.

Mitte der 1980er Jahre erforschten LANGEHEINE/LEHMANN „Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein“. Sie untersuchten ein Modell, nach dem Umweltbewusstsein (aufgeteilt in ökologisches Wissen, ökologische Einstellungen und ökologisches Handeln) von den Erfahrungen mit naturnaher Umwelt in Kindheit und Jugend (familiäre Sozialisation), umweltbezogener schulischer Erziehung, umweltbezogenen Informationen durch Nutzung von Massenmedien und klassischen Persönlichkeitsvariablen abhängt. Sie gelangten in ihrer Studie zu dem Schluss, dass *„die Art und Weise, wie der Befragte als Heranwachsender Natur erlebte, [...] durchaus von Einfluss sowohl für seine jetzigen Gefühle, sein Handeln als auch sein ökologisches Wissen [ist]“* (Langeheine/Lehmann 1986, S. 126). Der stärkste Grund für die Bereitschaft, Natur zu schützen, ist ihnen zu Folge konkrete Naturerfahrung, insbesondere, wenn in der Familie der pflegliche Umgang mit Lebewesen und Sachen betont wird (vgl. ebd. Kap. 7 & 8).

Auch BÖGEHOLZ identifizierte in ihrer Arbeit einen deutlichen Zusammenhang zwischen Quantität und Qualität von Naturerfahrungen und Handlungsbereitschaft zu umweltgerechtem Verhalten bzw. zum Schutz der Biodiversität (Bögeholz 1998 und 2006).

In ersten Arbeiten Ende der 90er Jahre identifizierte sie mittels einer Querschnittstudie vier Naturerfahrungsprofile (öko-Typ, ins-Typ, äst-Typ, soz-Typ). Grundlage der Kategorienbildung waren einerseits die unterschiedliche Qualität und Quantität von Naturerfahrungen (unterschieden nach Häufigkeit und Intensität des ästhetischen, erkundenden, instrumentellen, ökologischen und sozialen Naturerlebens) und andererseits unterschiedlich große Motivation und Intention für umweltgerechtes Verhalten. Probanden mit starkem ökologischem, instrumentellem und erkundendem Naturerleben zeigten deutlich höhere Motivation und Intention zu umweltgerechtem Verhalten als Probanden mit primär sozialem oder ästhetischem Naturerleben (Bögeholz 1998).

In weiteren Studien untersuchte BÖGEHOLZ Naturerfahrungen, Interesse an Natur, Bewusstsein über deren Gefährdung, Verantwortung für den Schutz der Natur sowie das Geschlecht als Prädiktoren für die Handlungsbereitschaften, biologische Vielfalt weltweit und regional zu erhalten. Dabei weisen „Interesse an der Natur und Naturerfahrungen [...] im Hinblick auf die untersuchten Handlungsbereitschaften starke Effekte auf. Das Gefährdungsbewusstsein hat einen mittleren Effekt auf die Handlungsbereitschaften. Für die Verantwortung und das Geschlecht konnten schwache Effekte nachgewiesen werden“ (Bögeholz 2006, S. 177). Naturerfahrungen spielen dabei insbesondere für die Handlungsbereitschaft, biologische Vielfalt regional zu erhalten, eine Rolle, während für weltweite Biodiversität Naturinteresse den wichtigsten und das Bewusstsein für Gefährdungen der Natur den zweitstärksten Prädiktor darstellt (ebd.). Die geringere Bedeutsamkeit der Naturerfahrungen für den weltweiten Erhalt der Biodiversität lässt sich nach BÖGEHOLZ damit erklären, dass direkte weltweite Naturerfahrungen für Jugendliche kaum möglich sind, da sich das Naturerleben überregional meist auf mediale Begegnungen beschränkt (ebd.).

KALS entwickelte Ende der 1990er-Jahre in Anlehnung an das Norm-Aktivations-Modell von SCHWARTZ und Theorievarianten von FISHBEIN/AJZEN ein ähnliches Modell wie LANGEHEINE/LEHMANN (Kals 1998). Sie erforschte die Bedeutung von naturbezogenen Erfahrungs- und Interessensvariablen sowie moralbezogenen Kognitionen und Emotionen auf die Bereitschaft von Entscheidungen zum Schutz oder zu Lasten der Natur. Sie konnte belegen, dass die aktuelle emotionale Verbundenheit mit der Natur und das Interesse an Natur besonders wichtige Faktoren für naturschützerisches oder naturbelastendes Verhalten sind (ebd., S. 13). Dabei gilt:

*„Emotional affinity is as powerful to predict nature-protective behavior as indignation and interest in nature and together these three predictors explain up to 47% of variance of the*

*criterion variables.[...] 39% of emotional affinity toward nature traces back to present and past experience in natural environments” (Kals 1999, S. 178).*

Inwieweit nun Umwelteinstellungen und Umwelthandeln zusammenhängen, ist umstritten, da empirische Ergebnisse unterschiedlichste Korrelationen zeigen. Dies ist vermutlich jedoch kein Problem der Forschungsmethode, sondern des Forschungsgegenstandes: Forschungen zufolge gibt es eine naturgemäße Inkonsistenz zwischen Umwelteinstellung und -verhalten, welche als „attitude behaviour gap“ bezeichnet wird (Bogner 2011, S. 120). BOGNER und KAISER erklären dies in Anlehnung an die Überlegungen von SCHULTZ (2002) folgendermaßen:

Zum einen ist jedwedes Verhalten mit bestimmten „Kosten“ verbunden – beispielsweise persönliche Ressourcen, Zeit, Geld oder Anstrengung. Jeder Mensch ist normalerweise bestrebt, Verhalten auszuführen, die ihn möglichst wenig kosten, ihm dafür aber möglichst viel nutzen (Kaiser 2007, S. 244). Derartige externe Bedingungen können also den Zusammenhang zwischen Einstellung und Verhalten beeinflussen (Bogner 2011, S. 121).

Zum anderen muss ein bestimmtes Verhalten, das als ökologisch bezeichnet wird, nicht notwendigerweise aus der Ambition zum Umweltschutz entstehen: *„Bike riding can superficially look the same regardless of what attitude the bike rider has; whether bike riding is used at means (a) to stay healthy, (b) to save money, or (c) to act conservationally“* (Kaiser et al. 2007, S. 243).

Zur Erhebung des ökologischen Verhaltens müssen nach BOGNER und KAISER daher eine Vielzahl unterschiedlichster Verhaltensweisen erhoben und gewichtet werden. Die Forschungsgruppe identifiziert sechs Verhaltensbereiche: Energiesparen, Mobilität, Müllvermeidung, Recycling, Konsumverhalten und indirektes Umweltverhalten (Bogner 2011). Mithilfe des Rasch-Modells entwickelten KAISER ET AL. eine Skala selbstberichteten Umwelthandelns, in der zudem die persönlichen Kosten des Verhaltens in Form von individuellen Ressourcen einerseits und unterstützenden oder behindernden Faktoren andererseits berücksichtigt werden (General ecological behavior Scale; vgl. z.B. Kaiser 1999 und 2007).

Ähnlich wie KALS entwickelte auch KAISER in Anlehnung an die Theorie des geplanten Verhaltens von AJZEN ein Modell (dargestellt in Abb. 7), das die Entstehung einer bestimmten Umwelteinstellung und des daraus resultierenden Verhaltens erklären soll, welches deutlich weniger komplex ist als das Modell von KALS: Nach KAISER liegt jedem Verhalten eine bestimmte Verhaltensabsicht zugrunde. Diese wiederum wird einerseits von der durch Faktenwissen bedingten Einstellung gegenüber dem Verhalten und andererseits von den sich aus sozialen und moralischen Wertvorstellungen ergebenden persönlichen Normen bestimmt.

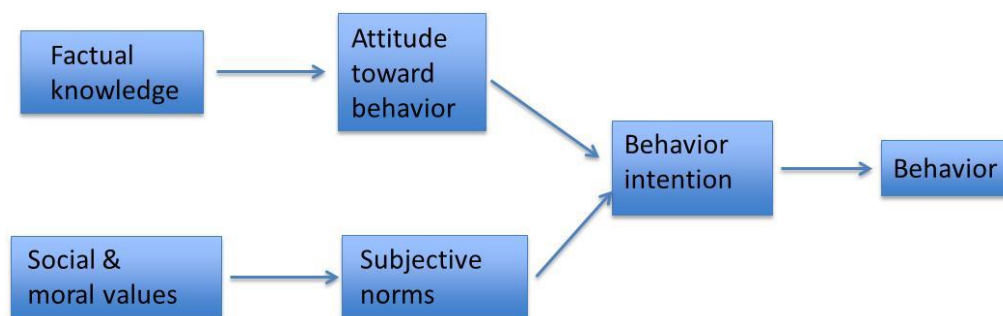


Abbildung 7: Verhaltensentstehung nach Kaiser<sup>22</sup>

KAISERS Untersuchungen ergeben, dass das Wissen um ökologische Zusammenhänge und ökologische Wertvorstellungen gemeinsam 40 % der Varianz in der Einstellung zu einem Umweltverhalten erklären, welche wiederum 75 % der Varianz des selbstberichteten Umwelthandels erklären (Kaiser 1999, S. 1). Anders als die obigen Theorievarianten beschreibt dieser Ansatz aber nicht die Entstehung der Wertvorstellungen, also die Grundbedingung zur Entstehung ökologischen Verhaltens.

Mit dieser Frage beschäftigt sich ROCZEN in einer anderen Arbeit in der Forschungsgruppe um BOGNER und KAISER (ROCZEN 2011). Sie geht der Frage nach, welche Gelingensbedingungen es für die Entstehung von Umwelthandlungskompetenz<sup>23</sup> gibt. Sie belegt mit einem von ihr entwickelten Instrument zur Messung der Naturverbundenheit von Kindern und Jugendlichen, dass Naturverbundenheit die wichtigste Variable zur Erklärung der Umwelthandlungskompetenz darstellt. Das Wissen über ökologische Zusammenhänge bildet zwar die Grundlage zum Erwerb von Umwelthandlungskompetenz, hat aber keinen direkten Einfluss auf selbige. Es beeinflusst lediglich das Wissen um Handlungsalternativen und deren Effektivität, die ihrerseits aber nur einen sehr geringen Einfluss auf das ökologische Verhalten haben. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung acht dargestellt. Die Zahlen an den Verknüpfungen geben dabei die Einflussstärke der einzelnen Faktoren aufeinander in Verbindung mit der entsprechenden Signifikanz der einzelnen Werte an.

<sup>22</sup> Nach Kaiser 1999.

<sup>23</sup> Definiert als „Disposition zu ‚zielgerichtetem ökologischen Verhalten‘“ (ebd. S. 127); in englischen Veröffentlichungen übersetzt als „ecological behavior“ (s. Abb. 8).

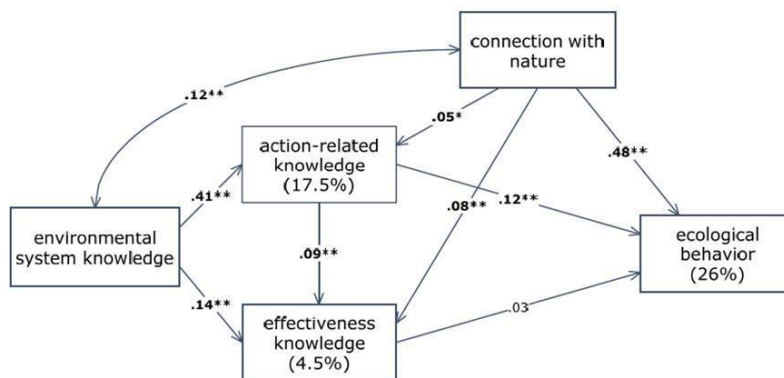


Abbildung 8: Entstehung von Umwelthandlungskompetenz nach Roczen (2011, S. 77)

Die zweite zu klärende Frage ist, wie sich diese Naturverbundenheit entwickeln kann. Mithilfe von Interviews und einer Studie belegt ROCZEN: Der Kontakt zur Natur und der Genuss des Naturaufenthaltes sind die wesentlichen Faktoren zur Ausbildung von Naturverbundenheit (Roczen 2011, Kap. 4). Dabei wirkt sich der Kontakt zur Natur sowohl direkt als auch indirekt über den Genuss des Naturaufenthaltes auf die Naturverbundenheit aus. Die Möglichkeiten, die die Lebensumgebung einer Person bietet, haben keinen direkten Einfluss auf die Naturverbundenheit, spielen aber indirekt über den Naturkontakt eine beeinflussende Rolle. Diese Zusammenhänge werden in der folgenden Abbildung neun (Roczen 2011, S. 47) visualisiert; auch hier geben die Zahlen an den Verknüpfungen die Einflussstärke der einzelnen Faktoren an, die einseitige oder zweiseitige Signifikanz werden mit einem oder zwei Sternchen gekennzeichnet.

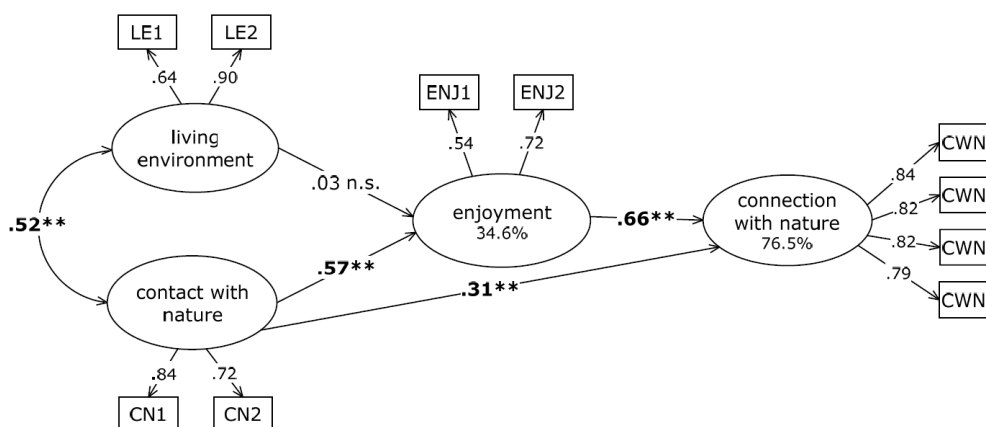


Abbildung 9: Entwicklung von Naturverbundenheit nach Roczen

CHENG und MONROE kommen zu analogen Ergebnissen. Mithilfe einer Interview- und einer Fragebogenstudie unter neunjährigen Schüler/-innen in Florida entwickeln sie den „connection to

nature index“ zur Erfassung der emotionalen Haltung von Kindern gegenüber ihrer natürlichen Umgebung.

*„The results suggest four dimensions in the children’s connection to nature index: (a) enjoyment of nature, (b) empathy for creatures, (c) sense of oneness, and (d) sense of responsibility. Children’s connection to nature influences their intention to participate in nature-based activities in the future. Children’s connection to nature, their previous experience in nature, their perceived family value toward nature, and their perceived control positively influenced their interest in performing environmentally friendly behaviors.” (Cheng/Monroe 2010, S. 1).*

Der hier beschriebene Zusammenhang zwischen den einzelnen Faktoren wird in Abbildung zehn grafisch dargestellt.

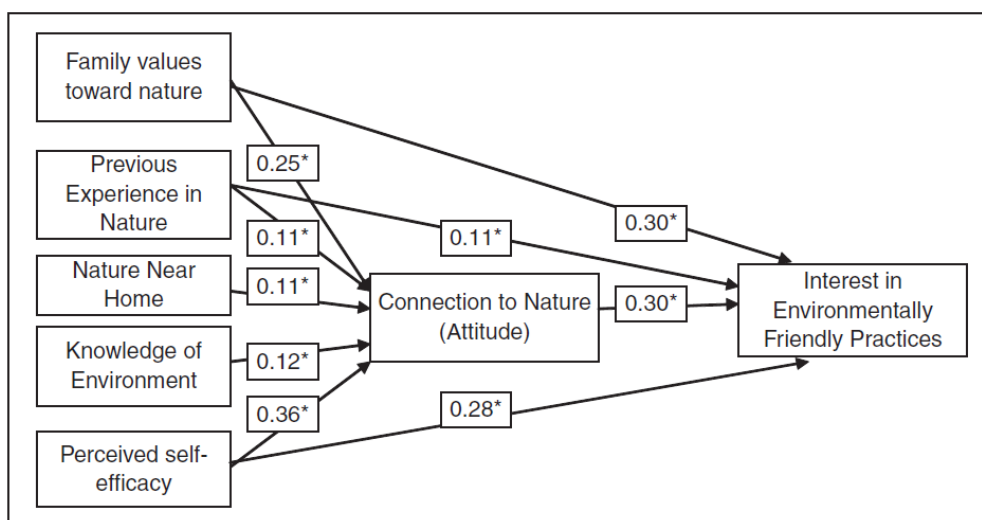


Abbildung 10: Einflussfaktoren nach Cheng/Monroe<sup>24</sup>

Entsprechendes ergab auch die Untersuchung der zu Beginn dieses Abschnitts zitierten CHAWLA, die bei einer Befragung in Norwegen positive Naturerfahrungen in der Kindheit und Vorbilder in der Familie als Hauptursache für naturschützerische Aktivitäten Erwachsener ermittelte (Chawla 2006).

### Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept

Obwohl die Gelingensbedingungen von ökologischem Verhalten und einer ökologischen Weltsicht bzw. einer positiven Natureinstellung nicht endgültig geklärt sind, weisen insgesamt viele Studien darauf hin, dass (positive) Naturerfahrungen und Naturkontakt einen erheblichen Beitrag zu deren Ausbildung leisten können und dass das ökologische Verhalten von Menschen in einem

<sup>24</sup> Cheng/Monroe 2010, S. 14.



engen Zusammenhang mit Naturerfahrungen und daraus resultierenden positiven Emotionen steht.

Durch einen Unterricht in der freien Natur könnten solche positiven Emotionen durch das direkte Erleben und das soziale Lernen generiert werden. Wenn Kinder und Jugendliche chemische Inhalte draußen lernen und dabei neben den kognitiven Lernprozessen zugleich eine emotionale Beziehung zur Natur aufbauen können, scheint dies ein starker Antrieb zur Ausbildung entsprechender Werthaltungen und damit Motivation zu einem umweltfreundlichen Handeln und so – verknüpft mit den richtigen Kontexten, Inhalten und Kompetenzbereichen – für das erfolgreiche Gelingen einer BNE zu sein. Denn obwohl BNE mehr ist als ökologisches Verhalten, ist die Bereitschaft zur Integration ökologischer Gesichtspunkte und Verhaltensweisen eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung des Leitbildes nachhaltiger Entwicklung. Eine positive Einstellung zur Natur, bedingt durch Naturkontakt und positive Naturerfahrungen, könnte diese Bereitschaft entfachen und/ oder verstärken.

In einer Welt, in der vielen Kindern und Jugendlichen der Zugang zur Natur – aus den verschiedensten Gründen – verwehrt ist, kann es also auch unter diesem Gesichtspunkt dienlich sein, Kindern und Jugendlichen im Schulunterricht die Möglichkeit konkreter Naturerfahrung zu bieten.

Unterricht in der geplanten Art sollte also nicht nur konsequent naturnahe Kontexte nutzen, sondern zusätzlich so oft sinnvoll möglich und praktikabel in naturnaher Umgebung stattfinden.

## I.5 Exkurs: Hermann Fischers „Stoff-Wechsel“

Auch in einer aktuellen populärwissenschaftlichen Veröffentlichung wird die hier vorgestellte Argumentationslinie vertreten: HERMANN FISCHER fordert in seinem Buch „Stoff-Wechsel“ (2012) vor dem Hintergrund verschiedener Problemkomplexe im Zusammenhang mit „vernetztem Denken“, Nachhaltigkeit und einer Zukunftsfähigkeit der Chemie eine Hinwendung der Chemie zur Natur. Aufgrund der besonders anschaulichen Darstellung möchte ich die Argumentation FISCHERS im Rahmen dieses Exkurses kurz darstellen.

In seinem Buch „Stoff-Wechsel“ propagiert FISCHER die Notwendigkeit einer Abkehr von der momentan gängigen erdölbasierten Petro-Chemie hin zu einer solaren Chemie auf der Grundlage nachwachsender Rohstoffe. Er legt dar, dass die Zukunft der Chemie solar sein müsse, und argumentiert, dass chemische Stoffe und Vorgänge essenzielle Bestandteile unseres Lebens, unseres Körpers sowie unserer Umgebung seien und die Chemie damit über die Dynamik und Entwicklung unserer Welt mitbestimme. Doch die bisher vorherrschenden Methoden der Stoffnutzung des Menschen störten das Gleichgewicht unserer Biosphäre und somit mittel- und langfristig unser aller Lebensgrundlagen empfindlich. Denn obwohl die Chemie eine „tolle“ und „kreative“ Wissenschaft sei, habe sie es bisher versäumt, problematische Rohstoffe, energieaufwendige Verfahren oder umweltgefährdende Produkte und Prozesse durch neue, umwelt- und lebensfreundliche Grundlagen abzulösen.

Solche Stoffe stelle uns die Natur in ihrer unglaublichen Bio-Diversität in nahezu unendlichen Mengen zur Verfügung, da sie allein durch Sonnenenergie und angemessene Bodenverhältnisse nachwachsen. Nun gelte es, diese für den Menschen nutzbar zu machen. Denn solche natürlichen Rohstoffe produzierten keine Störfälle oder Nebenwirkungen, seien vollständig recyclingfähig und könnten ganz nebenbei die Lebensqualität enorm erhöhen (vgl. Fischer 2012, S. 43ff).

FISCHER beschreibt, wie einfach und zugleich genial der zugrundeliegende Produktionsprozess ist:

*„Bei jedem Pflanzenwachstum, jeder Fruchtbildung werden tatsächlich in großem Stil Werte geschaffen. Die Ausgangsstoffe dieses natürlichen Syntheseprozesses sind allgegenwärtig und praktisch kostenlos, während die Endprodukte (Holz, Zucker, Pflanzenöle, Wachse, Farbstoffe, Duftstoffe, Gummi, medizinische Wirkstoffe usw.) einen vielhundert- oder sogar tausendfach höheren Wert darstellen.“* (ebd. S. 142)

Diese Bio-Diversität sollte nach FISCHER als Grundlage einer „Chemo-Diversität“ (ebd. S. 110) genutzt werden. Denn pflanzliche Naturstoffe seien durch eine jahrtausendelange Evolution nicht nur hinsichtlich ihrer Funktion, sondern auch hinsichtlich der Herstellung perfektioniert. Viele

Stoffe könnten von Chemikern direkt zur Produktion von Alltagsgegenständen, Medikamenten, Lebensmitteln etc. verwendet werden; bei anderen seien nur kleinere Veränderungen nötig. So würden die Kosten für die Produktion extrem reduziert und der ökologische Fußabdruck der Produkte optimiert. Langfristig werde so eine erdölunabhängige Gestaltung unseres Lebens möglich (ebd. Kap. 6 & 7).

Auch weitere Vorteile diskutiert FISCHER ausführlich, so z. B. eine zunehmende Dezentralisierung und Autarkie der Herstellung, die zum Vorteil kleinerer, mittelständischer Betriebe gereichen könne, oder auch eine Kostensenkung aufgrund der geringen Rohstoffpreise und kleinerer Energiebedarfe der solaren Chemie (z.B. ebd. S. 143f). Die von Kritikern oft angesprochene Flächenkonkurrenz nachwachsender Rohstoffe zur Lebensmittelproduktion hält FISCHER für eine „Schimäre“ (ebd. S. 171) und belegt dies durch eine Darstellung möglicher Anbaubedingungen.

Auch die in der chemischen Industrie momentan propagierte Wende zu einer „Green Chemistry“ (s.o.) stellt FISCHER als einen Schritt in die richtige Richtung, der allerdings viel zu kurz greift, dar:

*„Jeder Grundsatz für sich ist natürlich einleuchtend. Eine konsequente Anwendung wäre sogar geeignet, manche ökologischen und toxikologischen Auswüchse der konventionellen, petrochemisch basierten Chemie zu verringern. Die Gewichtung dieser zwölf Grundsätze zeigt jedoch, dass es sich letztlich um ein technokratisches Konzept ohne eine nachhaltig tragfähig und langfristig gültige Vision für eine Chemie in der postfossilen Zeit handelt. Erneuerbare Grundstoffe spielen nur ganz am Rande eine Rolle – in den aktuellen Veröffentlichungen zu diesem Thema gehen sie sogar praktisch unter.“* (ebd. S. 189)

FISCHER hält es für wichtig, die Wende zur solaren Chemie bereits in der Bildung, Aus- und Fortbildung zu verankern.

*„Die Chemikergenerationen, die in 20 Jahren einen Beitrag zur Entwicklung und industriellen Implementierung der solaren Chemie leisten wollen, gehen heute schon zur Schule. Die Einstellung zur Chemie, zu chemischen Prozessen, zu Fragen von Roh- und Grundstoffen wird also in allernächster Zukunft durch die Art ihres naturwissenschaftlichen Unterrichts geprägt werden.“* (ebd. S. 259)

Den zunehmenden Zugangsverlust der Menschen zu den Grundstoffen, aus denen ihre Lebensumwelt gebaut wird, die Gleichgültigkeit, mit der erwachsene Menschen mit Stoffen Umgehen, der Verlust der Unmittelbarkeit, die zunehmende Naturentfremdung des Menschen – all das sind nach FISCHER Hindernisse auf dem Weg zu einer solaren Chemie, weil sie dem Menschen den Antrieb nehmen, an der momentanen Situation etwas ändern zu wollen (ebd.

Kap. 4). Deshalb sei es wichtig, die Unmittelbarkeit der Erfahrung mit der Natur, ihren Kreisläufen und Möglichkeiten, wiederherzustellen – durch einen Unterricht draußen statt „in dumpfen Klassenräumen [...] – und zwar in allen Klassenstufen und auch noch für Studierende – so oft wie möglich...“ (ebd. S. 157).

Nicht nur in der Methode (Unterricht draußen), auch in einem (Teil-)Ziel von FISCHERS „Stoff-Wechsel“ – dem Bestreben, der Chemie die negative Konnotation zu nehmen – steckt eine weitere Analogie zu ...*natürlich* Chemie!:

*„Mit einem erfolgreichen Stoff-Wechsel und einer ebenso erfolgreich gestalteten Energiewende wird die Menschheit die beiden für ihre Zukunftsfähigkeit unumgänglichen Projekte bewältigt und sich aus den Nöten, Zwängen und Deformationen der fossilen und nuklearen Episode befreit haben [...]. Auch die Chemie bekommt mit der Wende zu erneuerbaren Grundstoffen eine Chance zu ihrer Erneuerung – konzeptionell, wirtschaftlich, in ihrer sozialen Funktion und natürlich in ihren materiellen Grundlagen. Im Prozess dieser Erneuerung steigt die moderne Chemie quasi aus der Unterwelt des Abgestorbenen wieder hinauf ins helle Licht der Sonne, des Lebendigen. Gelingt ihr dieser Aufstieg, dann wird sie die in den solaren Grundstoffen liegenden Erneuerungskräfte auch nutzen können, um als bedeutende, fruchtbare und faszinierende menschliche Kulturleistung vom Rande der Gesellschaft wieder in deren Mitte zurückzukehren.“* (ebd. S. 281f)

An den pathetischen und teilweise überspitzten Schilderungen FISCHERS wird bereits deutlich, dass er ein extremer Verfechter der dargestellten Position ist. Das von ihm propagierte, idealistische Gesamtbild könnte an vielen Stellen kritisch hinterfragt werden. Seiner Position soll hier auch keinesfalls in Gänze gefolgt werden, doch gerade diese Art der Darstellung macht die in den vorherigen Kapiteln aufgeworfenen Problemkomplexe und vorgeschlagenen Lösungsansätze noch einmal besonders deutlich.

## I.6 Umsetzung der vorgestellten Ideen im Unterricht

Um die bisher geschilderten Überlegungen für den Unterricht nutzbar zu machen, sind methodisch-didaktische Grundlagen nötig. Die Orientierung am übergeordneten Kontext Natur legt nahe, dass ein Unterricht in der geplanten Art auf einem kontextorientierten Konzept aufbauen kann. Hier können wertvolle Ideen und Grundlagen aus dem bekannten und gut erforschten Konzept *Chemie im Kontext (CHiK)* entnommen werden. Die für eine Umsetzung wesentlichen Punkte werden dafür im Folgenden dargestellt.

Da der Unterricht zudem zumindest partiell in der Natur bzw. in naturnaher Umgebung stattfinden soll, wird anschließend kurz auf zwei Ansätze verwiesen, die einen naturwissenschaftlichen Unterricht draußen proklamieren bzw. chemische Phänomene in der Natur aufzeigen: das Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“ (kurz EIC) und BORROWS Chemistry Trails.

### I.6.1 Chemie im Kontext

Ausgehend von Erkenntnissen der Lehr-Lern-Forschung, insbesondere den Ergebnissen der PISA-Erhebungen, den positiven Erfahrungen mit dem „Salters Advanced Chemistry Project“ in Großbritannien bzw. „Chemistry in the Community“ in den USA und den Erfahrungen im Bereich situierten Lernens wurde *CHiK* Ende des vergangenen Jahrhunderts entwickelt. Im Jahr 2002 begann man im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und den beteiligten Bundesländern finanzierten Projektes, *CHiK* in deutschen Schulen zu implementieren. Die ursprüngliche *CHiK*-Projektgruppe bestand aus den Professoren DEMUTH, GRÄSEL, PARCHMANN und RALLE (Di Fuccia 2007).

Ziel des Konzepts ist es, Schüler/-innen chemische Fachinhalte in für sie nachvollziehbaren und bedeutsamen Zusammenhängen zu präsentieren. Diese Kontexte sind dabei nicht nur als Einstieg in einen anschließend fachwissenschaftlich geprägten Unterricht gedacht, wie es im traditionellen Unterricht mitunter der Fall ist, sondern sollen den Leitfaden für die gesamte Unterrichtssequenz darstellen (ebd., S. 274).

Dabei betonen die Autoren von *CHiK* die Bedeutsamkeit situierten, verstehens- und anwendungsorientierten, aktivierenden, sozial eingebetteten und selbstgesteuerten Lernens (z.B. Parchmann et al. 2001, Parchmann/Gräsel 2004). Neben der Verwendung relevanter und interessanter Fragen und Probleme aus der Alltagswelt der Lernenden als Ausgangspunkt des Lernens zur Erarbeitung zentraler Basiskonzepte der Chemie benennen die Autoren von *CHiK* zwei

weitere Grundsätze des Konzeptes: (1) Den steten Wechsel von Dekontextualisierung (Abstraktion und Systematisierung) und Rekontextualisierung (Anwendung des Gelernten auf neue Kontexte) im Unterrichtsgang sowie (2) die Anregung von Lernaktivitäten durch eine pädagogisch wertvolle Methodenvielfalt, wobei besonderer Wert auf Formen selbstgesteuerten Lernens und kooperativen Lernens gelegt wird (Parchmann/Gräsel 2004, S. 180).

Kritiker werfen den Entwicklern solcher alltagsorientierten Ansätze vor, „*die fachliche Tiefe fiel rein oberflächlichen Betrachtungen zum Opfer oder die interne Systematik des Fachs würde verloren gehen*“ (Schmidt/Rebentisch/Parchmann 2003, S. 1). Zudem ist aus den Forschungen zum situierten Lernen bekannt, dass Erlerntes stark mit der Lernsituation verknüpft wird – was für *CHiK* bedeuten könnte, dass die enge Verbindung zu einem Kontext Abruf und Anwendung des Erlernten in anderen Situationen erschweren kann. Neben der immer wieder erfolgenden Rekontextualisierung soll in beiden Fällen das Erlernen der Basiskonzepte den geschilderten Problemen vorbeugen (vgl. z.B. Di Fuccia 2007).

Solche Basiskonzepte „*sind grundlegende chemische Konzepte, die zur Erklärung chemischer Prozesse notwendig sind*“ (Parchmann et al. 2001, S. 4). *CHiK* setzt sechs Basiskonzepte voraus: Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Donator-Akzeptor-Konzept, Energie-(Entropie)Konzept, Konzept des chemischen Gleichgewichts und Konzept der Reaktionsgeschwindigkeit, wobei die beiden letzten Konzepte in aktuelleren Arbeiten zusammengefasst werden (z.B. Di Fuccia 2007). In den aktuellen Kernlehrplänen für den Chemieunterricht findet sich die Idee der Basiskonzepte ebenfalls. Diese werden dort als „*grundlegende, für den Unterricht eingegrenzte und für Schülerinnen und Schüler nachvollziehbare Ausschnitte fachlicher Konzepte und Leitideen*“ bezeichnet, welche „*elementare Prozesse, Gesetzmäßigkeiten und Theorien der naturwissenschaftlichen Fächer strukturiert und vernetzt*“ darstellen (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW 2008, S. 10). Im Kernlehrplan werden drei Basiskonzepte unterschieden, „chemische Reaktion“, „Struktur der Materie“ und „Energie“.

Der Unterrichtsgang von *CHiK* ist stark strukturiert und folgt stets vier Schritten (vgl. Parchmann et al. 2001, 2004, Schmidt et al. 2003, Di Fuccia 2007). In einer *Phase der Begegnung* werden die Schüler/-innen mit dem Thema vertraut gemacht und können Vorerfahrungen einbringen. Anschließend werden in der *Phase der Neugier und Planung* gemeinsam Fragen an den Kontext entwickelt, die zur schrittweisen Klärung des Problems genutzt werden können. In der darauf folgenden *Phase der Erarbeitung und Präsentation* erarbeiten die Schüler/-innen die einzelnen Problemaspekte möglichst selbstständig, wobei sie von der Lehrkraft durch die Gestaltung der

Lernumgebung unterstützt werden. Für einen deutlichen Lernfortschritt aller Schüler/-innen werden die Ergebnisse im Plenum präsentiert. Den Abschluss bildet dann die *Phase der Abstraktion und Vernetzung*. Die mithilfe exemplarischer Kontexte stückweise erarbeiteten zentralen Inhalte werden dekontextualisiert und rekontextualisiert, um sicherzustellen, dass die einzelnen Elemente gut vernetzt werden und ein kontextunabhängiges Wissensfundament entstehen kann.

PARCHMANN et al. sind der Ansicht, dass mithilfe dieses Unterrichtskonzeptes vielen Problemen des Chemieunterrichts entgegen gewirkt werden kann (z.B. Anhäufung trägen Wissens, mangelnde Motivation etc.). Im Rahmen des Implementationsprojektes wurden entsprechende Studien durchgeführt, die belegen, dass *„die Veränderungen [insgesamt geeignet sind], das Interesse der Schüler am Fach Chemie zu unterstützen [...] [und] die Relevanz der Chemie besser [zu] erkennen. Das zeigt sich auch in der verbesserten Wahrnehmung der Schüler, anwendbares Wissen zu erwerben“* (Di Fuccia 2007, S. 280).

Doch PARCHMANN et al. sehen auch die Probleme, die aus Ausschließlichkeitsansprüchen entstehen können. Sie betonen, dass eine Vielzahl von Herangehensweisen im Unterricht notwendig ist, mit denen verschiedene Unterrichtskonzeptionen je nach Lerngruppe und -situation kombiniert und integriert werden (vgl. z. B. Parchmann/Gräsel 2004).

Im Rahmen von *CHiK* wird ein breites Spektrum an Kontexten verwendet. Dies liegt wohl auch daran, dass es Ziel der Implementierung des Projektes war, das Unterrichtskonzept so in den Schulen zu verankern, dass Lehrer/-innen zunehmend eigene Unterrichtseinheiten im Rahmen der Leitlinien des Konzeptes entwickeln. Doch für kontextorientierte Konzepte stellt sich die Frage, welche Themenbereiche für Schüler/-innen geeignet sind. Eine neuere großangelegte diesbezügliche Studie ist die ROSE-Erhebung (The Relevance of Science Education, Sjøberg 2004 & 2010).

In dieser internationalen Vergleichsstudie wurden die Einflussfaktoren naturwissenschaftlichen Lernens mithilfe einer Befragung zu den Interessen, Meinungen und Einstellungen Jugendlicher untersucht. Die Ergebnisse

*„belegen, dass vor allem Kontexte in Zusammenhang mit Gesundheit, Fitness, Mystik und Spektakuläres für Jugendliche interessant sind. [...] Im Vergleich der Geschlechter fällt das große Interesse der Mädchen an den Kontexten Gesundheit, Fitness, Jugend sowie Mystik und Wunder auf. Jungen hingegen sind interessiert an Spektakulärem und Horror. Beide*

*Geschlechter sind sehr interessiert an den Kontexten „Jugend“<sup>25</sup> und Gesundheit.“ (Elster 2007, S. 243 & 247)*

### **Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept**

Die Frage nach der generellen Eignung des Kontextes Natur für einen Unterricht an weiterführenden Schulen kann positiv beantwortet werden. Ein großer Teil der in der ROSE-Studie als interessant ausgewiesenen Kontexte ist an den übergeordneten Kontext Natur gut anschlussfähig. So bietet es sich beispielsweise an, Drogen bzw. Medikamente aus der Natur zu thematisieren, pflanzliche und tierische Nährstoffe zu untersuchen oder eindrucksvolle Naturschauspiele und Phänomene zu betrachten. Zwar fällt es schwer, die Kontexte „Mystik“ oder „Horror“ umzusetzen, trotzdem kann über die Kontexte „Gesundheit“, „Fitness“ oder „Jugend“ eine Orientierung an den Interessen Jugendlicher erfolgen.

Für ein kontextorientiert aufgebautes Unterrichtskonzept liefert *Chemie im Kontext* zentrale theoretische Begründungen und didaktisch-methodische Hilfestellungen. Die konkrete Umsetzung und die spezielle Ausrichtung eines Unterrichts in der geplanten Art setzen aber in wesentlichen Punkten andere Schwerpunkte als *CHiK*. So sind die Zielstellung des Unterrichts (vgl. Kap. I.1.1 und I.3.4), die sich in der Auswahl der Kontexte widerspiegelt, sowie die konkrete Unterrichtssituation deutlich spezieller. Daher kann *CHiK* als eines der ersten kontextorientierten Konzepte in Deutschland wichtige Ansätze für einen solchen Unterricht liefern, es handelt sich bei einem solchen Unterricht aber keinesfalls nur um ein weiteres Modul für *CHiK*, sondern er stellt eine deutliche Spezifizierung des bereits bestehenden Konzeptes dar.

### **1.6.2 Das Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“ und Peter Borrows Chemistry Trails**

Zwischen 1995 und 1998 fand in den USA das Projekt „Using the Environment as an Integrating Context for Learning“ statt. Die untersuchten Schulen in mehr als zehn Staaten zeichneten sich dadurch aus, dass sie mit traditionellen Strukturen der Schul- und Lernorganisation zugunsten eines neuen Unterrichtskonzepts brachen. Sie etablierten einen fächerübergreifenden Unterricht, der die schulische Umgebung – sowohl Städte und Gemeinden als auch natürliche Räume – zum Ausgangspunkt des Unterrichts machte:

---

<sup>25</sup> Unter den „Jugend-Kontexten“ fasst Elster Kontexte zusammen, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Körper und dessen Entwicklung stehen.



*„EIC-based learning is not primarily focused on learning about the environment, nor is it limited to developing environmental awareness. It is about using a school’s surroundings and community as a framework within which students can construct their own learning, guided by teachers and administrators using proven educational practices. EIC programs typically employ the environment as a comprehensive focus and framework for learning in all areas: general and disciplinary knowledge; thinking and problemsolving skills; basic life skills, such as cooperation and interpersonal communications; and, last but not least, understanding and appreciation of one’s relationship to the environment – community and natural surroundings.“*  
(Liebermann/Hoody 1998, S. 2)

Da eine Vielzahl verschiedener Einheiten im Rahmen des EIC-Programms zusammengefasst wurden, waren die jeweiligen Designs und die konkreten Vorgehensweisen recht unterschiedlich. Allen Projekten waren jedoch gewisse grundlegende Strategien gemeinsam. Es wurden verstärkt fächerübergreifende Einheiten durchgeführt, wobei besonderen Wert auf praktisches Lernen und Arbeiten, verknüpft mit problemlösendem und projektorientiertem Vorgehen gelegt wurde. Zudem wurde häufig im Team unterrichtet, sodass auf individuelle Fähigkeiten und Interessen der Schüler/-innen besser eingegangen werden konnte. Allen Einheiten war dabei die Vermittlung von Wissen über, Verständnis von und die Wertschätzung für die städtische oder natürliche Lernumgebung gemeinsam (ebd., S. 2).

Der Begriff „environment“ wurde mit Bedacht gewählt, um möglichst vielfältige Projektdesigns zu ermöglichen. Alle geographischen, landschaftlichen und sozio-ökonomischen Umgebungen der Schulen können Ausgangspunkt des Lernens sein, egal ob ein Fluss, ein Wald, ein Stadtpark o.Ä. (ebd., S. 2).

Die Erfolge der verschiedenen Programme waren gemäß den Begleitstudien hervorragend: In verschiedenen Tests sei festgestellt worden, dass bei den teilnehmenden Schüler/-innen nach Abschluss des Projektes bessere kognitive Leistungen, geringere disziplinarische Probleme sowie eine gesteigerte Lern- und Leistungsmotivation zu diagnostizieren waren. Die sprachlichen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Fähigkeiten sowie die Einstellung zu den verschiedenen Schulfächern seien verbessert, die Bedeutsamkeit des im Unterricht erworbenen Wissens sei erhöht und die Leistungsbereitschaft sei deutlich gesteigert worden (ebd., S. 4ff).

Eine ähnliche Strategie wie das EIC-Programm verfolgt auch Peter Borrows mit seinen 1984 ins Leben gerufenen Chemistry Trails:

*„It really is important to convince pupils (and some teachers) that chemistry doesn't just happen in test tubes. [...] Twenty years ago this journal introduced the idea of a chemistry trail around Pimlico School in central London. Just like a nature trail, this was a short walk around the local environment, stopping at various places and commenting on or explaining the features of chemical interest. [...] Since then, [...] I have devised other chemistry trails and others have followed suit.“ (Borrows 2006, S. 23)*

Ursprünglich wurde das Konzept als eine Art Stationen- bzw. Projektarbeit für Schüler/-innen entwickelt. Zunehmend richteten sich die verschiedenen Trails jedoch an alle Interessierten. Borrows veröffentlichte Chemistry Trails zu den verschiedensten Themen (Kolloide, Kristallisation, Geldmünzen, Chemie im Winter, Calciumverbindungen...). Dabei betrachtet er Phänomene, wie sie in der Umgebung fast jedes Menschen zu finden sind: neblige Waldlandschaften in der Dämmerung, Streuen von Salz im Winter, Stalaktiten an Dachrinnen und Brücken usw. Immer geht es darum, den Teilnehmenden die chemische Sicht auf Phänomene ihrer Umgebung nahezubringen und ihr Interesse an der sie umgebenden Wirklichkeit zu nutzen, um sie für chemische Phänomene und Erklärungen empfänglich zu machen.

Dazu dienten verschiedene Medien und Materialien, beispielsweise Broschüren zu Phänomenen, die an vielen Orten betrachtet werden können, oder Informationstafeln an ausgewählten Stationen (vgl. z.B. Borrows 2006; die veröffentlichten Chemistry Trails finden sich unter [http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry\\_trails.asp](http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry_trails.asp) (Stand 11.12.2014)).

Leider konnten bei der Recherche zu diesem Thema keine näheren Erfahrungsberichte oder Studien zur Wirksamkeit der Chemistry Trails gefunden werden. Die relativ große Resonanz lässt aber zumindest im motivationalen Bereich positive Tendenzen erahnen.

### **Zusammenfassung der Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept**

Die beiden vorgestellten Projekte nutzen die Umgebung des Menschen als Ausgangspunkt des Lernens. Dabei strebt das EIC-Programm eine tiefgreifende Reform der gesamten Unterrichtsstruktur an. So wünschenswert dies sein mag, ist die breite Umsetzung solcher Ansätze unwahrscheinlich. Auch gibt es bei den EIC-Programmen keine qualitative Beschränkung der Kontexte bzw. Lernorte, was im Zuge einer breiten Allgemeinbildung günstig ist. Für die spezielle Ausrichtung und Zielstellung eines Unterrichts in der geplanten Art muss die Auswahl der Kontexte aber unter ganz bestimmten Aspekten vorgenommen werden. Trotzdem stützt dieses Projekt die vorgestellten Ideen zu den Vorzügen eines Lernens außerhalb des Klassenraums, worunter ein naturnaher Chemieunterricht ja auch zu fassen ist. Offenbar können durch eine

Nutzung derartiger Lernumgebungen tatsächlich sowohl motivationale als auch kognitive Verbesserungen erreicht werden. Im Zusammenhang mit den verwendeten methodisch-didaktischen Grundlagen aus *CHiK* sollte dabei auch die Vermittlung chemischen Fachwissens gut integriert werden können.

In den Chemistry Trails geht es im Gegensatz zu den EIC-Programmen ausschließlich um chemische Inhalte. Ihre Präsentation im alltäglichen Leben soll einerseits eine gewisse naturwissenschaftliche Bildung vermitteln und den Menschen andererseits einen Blick auf die chemischen Aspekte ihrer Umwelt ermöglichen. Diese umfassende, positive Sicht auf Welt findet sich auch bei dem hier vorgeschlagenen Unterricht. Um aber nicht bei einem obligatorischen, chemisch angehauchten Spaziergang zu verweilen, werden zusätzlich die Basiskonzepte der Chemie und didaktisch-methodische Überlegungen einbezogen, sodass eine Anschlussfähigkeit an gängige Lehrpläne und eine Integration der Bausteine in den regulären Unterricht problemlos möglich sind. Im Sinne eines Spiralcurriculums können die Kontexte in den verschiedenen Jahrgangsstufen in unterschiedlicher Komplexität behandelt werden, um so eine aufeinander aufbauende, systematische Wissens- und Kompetenzaneignung zu ermöglichen.

## Teil II: Statistische Erhebung

Ausgehend von den theoretischen Hintergründen wurde eine statistische Erhebung geplant und durchgeführt, um zu überprüfen, inwieweit die in der Literatur dargestellten Befunde sich bei örtlichen Schülerpopulationen wiederfinden lassen und welche Möglichkeiten sich für das zu entwickelnde Unterrichtskonzept ergeben. In diesem zweiten Teil werden zunächst das Untersuchungsdesign und die Durchführung geschildert, anschließend werden wichtige Ergebnisse dargestellt und interpretiert.

Aus den im ersten Teil geschilderten Forschungsansätzen und Theorien ergeben sich drei wichtige Fragenkomplexe bezüglich des zu entwickelnden Unterrichtskonzeptes:

- (1) Sind die Einschätzungen von bzw. Einstellungen gegenüber Chemie und Natur heute und bei den Schülerinnen und Schülern vor Ort so unterschiedlich (schlecht versus gut) und die Vorstellungen von den beiden Konzepten so einseitig (technisch/industriell versus positiv/romantisch) wie früher beobachtet?
- (2) Wie hoch ist die Naturverbundenheit der befragten Schüler/-innen? Damit verbunden: Ist die Naturverbundenheit gerade im ländlich geprägten Raum bereits so stark ausgeprägt, dass eine Förderung derselben nicht notwendig erscheint?
- (3) Inwieweit sind Schüler/-innen am Ende der Dekade für die Bildung für nachhaltige Entwicklung mit dem Konzept der BNE vertraut?

### II.1 Untersuchungsdesign und Durchführung der Erhebung

Um Antworten auf diese drei Fragen zu erhalten, wurde im Frühjahr 2013 eine statistische Erhebung an Schulen im Raum Siegen-Wittgenstein und Olpe durchgeführt.

Dafür wurde ein Fragebogen mit drei Teilen erstellt. Der erste Teil enthält drei offene Fragen zur Definition von Chemie, Natur und nachhaltiger Entwicklung, der zweite zwei OSGOODSche Differentiale zu Chemie und Natur und der dritte ROCZENS Items zur Erhebung der Naturverbundenheit.<sup>26</sup>

Mithilfe der offenen Fragen sollten die Vorstellungen der Jugendlichen zu den Konzepten Chemie und Natur erhoben und die Verbreitung des Konzeptes BNE bei den Jugendlichen erfasst werden. Die OSGOODSchen Differentiale (Osgood et al. 1957) wurden in der Tradition bereits durchgeführter Erhebungen an der Universität Siegen ausgewählt, um bezüglich der Einstellung

---

<sup>26</sup> Fragebogen im Anhang.

der Jugendlichen Vergleiche mit früheren Untersuchungen anstellen zu können. Zudem sind diese semantischen Differentiale eine Möglichkeit, durch ihre indirekte Fragestellung vor allem unbewusste Einstellungen zu testen.<sup>27</sup> Dies erscheint insofern nützlich, da gerade im Bereich von Wertungen und Einstellungen soziale Erwünschtheit Ergebnisse direkter Erhebungen beeinflussen kann.

Im Rahmen von Diskussionen und Vorträgen wurde gelegentlich angemerkt, dass das verwendete OSGOODsche Differential durch die verwendeten Gegensatzpaare zu subjektiv geprägt sei. Im Rahmen kleinerer Vortests konnten diese Befürchtungen nicht bestätigt werden. Hierfür wurde 65 Studenten eine Liste mit jeweils einer Seite der verwendeten Begriffe (je ein Teil des Adjektivpaares) vorgelegt. Die Studenten und Studentinnen wurden gebeten, ein gegensätzliches Adjektiv zu formulieren.

Bei einem Großteil der Begriffe nannten die Studenten zu mehr als 50% die im vorgeschlagenen OSGOODschen Differential verwendeten Adjektive. Lediglich die Adjektivpaare „aggressiv – friedlich“ und „nützlich – schädlich“ fanden nur Zustimmungen von unter 30% (aggressiv – friedlich) bzw. unter 10% (nützlich – schädlich). Die Alternativvorschläge bildeten aber lediglich einfache verneinte Adjektive (nützlich – unnützlich oder friedlich – unfriedlich) oder Adjektive wurden von nur einem bis fünf Studenten genannt. Die Angaben bildeten also keine Alternativen zu den bereits verwendeten Adjektiven. Die benutzten Gegensatzpaare konnten demgemäß validiert werden. Das verwendete Differential ist in Abbildung 11 dargestellt.

Was empfindest du, wenn du an Natur denkst?								
<i>Bitte antworte schnell und spontan, auch wenn dir die entsprechende Zuordnung merkwürdig vorkommt. Markiere jeweils die Position zwischen zwei Adjektiven, die deine Empfindung am besten beschreibt.</i>								
N A T U R								
gut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	böse
aggressiv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	friedlich
schön	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	hässlich
nützlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schädlich
natürlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unnatürlich
krank	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	gesund
wertvoll	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wertlos
unwichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	wichtig
ungiftig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	giftig
sauber	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	schmutzig

Abbildung 11: Das verwendete OSGOOD'sche Differential am Beispiel des Naturbegriffs (Auszug aus dem Fragebogen)

<sup>27</sup> Diese Methode wurde bereits ausführlich diskutiert, vgl. bspw. Bergler 1975.

Im Bereich Naturverbundenheit und ökologischer Einstellungen stehen verschiedene bereits erprobte Skalen zur Auswahl. Vielfach verwendet werden neben den bereits vorgestellten Skalen von KAISER und ROCZEN (vgl. I.4) beispielsweise DUNLAPS NEP – Skala, MAYERS „connectedness with nature scale“ und BOGNER'S 2-MEV – Skala.

DUNLAP entwickelte 1978 die „New-Environmental-Paradigm-Scale“ (NEP-Skala), die der Erforschung der „Weltsicht“ der Probanden dient. Mit ihren ca. 15 Items (im Laufe der Zeit entstanden verschiedene Versionen) soll erhoben werden, ob eine eher ökologische (NEP) oder anthropozentrische (DSP, dominant social paradigm) Weltsicht vorliegt. Im Jahre 2007 wurde die ursprünglich für Erwachsene entwickelte Skala für Kinder und Jugendliche angepasst (Dunlap 2000 und 2008, Manolie et al. 2007). MAYER kritisierte, dass diese Skala sich nicht zur Erfassung affektiver Beziehungen eigne, da kognitive Überzeugungen bzw. allgemeine Einschätzungen erfasst würden. Er entwickelte daher die „connectedness with nature scale“, die dieses Defizit ausgleichen sollte. Die verwendeten Items sind aber ausschließlich Selbsteinschätzungen (z. B. „I feel as though I belong to the Earth as equally as it belongs to me“), sodass deren Eignung bei der Befragung von Kindern und Jugendlichen fragwürdig erscheint.

BOGNER kritisiert, dass Dunlaps NEP-Skala, ähnlich wie andere Konstrukte der 80er- und 90er-Jahre (Einstellungskonstrukt von Urban 1986, individuelles Umweltbewusstsein von Schahn/Holzer 1990 u.a.) lediglich *„essentielle Teilaspekte des Umweltbewusstseins [erfasst und] dabei oft von anthropozentrischen oder ökozentrischen Sichtweisen der Umgebung und Umwelt aus[geht]“* (Bogner 2011, S. 110f). In Anlehnung an die Persönlichkeitsforschung am Ende des 20. Jahrhunderts entwickelte er die 2-MEV-Skala (2-MEV = 2-Major Environmental Values), deren Hauptanliegen es ist, die beiden Sekundärfaktoren, die die Entstehung ökologischer Werte bedingen, zu erfassen:

*„Ecological values are determined by one's position on two orthogonal dimensions, a biocentric dimension that reflects conservation and protection of the environment (Preservation), and an anthropocentric dimension that reflects the utilisation of natural resources (Utilisation)“* (Wisemann/Bogner 2003, zitiert nach Bogner 2011, S. 116f).

Diese beiden Sekundärfaktoren fassen laut BOGNER existierende Einzelkonstrukte wie das „Genießen der Natur“, die „berichtete Handlungsbereitschaft“ oder die „Grenzen des Wachstums“ zusammen (vgl. ebd. S. 117).

Die Skalen von DUNLAP, BOGNER und KAISER beziehen sich stärker auf das ökologische Verhalten oder die Weltsicht der Befragten, nicht auf die zugrunde liegende emotionale Einstellung gegenüber der Natur (s.o.). Die Skala MAYERS ist aus den genannten Gründen für Jugendliche

möglicherweise problematisch. Daher wurde die Naturverbundenheitsskala von ROCZEN ausgewählt. Sie erfasst von den bekannten Skalen als einzige direkt und auf Kinder und Jugendliche bezogen Naturverbundenheit (vgl. Roczen 2011). Daher sollte diese Skala in der statistischen Erhebung verwendet werden.

Der Fragebogen wurde im November 2012 zunächst mit 50 Schüler/-innen eines Olper Gymnasiums getestet. Durch die Beobachtung des Verhaltens der Jugendlichen beim Ausfüllen der Fragebögen und anschließende Gespräche mit einzelnen Jugendlichen konnte festgestellt werden, dass die Skalen grundsätzlich geeignet und für die Jugendlichen lösbar waren. Auch die vorgesehene Bearbeitungszeit von ca. 15 bis 20 Minuten konnte eingehalten werden.

Im Rahmen dieses Vortests sollte insbesondere der Umgang der Jugendlichen mit der Skala zur Erfassung der Naturverbundenheit geprüft werden. Im Original besteht die Skala aus 17 Items mit einer vierstufigen Likert-Skala und 23 Items mit einem dichotomen Antwortformat. Zur einfacheren Auswertung waren für diese Erhebung alle Items mit einer vierstufigen Likert-Skala versehen worden. Auch sollte die Skala nicht wie im Original über eine Rasch-Skalierung, sondern über eine Mittelwertsberechnung ausgewertet werden, da einerseits die Stichprobengröße für eine Rasch-Skalierung recht gering war und technische und methodische Voraussetzungen für diese Art der Auswertung fehlten.

Das gewählte Format bereitete den Jugendlichen keine Schwierigkeiten, wie sich bei den abschließenden Gesprächen zeigte. Auch die Auswertung über Mittelwertsberechnungen war ohne Probleme möglich, wie die vergleichende Auswertung der Modalwerte zeigte (vgl. dazu auch die Auswertung der eigentlichen Erhebung auf S. 71 – 73).

Im Anschluss an diesen Vortest wurde die eigentliche Erhebung im Frühjahr 2013 durchgeführt. Verschiedene weiterführende Schulen der Region wurden um ihre Mithilfe gebeten. In Absprache mit den Schulen, die zur Mitarbeit bereit waren, wurden 160 Fragebögen an Schüler/-innen der achten und neunten Jahrgangsstufe an Gymnasien verteilt, davon wurden 153 ausgefüllt zurück gesandt. 60 Fragebögen wurden an Hauptschüler/-innen verteilt (53 Teilnehmer/-innen) und 50 an Realschüler/-innen (43 Teilnehmer/-innen). Insgesamt nahmen also 249 Schüler/-innen an der Befragung teil (die Diskrepanz zwischen ausgeteilten Fragebögen und Rücklauf erklärt sich daraus, dass zur Sicherheit immer ein bis zwei Fragebögen mehr an die Kurslehrer/-innen versandt wurden und einige Schüler/-innen am Durchführungstag krank waren).

Von den teilnehmenden Gymnasiasten waren 66 männlich und 84 weiblich. Drei Schüler/-innen machten keine Angaben zu ihrem Geschlecht. An den Hauptschulen nahmen 28 Jungen und 23 Mädchen teil (zwei Fragebögen ohne Angabe), an den Realschulen waren es 19 Jungen und 23 Mädchen (ein Fragebogen o.A.). Insgesamt war das Verhältnis von Mädchen und Jungen also recht ausgeglichen.

Durch die lokal begrenzte Auswahl der Schulen wurde ein besonderer Schwerpunkt auf Schüler/-innen im Raum Siegen-Wittgenstein und Olpe gelegt. Dies bedeutete eine Fokussierung kleinstädtisch bzw. ländlich geprägter Probanden, was besonders hinsichtlich der Naturverbundenheit interessant ist. Allerdings würde eine größere Stichprobe demgegenüber zu differenzierteren Ergebnissen führen.

Die Verwendung standardisierter und in größerem Rahmen erprobter Skalen sollte die Validität der Untersuchung sichern. Gerade hinsichtlich der qualitativen Daten könnte allerdings die Reliabilität der Erhebung ein Problem darstellen, da die notwendigen Kategorisierungen und Codierungen stark subjektiv sind. Hier wurde durch die Überprüfung von Inter-Coder-Reliabilitäten mehrerer Auswerter/-innen und die kommunikative Validierung der Kategorisierungen und Codierungen versucht, die subjektive Färbung zu minimieren (vgl. Kap.II.2).

Zur Schaffung einer möglichst hohen Durchführungsobjektivität waren die Rahmenbedingungen für alle teilnehmenden Schüler/-innen annähernd gleich. Der Fragebogen wurde jeweils zu Beginn des Chemieunterrichts verteilt, sodass ausreichend Zeit zur Bearbeitung zur Verfügung stand. Die Kurslehrer/-innen erhielten eine kurze Anleitung zur Durchführung, um möglichst einheitliche Bedingungen zu schaffen. Zudem war dem Fragebogen eine kurze schriftliche Instruktion vorangestellt, in der die Schüler/-innen (1) darauf hingewiesen wurden, dass es keine richtigen oder falschen Antworten gibt und (2) ermutigt wurden, eine eigene Antwort zu formulieren, ohne beispielsweise auf ihre Nachbarinnen und Nachbarn zu achten.



## II.2 Auswertung der Erhebung

Die Auswertung der quantitativen Skalen erfolgte mittels SPSS (Version 20); die qualitativen Daten wurden mit MaxQDA analysiert. Diese beiden Teilbereiche werden zunächst getrennt voneinander vorgestellt und abschließend gemeinsam interpretiert.

### II.2.1 Sichtung und Analyse der qualitativen Daten

Um die Frage nach der Vorstellung der Schüler/-innen, die hinter den Begriffen Chemie, Natur und nachhaltiger Entwicklung stehen, erfassen zu können, wurden die Antworten der Schüler/-innen auf die drei offenen Fragen in Anlehnung an Lamnek (vgl. Kuckartz 2012, S. 36) zunächst in eine MaxQDA-Datei eingepflegt bzw. transkribiert, anschließend kategorisiert und codiert. Die Codierungen wurden durch eine stichprobenartige Überprüfung der Inter-Coder-Reliabilität mit zwei weiteren Codierern abgesichert.

Die Kategorisierung erfolgte dabei in Anlehnung an die inhaltlich-strukturierende qualitative Inhaltsanalyse (ebd., S. 77 – 98) sowohl induktiv als auch deduktiv. Aus Literatur und vorangegangenen Forschungen waren für die Frage nach der Definition von Chemie Kategorien wie „Experimente“, „Formeln“, „Wissenschaft“ oder „Lehre von Stoffen“ deduktiv zu erwarten. Diese Erwartungen wurden am Material geprüft und gegebenenfalls modifiziert. Weitere Kategorien ergaben sich erst durch ein induktives Bestimmen von Subkategorien am Material (ebd., S. 83f). So ergab sich letztlich das in Tabelle drei dargestellte Codesystem.

Wie Tabelle drei zeigt, konnten für die Frage nach der Definition des Begriffes Chemie zehn Kategorien gefunden werden. Die umfassendste Kategorie wurde als „allumfassender Chemiebegriff“ bezeichnet und enthält Antworten, die die Chemie als allgegenwärtiges Prinzip irdischen Lebens identifizieren. Außerdem gibt es eher anwendungsorientierte Kategorien wie „Wissenschaft und Forschung“ oder „Experimente“. Daneben waren aber auch Definitionen vertreten, die eine eher formale Chemie („Formeln u.Ä.“) oder die Chemie auf der „submikroskopischen Ebene“ in den Blick rückten.

Für die Frage nach der Definition des Begriffs nachhaltige Entwicklung wurden vier Kategorien gefunden. Diese reichten von der Unkenntnis der Probanden („fehlerhafte oder zu verkürzte Interpretation des Konzeptes“) über die Wiedergabe von Bruchstücken oder einzelnen korrekten Aspekten bis zu einer im Wesentlichen korrekten Wiedergabe des Konzeptes.

Bei der Frage nach der Naturdefinition schließlich konnten sieben größere Kategorien identifiziert werden, wobei sich die Kategorien „umfassender Begriff“ und „assoziative Bezüge“ noch einmal in feinere Subkategorien gliedern lassen. Neben diesen umfassenden Naturdefinitionen finden sich auch solche mit religiösem oder göttlichem Bezug sowie einer expliziten Abgrenzung des Natürlichen vom Menschlich-kulturellen. Eine positive bis romantisierende Wertung konnte in verschiedensten Definitionsarten festgestellt werden; daher wurden in diesen Fällen Doppel-Codierungen vorgenommen.

Der so entstandene Codierleitfaden<sup>28</sup> wurde zunächst mit zwei weiteren Codierern diskutiert und gemeinsam bewertet. So konnten letzte Unklarheiten hinsichtlich der Abgrenzung von Subkategorien oder Ähnlichem ausgeräumt werden. Anschließend codierten die zwei zusätzlichen Codierer 25% zufällig ausgewählten Materials doppelt, um die Inter-Coder-Reliabilität zu prüfen und so die Reliabilität der Kategorisierung und Codierung zu untersuchen und gegebenenfalls durch Überarbeitung des Codierleitfadens und eine erneute Prüfung des Materials zu erhöhen. Da bei der Prüfung der Inter-Coder-Reliabilität eine Übereinstimmung von 93,07% erreicht wurde,<sup>29</sup> war dieser letzte Schritt jedoch nicht notwendig (nach Rössler 2012, S. 192, werden bei inhaltlichen Kategorien Übereinstimmungen von über 80% als hinreichend erachtet).

<b>Frage 1: Was verstehst du unter Chemie?</b>	
<b>Code</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>Allumfassender Begriff</b>	Chemie als allgegenwärtiges Prinzip
<b>Submikroskopische Ebene</b>	Fokussierung der klein(st)en Teilchen
<b>Formeln u.Ä.</b>	Bezugnahme auf Formalismen
<b>Reihung verschiedener Assoziationen</b>	Thematisch nicht zusammenhängende Aufzählung von Assoziationen zum Begriff
<b>Wissenschaft und Forschung</b>	Fokussierung auf die Wissenschaft Chemie und die Erkenntnisgewinnung
<b>Erforschung von Natur und Umwelt</b>	Zusätzlich zur Betonung des Forschungsaspektes direkte Bezugnahmen auf Natur oder Umwelt
<b>Experimente</b>	Direkte Nennung des Begriffs oder Umschreibung des Vorgangs
<b>Stoffchemie</b>	Bezug auf die Betrachtung/ Untersuchung/ Lehre von Stoffen mit Nennung des Stoffbegriffs
<b>Chemische Reaktion</b>	Fokussierung der Stoffumwandlung
<b>Schulchemie</b>	Bezugnahme auf Schulisches – Lehrer, Unterricht etc.

<sup>28</sup> Vgl. Anhang.

<sup>29</sup> Vgl. Anhang.

Frage 2: Was verstehst du unter nachhaltiger Entwicklung?	
Code	Erläuterung
<b>Das Konzept wird im Wesentlichen korrekt wiedergegeben</b>	Bezugnahme auf die drei Aspekte der Nachhaltigkeit
<b>Einzelne Aspekte des Konzeptes werden korrekt wiedergegeben</b>	Schüler/-innen können (mehrere) Teilaspekte des Konzeptes korrekt wiedergeben, die nicht allein unter Generationengerechtigkeit oder ökologische Nachhaltigkeit fallen.
<b>Bruchstücke werden reproduziert</b>	Bei (großzügiger) Interpretation kann davon ausgegangen werden, dass Schüler/-innen sich bereits mit dem Konzept beschäftigt haben und Bruchstücke davon noch erinnert/ reproduziert werden können.
<b>Fehlerhafte oder zu verkürzte Interpretation des Konzeptes</b>	Auch bei großzügiger Auslegung ist das Konzept so entstellt, dass wesentliche Merkmale nicht wiedererkannt werden können.

Frage 3: Was verstehst du unter Natur?		
Code	Erläuterung	
<b>Abgrenzung zu Mensch/ Kultur</b>	Natur wird ausdrücklich als nicht-menschlich oder nicht-kultürlich beschrieben.	
<b>Umfassender Begriff</b>	Irdisches Leben	Es wird Bezug auf „die Erde“ oder das gesamte Leben auf der Erde genommen.
	Die Umwelt	Direkte Nennung des Begriffs Umwelt oder Bezugnahme auf das, was uns umgibt
	Was draußen ist	Nennung des Wortes draußen oder Bezugnahme auf Leben außerhalb von Gebäuden
	Lebewesen	Im Rahmen einer umfassenden Definition wird der Begriff Lebewesen explizit genannt.
<b>Assoziative Bezüge</b>	Wahllose Reihung	Reihe von Assoziationen ohne erkennbaren Zusammenhang
	Etwas Grünes	Nennung des Wortes „grün“ in einer assoziativen Reihe
	Etwas Natürliches	Wörtlicher Bezug auf Natur/ etwas Natürliches im Sinne von „ursprünglich“
	Aufzählung von Dingen, die als „Natur“ bezeichnet werden	Aufzählung von Dingen, die allgemein der Natur zugeordnet werden
<b>Positive bis romantisierende Wertung</b>	Es werden direkt oder indirekt positive oder sogar idealisierende Konnotationen des Naturbegriffs deutlich.	
<b>Mensch als Teil der Natur</b>	Der Mensch oder vom Menschen Geschaffenes etc. werden explizit als Teil der Natur benannt bzw. in der Aufzählung mitgeführt.	
<b>Umweltschäden</b>	Es werden Umweltschäden oder Naturzerstörungen benannt.	
<b>Religiöser/ göttlicher Bezug</b>	Es wird explizit auf Gott oder ein höheres Wesen verwiesen.	

Tabelle 3: Übersicht über das Kategoriensystem mit kurzer Erklärung

## II.2.2 Ergebnisse der Auswertung der qualitativen Daten

Im ersten Zugriff erfolgte zunächst eine Sichtung der Häufigkeiten der Zuordnung zu den verschiedenen Kategorien, um einen Eindruck davon zu bekommen, welche Vorstellungen Schüler/-innen von den Begriffen Chemie, Natur und nachhaltige Entwicklung haben.

### *Die Definition des Begriffs „Chemie“*

#### *Befunde*

Die Definition des Begriffs „Chemie“ ist recht einheitlich, es können drei Hauptkategorien ausgemacht werden: „Experimente“, „Betrachtung/Untersuchung/Lehre von Stoffen“ (kurz „Stoffchemie“) und „chemische Reaktion“ (vgl. Abb. 12).

Die häufigste verwendete Referenz bildet die Kategorie „Experimente“: In 116 Definitionen wird die Durchführung von Experimenten als Identifikationsmerkmal der Chemie genutzt. Häufig wird hier das Experiment als einzelnes Wort assoziativ benannt bzw. es werden phänomenbezogene Aspekte fokussiert („Verschiedene Chemikalien zusammen mischen und gucken, was passiert“ (219)<sup>30</sup>).

Stoffchemische Definitionen werden in 63 Fällen gegeben; auf die chemische Reaktion wird zur Definition des Begriffes Chemie in 74 Fällen zurückgegriffen. Beispielhafte Definitionen sind hier „Chemie umfasst die Lehre der Stoffe“ (78), „Unter Chemie verstehe ich die Lehre von Stoffen, was man mit ihnen macht und wo sie angewendet werden“ (71), „Chemie ist eine Naturwissenschaft, die sich mit Stoffzusammensetzungen und Veränderungen der Stoffe bei chemischen Reaktionen befasst“ (92) oder „Chemie ist, wenn zwei Stoffe miteinander reagieren“ (119).

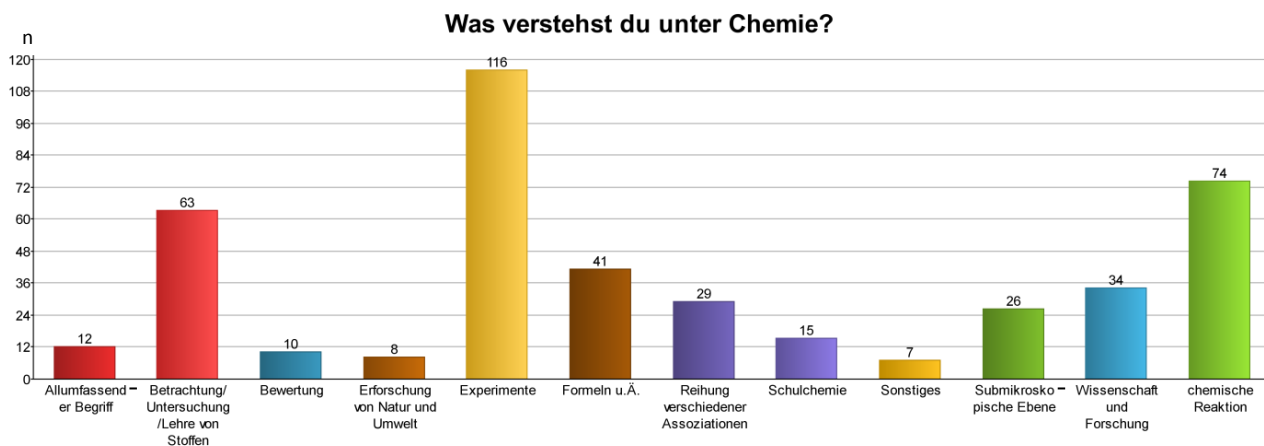
Die Kategorie „Formeln und Ähnliches“ ist mit 41 Bezügen bereits deutlich weniger umfangreich ausgeprägt als die drei häufigsten Referenzkategorien, bildet aber mit der Kategorie „Forschung“ die Spitzenreiter im Bereich der verbleibenden Kategorien. Beispiele für Definitionen der Kategorie „Formeln u.Ä.“ wären „Reaktionsgleichungen aufstellen“ (27) oder der allgemeine Verweis auf „Formeln“ oder das „PSE“. In einem Großteil der Fälle (17 Definitionen) ist der

---

<sup>30</sup> Die eingeklammerten Zahlen geben die Nummer des Interviews nach der Transkription an.

Verweis auf Formalismen Teil einer assoziativen Reihe, sodass eine genauere Interpretation schwierig ist.

Die letzte größere Kategorie ist der Bereich Forschung, unterteilt in die beiden Kategorien „Wissenschaft und Forschung“ und „Erforschung von Natur und Umwelt“ (qualifiziert durch die explizite Nennung von Natur und Umwelt neben dem Forschungsaspekt). In beiden Kategorien sind keine signifikanten Überschneidungen mit anderen Kategorien feststellbar. Beispielhafte Definitionen sind „Wissenschaft von Dingen, die man anfassen kann“ (18), „Die Wissenschaft über die Stoffe und alles, was damit zusammenhängt“ (91), „Chemie ist die Kunde unserer Natur“ (44) oder „Chemie bedeutet, die natürlichen Vorgänge chemisch zu erklären und genau zu erforschen, warum etwas so ist“ (69).



**Abbildung 12: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Chemiedefinition**

### ***Interpretation und Folgerungen***

Die Definition der Chemie über die Stoffchemie oder die chemische Reaktion ist aus Schülersicht vermutlich deshalb naheliegend, weil derartige Definitionen zu Beginn der Jahrgangsstufe sieben bzw. im Anfangsunterricht Chemie zur Einführung in das Fach genutzt werden. Die Tatsache, dass diese Definition bis in die Jahrgangsstufe neun Bestand hat, könnte darauf hindeuten, dass sie von Lehrerinnen und Lehrern häufig genutzt oder im Unterricht erfahrbar gemacht wird, beispielsweise, wenn bei der Auswertung von Experimenten der Ablauf einer chemischen Reaktion thematisiert wird.

Es gibt nur wenige Definitionen, in denen experimentelle Aspekte und die chemische Reaktion gemeinsam benannt werden („Chemie ist, wo Reaktionen stattfinden, wo es knallt, stinkt und explodiert“ (29); „Reaktionen, explodierende Reagenzgläser“ (36) oder „Unter Chemie stelle ich mir Experimente vor. Die Reaktion von zwei Stoffen miteinander“ (328)). Da es sich hier jedoch in keinem der Fälle um einen explizit thematisierten Zusammenhang, sondern eine Aufzählung, vielleicht ein bloßes Nebeneinander erster Assoziationen, handelt, scheint den Schülerinnen und Schülern die Kopplung beider Aspekte nicht präsent zu sein, was die These eines auswendig gelernten Textes zu Beginn des Chemieunterrichts stützt.

Bei der Betrachtung der Kategorie „Experimente“ wird deutlich, dass den Schüler/-innen die Absicht hinter der Durchführung eines Experimentes (Erkenntnisgewinn, Hypothesenprüfung oder Ähnliches) nicht deutlich ist. So werden phänomenbezogene Aspekte fokussiert und der Erkenntnisgewinnungsprozess beim Experiment wird vernachlässigt. Einige wenige weiter gefasste Definitionen in dieser Kategorie sind beispielsweise „experimentieren; lernen, mit Stoffen umzugehen“ (22), wobei zumindest die Einübung prozeduraler Kompetenzen mitbedacht wird, oder „Die Durchführung und Auswertung von Experimenten“ (90), wobei die interpretierende Arbeit im Anschluss an die Durchführung und Beobachtung augenfällig wird. Lediglich drei Definitionen explizieren die erkenntnisleitende Funktion des Experimentes in der Wissenschaft Chemie über die „Experimentelle Forschung“ (88) bzw. in der Definition „Chemie bedeutet für mich, dass man durch Experimente und Forschung mehr über den Aufbau von Stoffen und ihren Atomen lernt“ (3) oder „Bei Chemie gewinnt man durch Experimente und Überlegungen neue Erkenntnisse über Natur, Technik etc.“ (6).

Die Trennung der beiden Unterkategorien „Wissenschaft und Forschung“ und „Erforschung von Natur und Umwelt“ erschien im Rahmen dieser Arbeit zweckmäßig, um neben der Definition von Chemie als Wissenschaft prüfen zu können, inwieweit Schüler/-innen einen Zusammenhang zwischen der Chemie und der Natur als Forschungsgegenstand sehen. Im Bereich eines umfassenden Chemiebegriffs („Chemie ist alles“ (79), „Grundaufbau von allem“ (10), „Irgendwie ist alles auf der [Welt; Wort fehlt, Anm.d.A.] ein bisschen Chemie“ (52)) findet die Natur nur zweimal eine explizite Erwähnung. Die Tatsache, dass insgesamt also nur zehn Mal eine Beziehung zwischen der Chemie und der Natur erwähnt wird, zeigt, wie wenig präsent den Schüler/-innen diese Verbindung ist.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass Schüler/-innen die Aspekte Experiment, Stoffchemie, chemische Reaktion, Formeln u.Ä. und Wissenschaft und Forschung als häufigste Referenzen zur

Definition des Begriffs „Chemie“ nutzen. Viele der gemachten Beobachtungen deuten darauf hin, dass es sich bei den verwendeten Definitionen um auswendig gelernte Phrasen oder spontane Assoziationen handelt, weniger um eine tiefere Einsicht in die Aufgabe und Funktionsweise des chemiewissenschaftlichen Arbeitens. Ein Zusammenhang zwischen der Chemie und der Lebenswelt der Schüler/-innen (umfassender Chemiebegriff) oder der Natur wird selten aufgeführt.

Allerdings handelt es sich bei diesen Beobachtungen und Interpretationen um subjektive Ableitungen aus den Antworten der Schüler/-innen mit explorativem Charakter, die einer genaueren Überprüfung bedürfen. Hier böte es sich an, diese Erkenntnisse im Rahmen weiterer Forschungen zu überprüfen, beispielsweise durch die Verwendung leitfadengestützter Interviews oder anderer qualitativer Methoden.

### ***Die Definition des Begriffs „Natur“***

#### ***Befunde***

Bei der Betrachtung der Naturdefinitionen (vgl. Abb. 13) fällt sofort die gehäufte Nutzung assoziativer Bezüge durch die Schüler/-innen auf. Dabei geben die Schüler/-innen häufig recht wahllos wieder, was ihnen spontan einfällt. Definitionen in diese Kategorie reichen von kürzeren Äußerungen („Bäume und Pflanzen“ (312), „Natur sind Wiesen, Wälder, Pflanzen und Meere“ (14)) bis zu langen Reihen von Assoziationen („Ruhe, Freiheit, Pflanzen, Wald, gute Luft, frisch, natürliche Vorgänge, Sonne/-nuntergang/-aufgang“ (12), „Bäume, Wiesen, Wälder, Regen, Sonne, Sturm, Tiere, Naturgewalten, Pflanzen, Blumen, Menschen (obwohl die auch nicht mehr so natürlich sind), Schnee, Sterne, Hagel, Hitze, Kälte, Wärme, Temperatur“ (33)).

Solche assoziativen Definitionen sind häufig mit einer positiven Wertung von Natur, wie sie auch GEBHARDT beschreibt, verbunden. Natur wird mit „Ruhe und Frieden“ (15), „Freiheit“ (51), „Schönheit“ (76) oder „Idylle“ (125) verknüpft.

Auch die schon von SCHARF und WERTH festgestellte Romantisierung von Natur findet sich in Definitionen und Begriffen wieder: beispielsweise „Natur ist dort, wo Tiere ihre Heimat finden“ (121) oder „Natur ist der wichtigste Ort und Faktor der Welt. Durch die Natur entstehen und entstanden wundervolle Dinge wie der Mensch usw.“ (27).

Die in Kap. 1.2 dargestellte dichotome Definition von Natur als Nicht-Menschliches bzw. Nicht-Kultürliches wird von den Schüler/-innen ebenfalls häufig verwendet (63 Definitionen). Es gibt lediglich fünf Definitionen, die den Menschen und vom Menschen Geschaffenes explizit oder implizit als Teil der Natur benennen („Natur ist für mich die Umwelt, ob es Wälder, Parks, Wüsten, Steppen oder sonst irgendwelche Landschaftsarten“ (120), „Bäume, Wiesen, Landwirtschaft“ (249), „Natur ist draußen. Außer, wenn der Mensch drinnen ist (in einem Gebäude)“ (82) oder die Nennung des Menschen in einer assoziativen Reihe (33, 56)).

Der letzte häufig verwendete Bezugspunkt ist der umfassende Naturbegriff (57 Nennungen). Zur Definition des Begriffs „Natur“ verweisen Schüler/-innen hier auf alles, was draußen ist („Natur ist alles, was man sieht, wenn man aus dem Fenster guckt“ (42)), das irdische Leben („Natur ist für mich alles, was lebt“ (6)) oder die Umwelt („Natur ist die Umwelt mit allen Teilen des Ökosystems“ (103)) bzw. setzen Natur schlicht mit der Erde gleich („Natur ist die Erde, wie sie ist (22)).

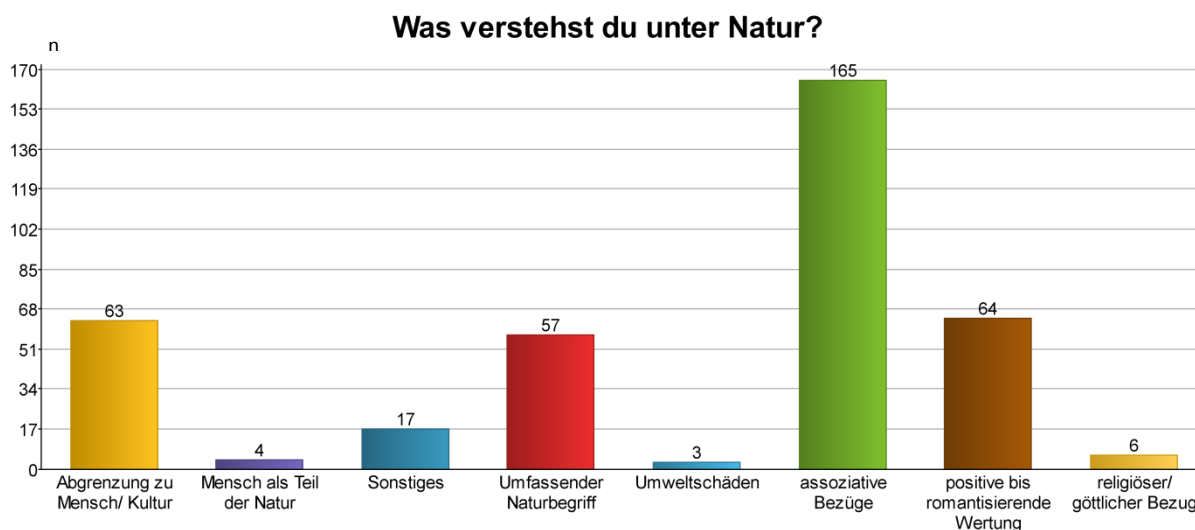


Abbildung 13: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Naturdefinition

### ***Interpretation und Folgerungen***

Die gehäuft auftretenden assoziativen Bezüge könnten derart interpretiert werden, dass der Begriff „Natur“ deutlich emotionaler besetzt ist als der Begriff „Chemie“. Eine größere emotionale Verbundenheit könnte ein umfangreicheres Assoziationsgefüge bedingen. Dies würde sich mit den in der Literatur beschriebenen emotionalen Charakteren der Natur decken. Andererseits ist das Konzept Natur Schüler/-innen von Kindheit an geläufig, während das nicht-sinnlich erfahrbare Konzept Chemie erst später an sie herangetragen wird. So könnte die Vielzahl an Nennungen auf



ein größeres Maß an Wissen und Erfahrungen hindeuten, dass dann aus den Schüler/-innen „herausprudelt“. Möglicherweise kompensieren Schüler/-innen mit diesen assoziativen Reihungen auch die schon in Kap. I.2 festgestellte Schwierigkeit, Natur zu definieren.

Die häufige Verknüpfung solcher assoziativen Definitionen mit einer positiven Wertung von Natur stützt die Vermutung über die stark emotionale Besetzung des Begriffs. Zusätzlich scheint der Verweis auf göttliche Aspekte der (vollkommenen?) Schöpfung die Natur einer rationalen Betrachtung oder gar Bewertung zu entheben („Natur ist das Werk eines Wissenden“ (302), „Natur ist alles, was von Gott erschaffen wurde“ (208)).

Bereits in den assoziativen Reihen wird deutlich, dass die Natur deutlich allgegenwärtiger wahrgenommen wird als die Chemie. Die Definitionen in der Kategorie „umfassender Naturbegriff“ zeigen dies besonders deutlich.

Wiewohl die geschilderte Wahrnehmung und Definition aus Schülersicht verständlich ist, ist sie insgesamt doch recht undifferenziert. So werden negative Aspekte der Natur nahezu vollständig, die Frage nach dem Menschen als Teil der Natur weitestgehend ausgeblendet und in vielen Kategorien wird deutlich, wie wenig rational bzw. stark emotional Schüler/-innen an die Beantwortung dieser Frage herangehen.

### ***Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept***

Eine Verbindung von Chemie und Natur im Chemieunterricht scheint also geboten, will man den in der Literatur beschriebenen und mit dieser Untersuchung bestätigten Antagonismus von Chemie und Natur aufheben. Im Sinne WAGENSCHAINS (z.B. Wagenschein 1995, S. 21 – 35) könnte eine Betrachtung von Natur als Forschungsgegenstand der Chemie bzw. Chemie als Werkzeug zur Erklärung natürlicher Phänomene Schüler/-innen verdeutlichen, dass Chemie und Natur keine Gegensätze sind, sondern Chemie lediglich *eine* mögliche Sichtweise auf Welt – und damit auch Natur – darstellt.

## ***Die Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“***

### ***Befunde***

Die Kategorien dieser Fragestellung wurden im Wesentlichen induktiv vorausgesetzt, da der Kenntnisstand der Schüler/-innen in Anlehnung an die gesellschaftlichen und politischen Bemühungen und Erwartungen erfasst werden sollte. Deduktive Veränderungen waren aber stets möglich. Die Ergebnisse dieser Kategorisierungen sind wie folgt (vgl. Abb. 14):

Etwa 40% der Schüler/-innen versuchten gar keine Definition. Dies mag an mangelnder Motivation liegen, was bei dieser großen Anzahl aber unwahrscheinlich ist. Von den restlichen Schüler/-innen hat keine(r) eine im Wesentlichen korrekte Definition des Begriffes angegeben.

In weiteren 73 Fällen wurde eine Definition versucht, die so verkürzt oder entstellt war, dass sie nicht als zutreffend bezeichnet werden kann. Solche Definitionen sind beispielsweise solche, die mit dem Nachhaltigkeitsdiskurs den Aspekt der Langfristigkeit verknüpfen („Nachhaltige Entwicklung ist eine langfristige Entwicklung“ (5), „Wenn da später noch was da ist, ist es nachhaltig“ (78), „Eine Entwicklung, die noch in Zukunft erkennbar ist/einwirkt“ (321) oder „Wenn eine Entwicklung lange andauert“ (132)). Bei anderen Definitionen dieser Kategorie wird das Wort nachhaltig offenbar im Sinne von nachteilig interpretiert, beispielsweise „Nicht genügend Materialien, um es weiter zu entwickeln“ (89) oder „zurückgebildet“ (108, 109).

Häufig finden sich in dieser Kategorie auch Parolen, die im Bereich nachhaltiger Entwicklung ausgegeben werden, z. B. „Wenn man heute schon an morgen denkt“ (137, 138, ähnlich 135), „Man sollte an die Zukunft denken“ (128, ähnlich 129) oder „Wenn man bewusst etwas für die Natur macht“ (302). Eine ähnliche Äußerung ist die an ein bekanntes Zitat angelehnte Definition „Gibst du jemandem ein Stück Fleisch, hat er einmal zu essen. Bringst du ihm das Jagen bei, hat er ein Leben lang essen“ (308).

Am häufigsten finden sich Definitionen, die sinnentstellt oder zu stark verkürzt sind, z. B. „Wenn man etwas macht so dass die Natur es nicht mitkriegt“ (249), „Bäume entwickeln sich weiter, Gras auch“ (225), „Dass man etwas verbessert was nützlich für die Menschen ist was noch heute unnützlich“ (224), „Nur soviel zu schaden, wie auch regenerieren kann“ (104), „genügend Rohstoffe“ (333), „Züchten von Kindern etc; Beibringen, wie man sich ernährt“ (307) oder

„Nachhaltige Entwicklung ist wenn Sachen so entwickelt werden das sie die Welt nicht zerstören und das man Sachen so entwickelt werden das sie sich selbst regeln“ (71).

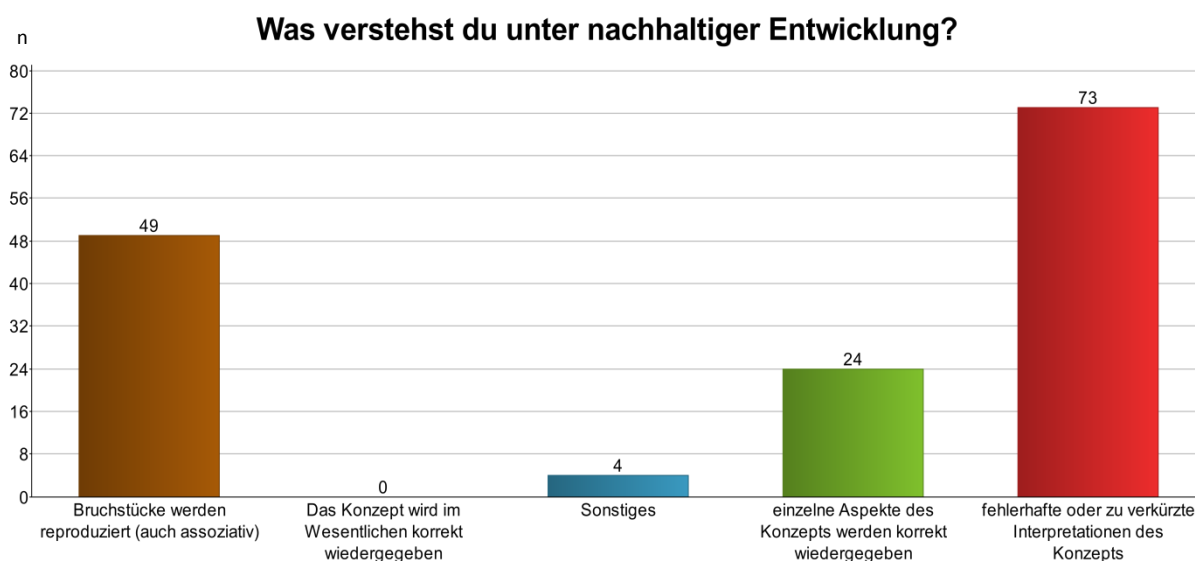
Bei den nächsthäufigeren Nennungen wird nachhaltige Entwicklung so definiert, dass bei (großzügiger) Interpretation davon ausgegangen werden kann, dass die Schüler/-innen sich schon einmal mit dem Konzept beschäftigt haben und Bruchstücke davon noch erinnern und wiedergeben können. Beispiele für solche Definitionen sind „Dass z.B. fossile Ressourcen nachhaltig und nicht verschwenderisch genutzt werden“ (30), „Abkehr von fossilen Brennstoffen, Zunahme von erneuerbaren Energien“ (83) oder „Ich verstehe darunter, dass man beim Handeln auf die nachfolgenden Generationen Rücksicht nimmt und keine langfristigen Schäden entstehen lässt“ (122).

Die Abgrenzung der beiden letzten Kategorien ist mitunter schwierig. Ist beispielsweise die Aussage „Entwicklung, die auf die nächste Generation achtet“(110) noch ein Bruchstück oder bereits eine zu verkürzte Darstellung? In solchen Fällen war die Definition von Ankerbeispielen für die Codierer hilfreich (vgl. Codierleitfaden im Anhang). Generell wurde festgelegt, dass eine Äußerung immer dann, wenn zusätzlich zu allgemeinen Äußerungen einzelne korrekte Details erkennbar waren (hier: Generationengerechtigkeit), als Bruchstück gewertet wurde.

Erst, wenn mindestens ein Teilaspekt des Konzepts nachhaltige Entwicklung explizit und im Wesentlichen korrekt wiedergegeben wurde, wurde eine Äußerung der Kategorie „Einzelne Aspekte des Konzepts werden korrekt wiedergegeben“ zugeordnet. Hierunter fallen beispielsweise die Aussagen „Nachhaltige Entwicklung ist die Einsparung von Energie, um den Schadstoffausstoß und den Treibhauseffekt zu mindern“ (6), „Wenn man nur so viel abbaut, wie auch wieder nachwachsen kann“ (9) oder „Die Erde so gut zu behandeln, dass auch noch viele Generationen nach uns hier gut leben können“ (33).

Gerade bei der Nennung nur eines Aspektes war die Abgrenzung zur Kategorie „Bruchstücke“ erneut schwierig. Hier gaben kleine qualitative Unterschiede in den Äußerungen den Ausschlag für die Zuordnung, im letzten Beispiel etwa der Verweis auf das „gute“ Leben, was ein typischer Begriff des Nachhaltigkeitsdiskurses ist. Einfacher fiel die Zuordnung, wenn mehrere Aspekte des Konzepts verknüpft dargestellt wurden, wie beispielsweise ökologische und soziale Gerechtigkeit

in der Aussage „Lösungen zu finden, wie wir die Erde und Menschen, Tiere ohne zu schädigen weiter leben und das es weniger Hunger + Not gibt“ (343)<sup>31</sup>.



**Abbildung 14: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“**

### ***Interpretation und Folgerungen***

Insgesamt lässt sich feststellen, dass Schüler/-innen eine unzureichende Vorstellung von dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung haben, verknüpft mit vielfältigen fehlerhaften Vorstellungen und Allgemeinplätzen. Diese Beobachtung lässt sich auch nicht über eine bloße Unkenntnis des Begriffs bei angenommener Kenntnis des Konzepts erklären. Schließlich zeigen auch die meisten zu verkürzten Darstellungen, dass der Begriff durchaus mit dem Konzept assoziiert ist, dieses jedoch unzureichend erfasst wurde. Diese Befunde spiegeln letztlich auch die im Jugendreport Natur gefundenen Ansichten hinsichtlich unzureichender Kenntnisse bezüglich der Teilnahme an den Maßnahmen der BNE wider (vgl. Kap. 1.3.3).

### **Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept**

In Anbetracht der Tatsache, dass nachhaltige Entwicklung als eine der zentralen Aufgaben unserer Zeit angesehen wird und etwa die Hälfte der Schüler/-innen den Fragebogen gegen Ende ihrer allgemeinschulischen Bildung ausgefüllt hat, erscheinen die gemachten Beobachtungen bedenklich. In Bezug auf das zu entwickelnde Unterrichtskonzept könnte dies bedeuten, dass die

<sup>31</sup> In vielen der Beispiele fallen enorme sprachliche Defizite auf. Dies fällt aber nur bedingt in den Zuständigkeitsbereich der Chemiedidaktik, sodass an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird.

politisch-gesellschaftlichen Bemühungen in diesem Bereich noch nicht in ausreichendem Maße in der Schule angekommen sind. Materialien, die dieses Konzept ohne zusätzlichen Aufwand für die Lehrer/-innen in den Unterricht einbringen und Schüler/-innen in den verschiedenen Jahrgangsstufen immer wieder neue Zugangsmöglichkeiten zu diesem Themenkomplex eröffnen, könnten helfen, in diesem Bereich erfolgreich zu intervenieren.

### II.2.3 Sichtung und Analyse der quantitativen Daten

Die quantitativen Daten wurden mittels SPSS ausgewertet. Für alle Skalen wurde dabei auf die Bildung von Mittelwerten zurückgegriffen, um die Einstellungen der Schüler/-innen abzubilden. Dafür wurden die Antwortoptionen in Zahlen umcodiert. Antworten der Kategorie „weiß nicht“ wurden, ebenso wie fehlende oder nicht eindeutige Antworten, als fehlende Werte interpretiert und im Rahmen paarweisen Fallausschlusses nicht mitberechnet.

Bei der Übertragung der Antworten in Zahlenwerte mussten einige Daten recodiert werden, um eine gleiche Gerichtetheit der Antworten herzustellen.<sup>32</sup> Nach dieser Vorbereitung der Daten konnte mit der Auswertung begonnen werden.

### II.2.4 Ergebnisse der Auswertung der quantitativen Daten

#### 1) OSGOOD: Befunde

Für die Skalen der Chemie- und Naturbewertung konnten die Schüler/-innen Werte von eins bis sieben wählen. Die Auswertung der OSGOODchen Differentiale zeigte eine Reliabilität von 0,86 für die Skala Chemie und 0,87 für die Skala Natur (gemessen mit Cronbachs  $\alpha$ ). In beiden Fällen werden also hohe Reliabilitäten erreicht.<sup>33</sup>

Bestimmt man den arithmetischen Mittelwert aller Antworten, ergibt sich eine Naturbewertung von 2,21 und eine Chemiebewertung von 3,66,<sup>34</sup> wobei sich die beiden Mittelwerte zweiseitig signifikant unterscheiden. Abbildung 15 stellt diese Tendenzen grafisch dar. Es ist zweierlei erkennbar:

<sup>32</sup> Dies betrifft die Items zwei, sechs und acht der OSGOODchen Differentiale und die Items 17, 26 und 32 der Naturverbundenheitsskala.

<sup>33</sup> Nach WITTENBERG werden Reliabilitäten größer/gleich 0,7 als zufriedenstellend, größer/gleich 0,9 als hoch interpretiert (Wittenberg 1998, S. 201).

<sup>34</sup> Eine Bewertung von 1,0 entspräche der besten, 7,0 der schlechtesten möglichen Bewertung.

- (1) Wie in der Literatur beschrieben, wird die „Natur“ deutlich positiver bewertet als die „Chemie“.
- (2) Die Bewertung der Chemie ist, anders als in der Literatur beschrieben, eher neutral.

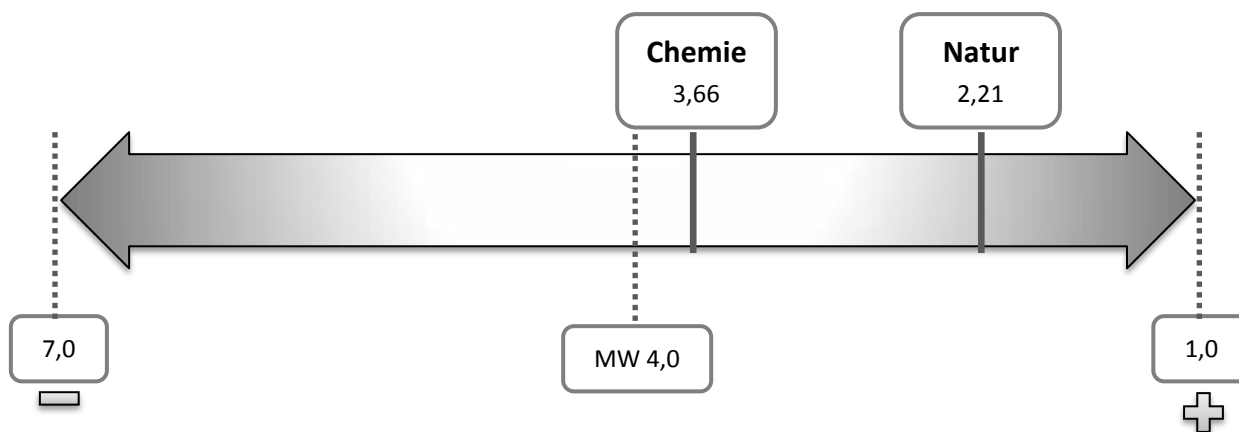


Abbildung 15: Ergebnis des semantischen Differentials

## 2) Naturverbundenheit: Befunde

Die Auswertung der Naturverbundenheitsskala gestaltete sich etwas schwieriger. Die Originalskala wurde in einer großangelegten Studie mittels Rasch-Skalierung und Faktorenanalyse geprüft und kann daher als gut erprobt angesehen werden. So wurden auch in der vorliegenden Stichprobe Reliabilitäten von 0,91 erreicht.

Bei der Lektüre der Skala fallen jedoch Fragen auf, die problematisch erscheinen. So mögen die Items „Ich rede mit Pflanzen“ bzw. „Ich ahme das Verhalten von Tieren nach“ zwar Indikatoren für Naturverbundenheit darstellen, können für Jugendliche aber zugleich esoterisch-exzentrisch erscheinen.

Im Rahmen der Auswertung wurde daher eine erneute Faktorenanalyse mit Berechnung bzw. Darstellung des Kaiser-Meyer-Olkin-Kriteriums, der „measure of sampling adequacy“ (MSA) und der Anti-Image-Korrelationsmatrix für die vorliegende Stichprobe (vgl. Anhang) vorgenommen.

Bei der auf alle 40 Items angewendeten Faktorenanalyse ergaben sich eine Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin von 0,771 und orientiert an einem Eigenwert größer eins elf Faktoren. Bei nur einem zu extrahierenden Faktor waren bei einem Großteil der Items keine Ladungen mehr feststellbar. Aus der Anti-Image-Korrelationsmatrix wurden daher die Items extrahiert, die gemessen an den MSA-Koeffizienten eine gute Eignung für die Faktorenanalyse hatten (MSA-

Koeffizienten größer 0.80, vgl. Bühner 2011, S. 356), und mit den Werten der Hauptkomponentenanalyse abgeglichen. Tabelle vier stellt die sich hieraus ergebenden zwölf Items mit guten Werten im MSA und hoher Faktorenladung dar. Die Trennschärfe dieser Items war nach der korrigierten Item-Skala-Korrelation mit Werten ab 0,468 ebenfalls gut.

Itemnummer nach Roczen	Item
10	Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.
11	Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.
12	Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.
14	Ich sammle Dinge aus der Natur, z.B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.
15	Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.
19	Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.
20	Ich spreche mit Tieren.
28	Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.
29	Ein Spaziergang im Wald hilft mir, meine Sorgen zu vergessen.
34	Den Geräuschen der Natur zuzuhören entspannt mich.
37	Ein abgeholzter Wald bedrückt mich.
40	Tiere beobachten ist spannend.

**Tabelle 4: Exzerpierte Naturbewusstseinskala**

Im Anschluss an die Exzerption der Skala wurden die Mittelwerte der Naturverbundenheit für die einzelnen Schüler/-innen berechnet, welche zwischen eins (immer „selten“ angekreuzt) und vier (immer „sehr oft“ angekreuzt) liegen konnten. In Analogie zur verwendeten vierstufigen Likert-Skala wurde die Naturverbundenheit dann in vier Stufen abgebildet. Die Schüler/-innen konnten Mittelwerte zwischen 1,0 und 4,0 erreichen. Somit ergeben sich bei Zugrundelegung von vier gleichen Abständen folgende Einteilungen: Mittelwert (MW) zwischen 1,0 und 1,75 ist nicht naturverbunden, MW zwischen 1,76 und 2,5 ist eher nicht naturverbunden, MW zwischen 2,51 und 3,25 ist eher naturverbunden, MW zwischen 3,26 und 4,0 ist naturverbunden. Abbildung 16 zeigt, dass demnach 200 Schüler/-innen als „nicht naturverbunden“ (110 Schüler/-innen) oder „eher nicht naturverbunden“ (90 Schüler/-innen) bezeichnet werden können; 48 Schüler/-innen können als „naturverbunden“ (13 Schüler/-innen) oder „eher naturverbunden“ (35 Schüler/-innen) betrachtet werden.

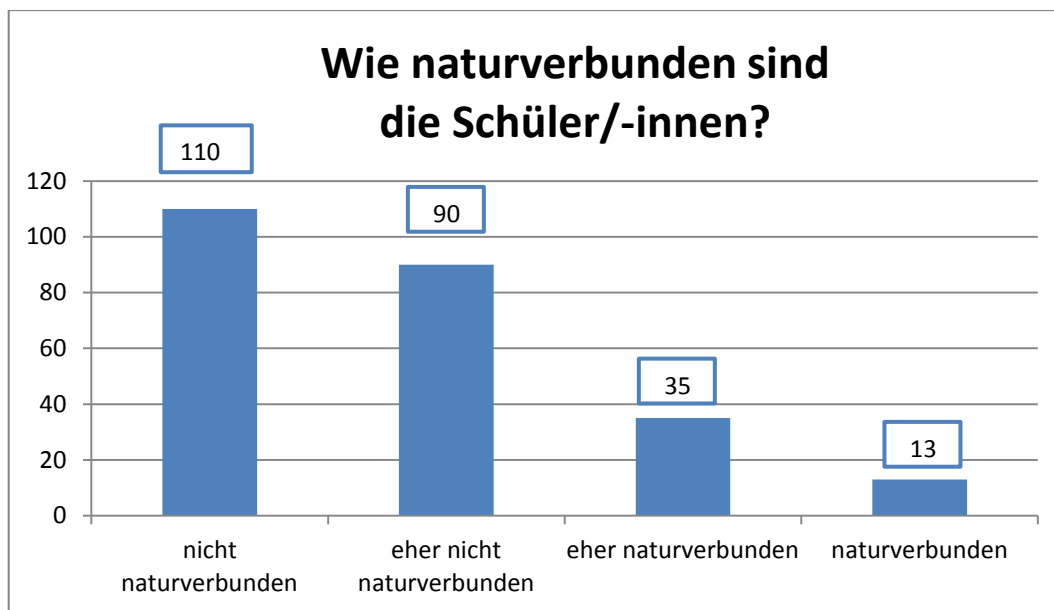


Abbildung 16: Naturverbundenheit der Schüler/-innen

In der Fachdiskussion wird häufig darauf verwiesen, dass die Auswertung von Likert-Skalen mithilfe einer Mittelwertbildung aufgrund subjektiv auffassbarer Abstufungen fragwürdig ist (z.B. Bühner 2011, S. 113 – 116). Eine vorgeschlagene Alternative ist die Auswertung der Modalwerte, also der Werte, die innerhalb der Antworten eines Teilnehmers oder einer Teilnehmerin bezogen auf die betreffende Skala am häufigsten vorkommen, oder des Median (Hatzinger & Nagel 2009, S. 188). Zur Überprüfung wurde diese Auswertung ebenfalls vorgenommen. Wiewohl die Zahlen nicht absolut übereinstimmen, zeigen beide Auswertungsverfahren sehr ähnliche Tendenzen (vgl. Abb. 17), sodass die vorgenommene Auswertung legitim erscheint.

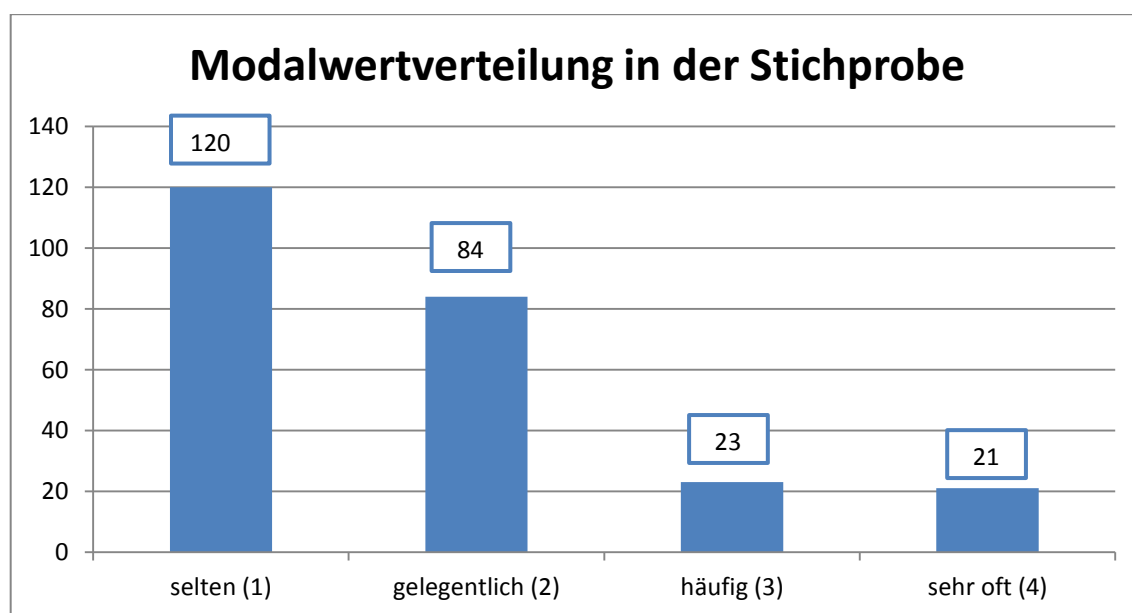


Abbildung 17: Modalwertverteilung der exzerpierten Naturverbundenheitsskala



## Interpretation und Schlussfolgerungen für das zu erarbeitende Unterrichtskonzept

Die Bewertung der Natur kann mit der in der Literatur angeführten positiven Wirkung von Naturräumen erklärt werden. Diese grundsätzliche Tendenz zeigt sich auch in den im vorigen Kapitel ausgewerteten Definitionen von Natur.

Die Chemiebewertung scheint sich zumindest für die ausgewählte Stichprobe im Vergleich mit älteren Untersuchungen verbessert zu haben. Dies könnte verschiedene Gründe haben. Möglich wäre beispielsweise, dass die verschiedenen Initiativen und Bildungsprogramme der chemischen Industrie die intendierte Imageverbesserung bewirkt haben. So versuchte die BASF beispielsweise, mit der weltweiten Imagekampagne „we create chemistry“ (in Deutschland „Chemie, die verbindet“) die Vorzüge der chemischen Industrie medienwirksam darzustellen.<sup>35</sup> Viele große Unternehmen wie Bayer oder Merck betreiben heute Schülerlabore, in denen Schüler/-innen die Vorteile der hergestellten Produkte vor Augen geführt bekommen und Versuche durchführen können. Zusätzlich gibt es verstärkt moderne populärwissenschaftliche Formate, wie die bekannte Fernsehsendung „Quarks und Co“, die den Menschen Chancen und Möglichkeiten der Naturwissenschaften, und damit auch der Chemie, aufzeigen.

All dies könnte zu einer aufgeklärteren Öffentlichkeit beigetragen haben, die verstärkt auch positive Aspekte der Chemie bewusst wahrnimmt.

Dennoch bleibt die Tatsache bestehen, dass Chemie bestenfalls mittelmäßig, Natur dagegen äußerst positiv bewertet wird. Die Übertragung positiver Emotionen von der Natur auf die Chemie durch einen Unterricht in der geplanten Art kann hier möglicherweise zu einer weiteren Aufwertung des Konzeptes Chemie beitragen.

Die Befunde hinsichtlich der Naturverbundenheit deuten Handlungsbedarf an. Denn obwohl die Untersuchung im eher ländlichen bis kleinstädtischen Raum durchgeführt wurde, fehlt den Schüler/-innen offenbar zu einem großen Teil die emotionale Verbundenheit zur Natur. Geht man davon aus, dass diese, wie in der Literatur beschrieben, eine wichtige Voraussetzung für nachhaltiges Handeln darstellt, stützen die Befunde die Idee eines naturnahen Unterrichts zur Förderung derselben.

---

<sup>35</sup> Entsprechende Werbespots sind online einsehbar z.B. unter [https://www.youtube.com/watch?v=\\_lpugKpa8wc](https://www.youtube.com/watch?v=_lpugKpa8wc) und <https://www.youtube.com/watch?v=Lr26YoKVWcM> (Stand 17.12.2014).

### **II.2.5 Verbindung qualitativer und quantitativer Auswertung**

Bisher wurden zunächst die qualitativen und anschließend die quantitativen Daten ausgewertet. Interessant ist aber auch die Verbindung beider Untersuchungsteile. Hier stellt sich vor allem die Frage, ob sich die Definitionen der Schüler/-innen hinsichtlich Chemie, Natur und nachhaltiger Entwicklung je nach Bewertung der Konzepte bzw. Naturverbundenheitscharakter unterscheiden.

Vergleicht man die Naturdefinitionen der Schüler/-innen, die nicht oder eher nicht als naturverbunden eingestuft werden können, mit denjenigen, die (eher) naturverbunden sind, lässt sich eine leichte Tendenz dazu feststellen, dass die (eher) naturverbundenen Schüler/-innen häufiger die Abgrenzung zu Mensch und Kultur als Referenz nutzen, während die (eher) nicht naturverbundenen Schüler/-innen häufiger assoziative Bezüge nutzen. Insgesamt sind die Unterschiede aber gering (vgl. Abb. 18).

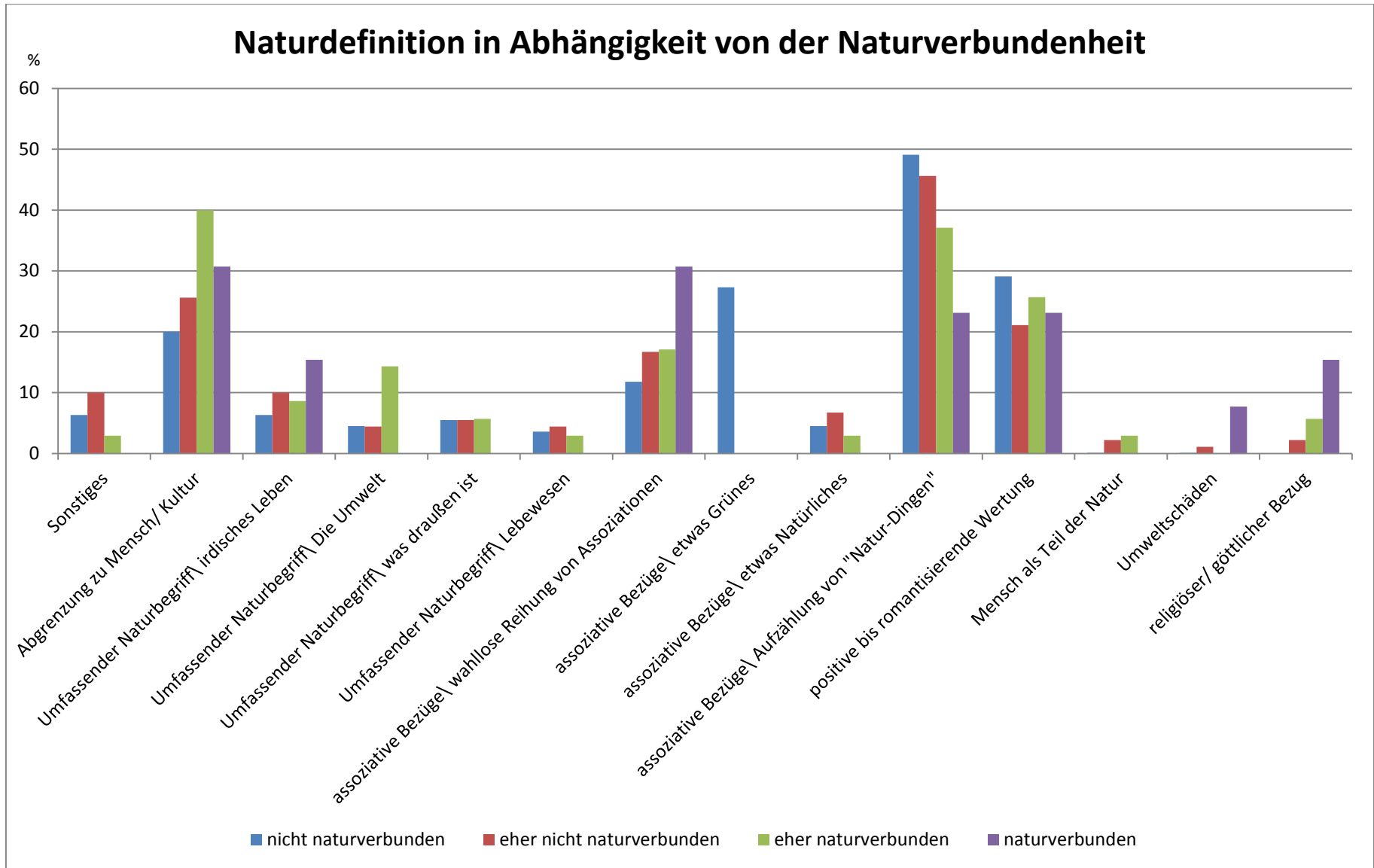
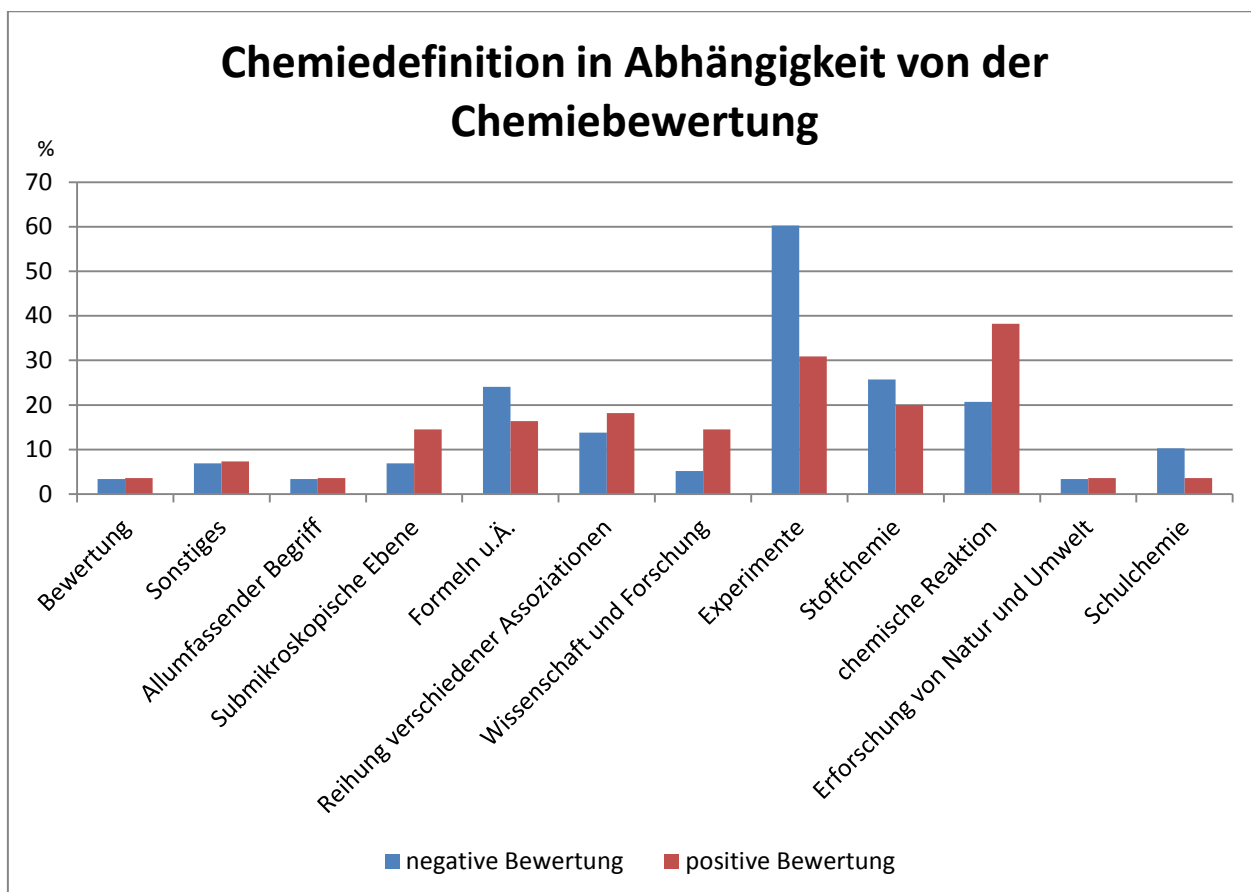


Abbildung 18: Prozentuale Häufigkeit bestimmter Kategorien in Abhängigkeit von der Naturverbundenheit

Beim Vergleich der Chemiesdefinition in Abhängigkeit von der Chemiebewertung kann beobachtet werden, dass Schüler/-innen, die die Chemie eher negativ bewerten, deutlich häufiger experimentelle Aspekte der Chemie für ihre Definition nutzen, während Schüler/-innen mit positiver Bewertung häufiger Bezüge zur chemischen Reaktion herstellen. Auch hier sind die Definitionen aber insgesamt ausgeglichen, sodass keine relevanten Aussagen abgeleitet werden können (vgl. Abb. 19).

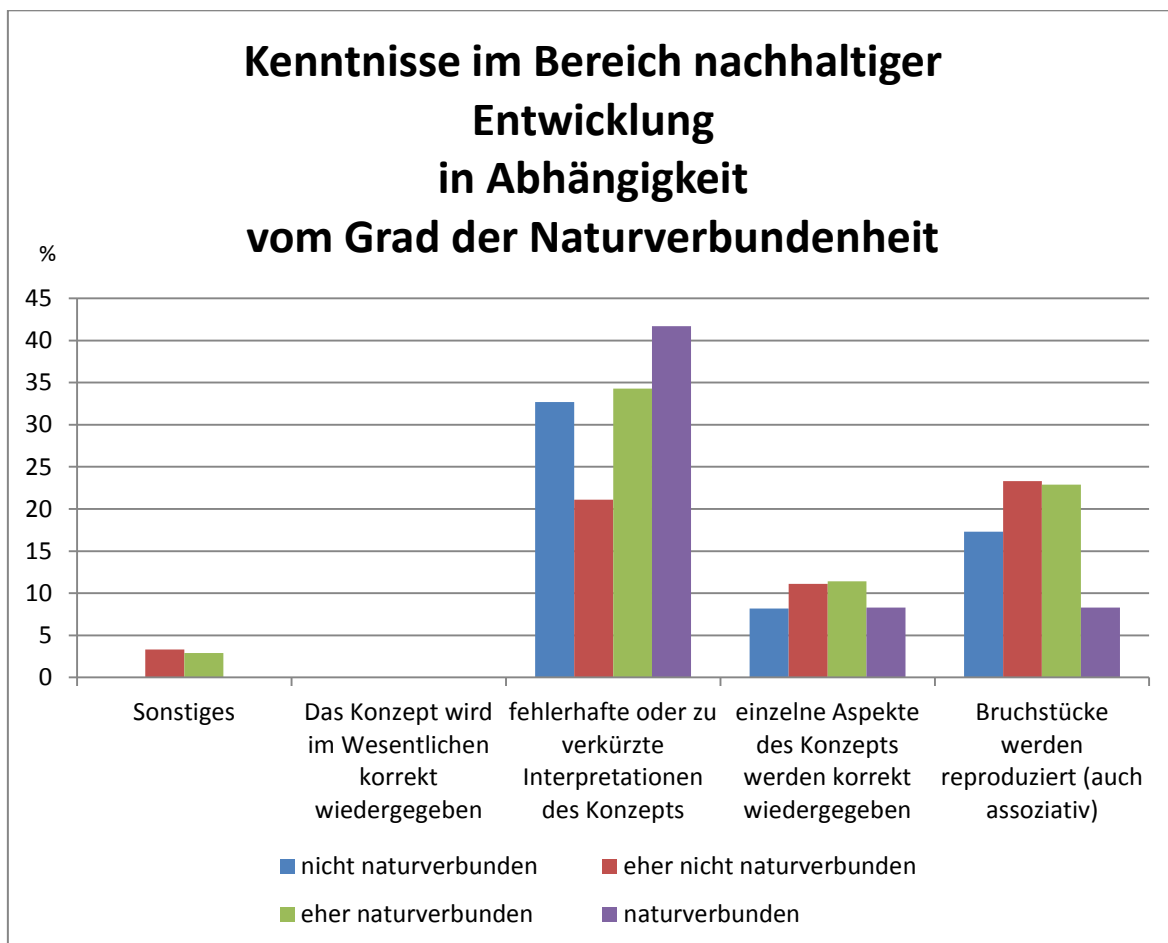


**Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit bestimmter Kategorien in Abhängigkeit von der Chemiebewertung**

Einen ähnlichen Vergleich könnte man auch hinsichtlich der Naturdefinition in Abhängigkeit von der Naturbewertung anstrengen. Da von allen Schüler/-innen jedoch nur sieben eine eher negative Sicht auf Natur haben, ist dieser Vergleich statistisch nicht sinnvoll. Auch die Untersuchung der Beziehung zwischen Naturbewertung und der Definition nachhaltiger Entwicklung ist aus diesem Grund ausdruckslos.

Der letzte Vergleich, der gezogen werden kann, ist der Zusammenhang zwischen dem Grad der Naturverbundenheit und den Kenntnissen im Bereich nachhaltiger Entwicklung (vgl. Abb. 20).

Auch hier lassen sich keine bedeutsamen Unterschiede feststellen, was jedoch auch daran liegen kann, dass die einzelnen Teilstichproben so unterschiedlich groß sind.



**Abbildung 20: Prozentuale Häufigkeit der Qualität der Definition nachhaltiger Entwicklung in Abhängigkeit vom Grad der Naturverbundenheit**

Insgesamt deuten die Befunde also nicht darauf hin, dass sich die Definitionen der Schüler/-innen hinsichtlich Chemie, Natur und nachhaltiger Entwicklung je nach Bewertung der Konzepte bzw. dem jeweiligen Naturverbundenheitscharakter unterscheiden bzw. es lassen sich trotz geringfügiger Unterschiede keine relevanten Aussagen ableiten.

## II.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Ausgangspunkt für die Untersuchung waren drei Forschungsfragenkomplexe, auf die abschließend noch einmal eingegangen werden soll.

Hinsichtlich der Frage nach der dichotomen Sicht auf und zugleich einseitigen Bewertung von Chemie und Natur konnte festgestellt werden, dass Natur von den Schüler/-innen tatsächlich deutlich besser bewertet wurde als Chemie. Auch die beschriebenen positiven bis idealisierenden Konnotationen des Begriffs waren deutlich. Die Chemie ist jedoch eher mittelmäßig bewertet, was einen Unterschied zu den zitierten Befunden darstellt, die eine eher negative Bewertung von Chemie feststellten.

Auch die Definition des Chemiebegriffs ist nicht, wie in der Literatur beschrieben, einseitig auf technisch-industrielle Bezüge festgelegt, sondern bedient verschiedene typische Elemente der Schulchemie, beispielsweise experimentelle, stoffchemische oder wissenschaftlich-forschende Aspekte. Eindeutig ist jedoch, dass die wenigsten Schüler/-innen einen ausdrücklichen Bezug zwischen der Naturwissenschaft Chemie und ihrem Untersuchungsgegenstand, der Natur, sehen. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen BRÄMERS im Jugendreport 2010 (Brämer 2010, S. 11).

Hinsichtlich der Naturverbundenheit der befragten Schüler/-innen bleibt festzuhalten, dass lediglich 19,4% als (eher) naturverbunden eingestuft werden können. In Anbetracht der Tatsache, dass Naturverbundenheit in der Literatur als wichtiger Prädiktor umweltgerechten Handelns und somit vermutlich auch einer gelingenden Bildung für nachhaltige Entwicklung gilt, scheint eine verstärkte Arbeit in diesem Bereich in den Schulen sinnvoll.

Am Ende der Dekade für die Bildung für nachhaltige Entwicklung zeigt die vorliegende Untersuchung zudem deutliche Defizite bei der Darstellung des Konzeptes „nachhaltige Entwicklung“ durch die befragten Schüler/-innen. Trotz des regen politischen Interesses und entsprechender Bemühungen, diesen Bereich zu stärken, scheint es also sinnvoll, Materialien zu einer Integration derartiger Aspekte in den täglichen Unterricht bereitzustellen.

Wie in den Teilkapiteln bereits beschrieben, deutet diese Untersuchung insgesamt darauf hin, dass ein Konzept zur Verbindung von Chemie und Natur im Chemieunterricht, das zugleich wesentliche Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung integriert, für einen modernen Chemieunterricht mit Allgemeinbildungsanspruch wertvoll sein kann. Die Bereitstellung konkreter Materialien und Entwürfe für Unterrichtsreihen und deren Anbindung an den Lehrplan kann Lehrer/-innen unterstützen, solche Aspekte trotz organisatorischer oder zeitlicher Belastungen im Schulalltag umzusetzen.

## Teil III: Das Unterrichtskonzept „...natürlich Chemie!“

### III.1 Grundlagen

Im ersten und zweiten Teil wurden grundlegende theoretische Aspekte im Zusammenhang mit dem zu entwickelnden Unterrichtskonzept dargestellt und im Rahmen einer statistischen Erhebung Persönlichkeitsvariablen, die in diesem Zusammenhang eine Rolle spielen (Einstellung zur Chemie und Natur, Grad der Naturverbundenheit, Kenntnisse im Bereich nachhaltiger Entwicklung) bei lokalen Schülerpopulationen getestet. Dargelegt wurde, dass eine thematische und räumliche Verbindung von Chemie und Natur im Chemieunterricht hinsichtlich kognitiver, emotionaler und sozialer Aspekte gewinnbringend sein kann. Auch die Notwendigkeit einer Integration von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Chemieunterricht vor dem Hintergrund eines allgemeinbildenden Charakters des Schulunterrichts wurde erörtert.

Diese Forschungsergebnisse und Überlegungen bilden die Grundlage für das neu entwickelte Unterrichtskonzept „...natürlich Chemie!“ (Logo s. Abb. 21). Die Namenswahl ist dabei bewusst doppeldeutig: Einerseits verweist das Adjektiv im Namen auf den Naturbezug des Konzeptes, der sich in der Wahl der Kontexte und partiell der Lernumgebung widerspiegelt. Andererseits impliziert es aber auch die Intention, den Schüler/-innen Chemie als eine selbstverständlich mögliche Sicht auf uns begegnende Phänomene und Prozesse nahezubringen.



**Abbildung 21: Logo des Unterrichtskonzepts**

In den ersten beiden Teilen dieser Dissertation wurden zwei wesentliche Problemkomplexe dargestellt: (a) Die bei Vielen vorherrschende antagonistische Sicht auf Chemie und Natur, verbunden mit einer tendenziellen Abwertung der Chemie, einer deutlichen Idealisierung der Natur und einer Assoziation des Konzeptes Chemie mit Industrie und Technik und (b) eine mangelnde Kenntnis der Schüler/-innen bzgl. des Konzepts nachhaltiger Entwicklung sowie eine mangelnde Naturverbundenheit bei örtlichen Schülergruppen.

Daraus ergeben sich vier Gütekriterien zur Erreichung der durch ...natürlich Chemie! angestrebten Ziele. Unterricht in diesem Zusammenhang soll (1) losgelöst von industriell-technischen Kontexten

in naturbezogenen Kontexten, (2) in der Natur bzw. in naturnaher Umgebung, (3) unter Einbindung von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung und (4) konzeptionell angelehnt an *CHiK* stattfinden.

So soll (a) das Interesse an Chemie geweckt bzw. erhalten, (b) die Sicht auf Chemie um naturnahe Aspekte dieses Faches erweitert, (c) der antagonistischen Sicht auf Chemie und Natur vorgebeugt und (d) ein Problembewusstsein für Aspekte nachhaltiger Entwicklung und eine Handlungsbereitschaft zur Initiierung bzw. Unterstützung derartiger Prozesse angebahnt werden.

Analog zu diesen Grundforderungen ergeben sich vor dem Hintergrund der im ersten Teil dargelegten Forschungsansätze drei Fragen<sup>36</sup>, die für jedes Modul positiv beantwortet werden müssen, das im Rahmen von *...natürlich Chemie!* unterrichtet wird (die Tatsache, dass relevante fachwissenschaftliche Kenntnisse und Kompetenzen erlangt werden können, wird vorausgesetzt):

- (1) Ist das Modul naturnah: thematisch-kontextuell und räumlich?
- (2) Werden in dem Modul kognitive und motivationale Voraussetzungen für eine aktive Teilhabe an Diskursen und Prozessen im Bereich nachhaltiger Entwicklung angebahnt?
- (3) Ist der Unterricht in dem Modul methodisch sinnig, praxisnah und handlungsorientiert?

Ausgehend von diesen Fragen wurden drei Module für *...natürlich Chemie!* entwickelt, die in unterschiedlicher Komplexität sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Sekundarstufe II im Sinne eines Spiralcurriculums eingesetzt werden können. Die Module tragen die Titel (1) *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur*, (2) *Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie* und (3) *Die Milch macht's! – Ja was denn?*.

Zusätzlich zu den dargestellten Grundforderungen an die Module von *...natürlich Chemie!* bietet es sich an, an geeigneter Stelle Möglichkeiten fächerübergreifenden Unterrichts aufzuzeigen, um eine möglichst ganzheitliche BNE zu ermöglichen und eine mehrperspektivische Betrachtung der Kontexte zu befördern.

Fächerübergreifender Unterricht wird dabei mit LABUDE als Oberbegriff dreier Unterrichtskategorien verstanden, die in unterschiedlicher Form einzelne Schulfächer

---

<sup>36</sup> Diese Grundanforderungen und Fragen decken sich sehr gut mit aktuellen fachdidaktischen Überlegungen zu den Zielen naturwissenschaftlicher Bildung. Einer aktuellen Studie zufolge wurden dabei folgende Kategorien als Top-Ten der Prioritätseinschätzungen für naturwissenschaftliche Bildung identifiziert: „Zusammenhänge verstehen; Analysieren, Schlussfolgerungen ziehen; Wissen anwenden, kreatives und abstraktes Denken; Urteilsfähigkeit, Meinungsbildung, Reflexion; Kritisches Hinterfragen; Natur/Naturphänomene; Reflektiertes und verantwortliches Handeln; Selbstständiges, strukturiertes und präzises Arbeiten; Motivation und Interesse; Wahrnehmen, Beobachten“ (Bolte/Schulte 2014, S. 374).



miteinander verbinden: (1) fachüberschreitender Unterricht als Integration einzelner außerfachlicher Aspekte in das Unterrichtsgeschehen, (2) fächerverknüpfender Unterricht als wechselseitige, systematische Verknüpfung zweier Fächer hinsichtlich ähnlicher Basiskonzepte oder Methoden und (3) fächerkoordinierender Unterricht als Bearbeitung eines übergeordneten Themas aus der Perspektive unterschiedlicher Einzelfächer (Labudde 2006, S. 445).

Fächerübergreifender Unterricht bietet die Möglichkeit, komplexe und variable gesellschaftliche Schlüsselprobleme zu bearbeiten und so einen authentischen Unterricht zu schaffen, in dem Schüler/-innen im Sinne einer umfassenden und allgemeinen Bildung ganzheitliche Erfahrungsräume erleben, ihren Blickwinkel erweitern und geistige Flexibilität üben können. Andererseits fürchten viele Lehrkräfte die Verflachung des Unterrichts in Beliebigkeit und Aktionismus, wenn fachliche Methoden und Konzepte nicht mehr im Vordergrund stehen.<sup>37</sup> Doch gerade im fächerübergreifenden Unterricht bleibt das Fachliche ein notwendiger spezialisierter Zugang zu Problemlösungen, wodurch ein breites Wissensspektrum und eine umfassende Kompetenz hinsichtlich fachlicher Inhalte und Methoden unabdingbar sind (ebd. S. 23). Im Sinne einer ganzheitlichen Bildung geht es im fächerübergreifenden Unterricht darüber hinaus darum, fachliche Grenzen zu erkennen und Fachunterricht zu ergänzen, wenn es bei der Problemlösung sinnvoll und hilfreich ist.<sup>38</sup>

Die wenigen existierenden Studien zum fächerübergreifenden Unterricht belegen zudem, dass (1) Schüler/-innen in selbigem ein vertieftes Lernen, höhere Motivation und ein besseres Lernklima erleben und (2) Lehrer/-innen zwar Probleme bei Organisation, Vorbereitung und Zeitaufwand sehen, zugleich aber ebenfalls einen Lernerfolg bei den Schüler/-innen hinsichtlich Motivation, Kreativität und allgemeiner Leistungssteigerung wahrnehmen (vgl. Herzmann et al. 2011, S. 25 – 32). Zudem geben Lehrer/-innen an, fächerübergreifender Unterricht generiere ein höheres Förderpotenzial für vernetztes Denken, den Erwerb komplexer Problemlösestrategien und Multiperspektivität bzw. Perspektivwechsel (Stübing et al. 2006, S. 91).

Vor dem Hintergrund der Tatsache, dass die in *...natürlich Chemie!* behandelten Themenfelder zumeist komplexe Probleme und Systeme darstellen, die für gewöhnlich über Fachgrenzen hinausgehen und nur aus verschiedenen Perspektiven vollständig zu erfassen sind, sind solche Bezüge naheliegend. Auch vor dem Hintergrund einer Orientierung an *CHiK* ist

---

<sup>37</sup> Zur ausführlicheren Diskussion vgl. z.B. Moegling 2010, v.a. S. 18 – 26.

<sup>38</sup> Zur Legitimation und den Vorteilen von fächerübergreifendem bzw. integriertem naturwissenschaftlichen Unterricht vgl. auch Rehm et al. 2008.

fächerübergreifender Unterricht sinnvoll, kann so doch maßgeblich zu einer horizontalen Vernetzung von Wissen und Fähigkeiten beigetragen werden.

### III.2 Entwicklung der Unterrichtsmodule

Die Anzahl und Auswahl der Module ergab sich aus praktischen Überlegungen.

Wenn die Vorschläge Eingang in den alltäglichen Unterricht finden sollen, müssen sie für Lehrerinnen und Lehrer hinsichtlich der für Lernprozesse relevanten Faktoren Ökonomie, Sicherheit und Kosten praktikabel sein. Bei drei Modulen ergibt sich die Möglichkeit, sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Sekundarstufe II in jedem Schuljahr ein Thema zu integrieren.<sup>39</sup>

Für die Entwicklung dreier Module sprechen noch weitere Faktoren:

Zum einen ist im Schulunterricht auch die Behandlung industriell-technischer Aspekte vorgesehen. Diese sollen keinesfalls verdrängt werden, denn sie sind von elementarer Bedeutsamkeit für einen allgemeinbildenden Chemieunterricht<sup>40</sup>. Es geht mit dem vorgestellten Ansatz jedoch darum, den Bezugsrahmen des Chemieunterrichts um naturnahe Aspekte zu erweitern.

Zum zweiten ist es mit diesen drei Modulen sehr gut möglich, wesentliche Teile der Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz zu erarbeiten bzw. anzubahnen. So werden beispielsweise Aspekte von Stoffen und Stoffveränderungen, Grundlagen der chemischen Reaktionen, Gleichgewichtsreaktionen und Mechanismen der organischen Chemie behandelt; auch die Anbahnung von Kompetenzen in den Bereichen Erkenntnisgewinn, Kommunikation und Bewertung wird berücksichtigt.<sup>41</sup> Bestimmte Kompetenzen, beispielsweise Modellierungen mit dem Computer oder Anwendungen des Molekülbaus bei der Arbeit mit Modellbaukästen, ergeben sich jedoch in den klassischen anorganischen Bezügen der Schulchemie deutlich zwangloser und verständlicher, sodass auch diese für einen modernen allgemeinbildenden Chemieunterricht unabdingbar sind. Aus diesen beiden Gründen scheinen mehr Module wenig praktikabel und wenig sinnvoll.

---

<sup>39</sup> Die genauen Anbindungsmöglichkeiten an den Lehrplan werden im Rahmen der Modulbeschreibungen dargestellt.

<sup>40</sup> Angelehnt an das Allgemeinbildungskonzept von Heymann tragen solche Aspekte beispielsweise zur Stiftung kultureller Kohärenz und zur Weltorientierung bei (Heymann 1997, v.a. S. 9 - 13).

<sup>41</sup> Die verschiedenen Möglichkeiten des Kompetenzerwerbs werden in den Modulbeschreibungen detailliert dargestellt.

Drittens ist es aber für die Entfaltung des gesamten Potentials des Konzeptes, insbesondere hinsichtlich der emotionalen und motivationalen Ziele sowie einer Anbahnung von Gestaltungskompetenz nötig, regelmäßig und kontinuierlich mit ...*natürlich* Chemie! zu arbeiten. Hierfür sind mehrere Module zwingend.

Um eine größere Vielfalt und Flexibilität zu erreichen, sollen perspektivisch weitere Module entwickelt werden, sodass Lehrkräfte die Eignung der Module für ihre Schüler/-innen bzw. vor dem Hintergrund der örtlichen Gegebenheiten abwägen könnten. Doch auch dann ist es aus den geschilderten Gründen sinnvoll, an einem bis zwei Modulen pro Schuljahr festzuhalten.

Die thematische Festlegung begründet sich aus drei Richtungen. Zunächst wurden Themen ausgewählt, die eine Fülle an Zugangsmöglichkeiten und vielfältige inhaltliche Aspekte bieten, um dem Kompetenzerwerbsanspruch von Schule und Unterricht gerecht zu werden. Denn primäres Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist laut Curriculum der Erwerb naturwissenschaftlicher Bildung. Diese „ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung“ (Sekretariat der SKK<sup>42</sup> 2005, S. 6).

Für den Chemieunterricht wurden vier hierfür wesentliche Kompetenzbereiche definiert: (1) Fachwissen als Kenntnis chemischer Phänomene, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten bei Zuordnung derselben zu den Basiskonzepten Stoff-Teilchen-Beziehungen, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, chemische Reaktion oder energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen; (2) Erkenntnisgewinnung als Nutzung experimenteller und anderer Untersuchungsmethoden sowie Modelle; (3) Kommunikation als sach- und fachbezogenes Erschließen und Austauschen von Informationen sowie (4) Bewertung als Erkennen und Bewerten chemischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten.

Mit allen drei Modulen ist eine Erarbeitung einer Vielzahl relevanter Standards in den Bereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung möglich (vgl. die verschiedenen Modulbeschreibungen), sodass diese Bedingung erfüllt ist.

Die Themen müssen zudem Aspekte einer BNE integrieren und Möglichkeiten zur Ausbildung von Gestaltungskompetenz bieten. Dies wird für die drei Module in einem jeweils eigenen Unterkapitel dargestellt und kann daher ebenfalls als gegeben angenommen werden.

---

<sup>42</sup> Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland

Allgemein ist hier anzumerken, dass die Themen so gewählt sind, dass sie tendenziell von Nachhaltigkeitsaspekten durchwirkt sind und sich an vielen Stellen entsprechende Diskussionsanlässe bieten. Dennoch wurden für jedes Thema diskrete Punkte gesetzt, an denen Nachhaltigkeit besonders thematisiert wird. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die in Teil eins und zwei geschilderten bzw. durchgeführten Forschungen gezeigt haben, dass Kindern und Jugendlichen das Konzept Nachhaltigkeit und eine Teilnahme an entsprechenden Bildungsmaßnahmen wenig präsent sind. Eine ausdrückliche Thematisierung an diskreten Punkten kann hier für erhöhte Deutlichkeit und Transparenz sorgen. Trotzdem steht es Lehrkräften selbstverständlich frei, Nachhaltigkeitsaspekte auch an anderen Stellen zu ergänzen, wenn es sich anbietet. Entsprechende Hinweise werden teilweise auch bei den einzelnen Modulbeschreibungen gegeben.

Ferner sollten die ausgewählten Themen für Jugendliche wichtig und interessant sein oder das Potential haben, für die Jugendlichen wichtig und interessant zu werden. Hierfür bietet die bereits zitierte ROSE-Studie wichtige Hinweise. Wie bei Elster dargestellt, sind beide Geschlechter sehr interessiert an den Kontexten Jugend (Kontexte, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Körper und dessen Entwicklung stehen) und Gesundheit (Elster 2007, S. 247). Die ausgewählten Themen behandeln Fragen der Ernährung, Entwicklung und Gesundheit und sollten von daher für Jugendliche von Interesse sein.

### **III.3 Darstellung der Module**

In diesem Abschnitt werden nun die drei entwickelten Module genauer vorgestellt. Dafür werden zunächst relevante thematische und inhaltliche Aspekte aufgezeigt und die zur Verfügung stehenden Materialien und wichtige zugrunde liegende didaktische Entscheidungen erläutert. Anschließend wird dargelegt, wie und wo die Inhalte des Moduls an die Bildungsstandards der KMK für den mittleren Schulabschluss (bzw. stellenweise exemplarisch den Kernlehrplan für Gymnasien und Gesamtschulen von NRW) oder die Oberstufenrichtlinien des Bundeslandes NRW anchlussfähig sind.

Danach wird auf den möglichen Kompetenzerwerb und den vorgeschlagenen Unterrichtsgang eingegangen. Abschließend werden die Module jeweils vor dem Hintergrund der in III.1 gestellten drei Grundforderungen bewertet. Die Materialien exemplarischer, besonders interessanter oder innovativer Stationen sind jeweils am Ende des Abschnitts „Materialgestaltung“ der Modulbeschreibungen in den Text eingebunden; alle Materialien (70 Arbeitsblätter für Sek. I und

II, Folien zum Einstieg und zur Sicherung, weiterführende Hinweise etc.) finden sich in den entsprechenden Abschnitten im Anhang.

Neben den Arbeitsblättern stehen keine separaten Lösungsblätter zur Verfügung, da im Regelfall davon ausgegangen werden kann, dass sich die Inhalte der Lehrkraft mit dem für den Schulunterricht üblichen Fachwissen erschließen. Darüber hinaus finden sich in den Abschnitten zur „Materialgestaltung“ Hinweise auf die erwarteten Lösungsansätze.

### III.3.1 Modul 1: *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur*

<b>Verortung im Kernlehrplan NRW</b>	Sek I: JS 9/10 Inhaltsfeld „Organische Chemie“  Sek II: Einführungsphase Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“
<b>Stichpunkte</b>	Salicylverbindungen – Gewinnung und Verwendung; Schmerzentstehung und-bekämpfung; Synthese von Acetylsalicylsäure; Wirkstoffsuche in der modernen Medizin

#### **Thematische und inhaltliche Aspekte**

Sowohl der Arzneimittelverbrauch als auch die Ausgaben für Arzneimittel stiegen in den OECD-Ländern in den letzten Jahren beständig an, was u.a. auf die Bevölkerungsalterung und das Verschreibungsverhalten von Ärzten zurückgeführt wird (OECD 2009, S. 108). Laut Arzneimittel-Atlas 2013 wurden jedem Deutschen in den Jahren 2011 und 2012 durchschnittlich jeweils circa 570 Tagesdosen Arzneimittel verordnet (IGES 2013, S. 3). Häufig verordnete Medikamentengruppen waren Immunsuppressiva, antivirale Mittel und antithrombotische Mittel (ebd.).

Noch eindrücklicher ist die Statistik zu frei verkäuflichen Medikamenten. Laut eines Berichtes des BKK Landesverbands NRW wurden in Deutschland im Jahr 2005 pro Kopf etwa 1100 Tabletten, Kapseln, Zäpfchen oder andere Dosierungen verbraucht. Dabei nahmen 20,4% der Frauen und 13,3% der Männer einmal wöchentlich Medikamente, wobei die Einnahmehäufigkeit mit dem Alter anstieg (Morlang 2006, S. 1).

Die regelmäßige Einnahme von Medikamenten beschränkt sich nicht auf Erwachsene. Bei einer Befragung gaben 43% der Jungen und 48% der Mädchen im Alter von 13 bis 16 Jahren an, mindestens ein Arzneimittel in den letzten sieben Tagen angewendet zu haben; 7,3% der Kinder und Jugendlichen nahmen täglich Medikamente. Häufig verwendete Medikamente bzw. Mittel des Gesundheitswesens waren beispielsweise Erkältungs- und Grippemittel oder Vitaminpräparate. Spitzenreiter bei der Medikamenteneinnahme der Jugendlichen waren jedoch die Schmerzmittel: 18,8% der Mädchen und 4 % der Jungen gaben an, in den vergangenen Wochen mindestens ein- bis zweimal pro Woche Kopfschmerzmittel genommen zu haben, 19,4% der Mädchen und 1,6% der Jungen nahmen in den vergangenen Wochen mindestens ein- bis zweimal pro Woche andere Schmerzmittel (ebd., S.2 sowie Glaeske 2005, Folie 20, abrufbar unter <http://www.dhs.de/dhs-veranstaltungen/rueckschau/fachkonferenzen.html>, Stand 24.02.2014).

Das Thema Arzneimittel – und insbesondere Schmerzmittel – ist also ein alltagsrelevantes Thema für Schüler/-innen weiterführender Schulen. Zugleich lässt es sich in den von der ROSE-Studie als interessant eingestuften Kontext Gesundheit (s.o.) einordnen. Es eignet sich also gut als Themenbereich für einen kontextorientierten Chemieunterricht.

Das Unterrichtskonzept *...natürlich* Chemie! verlangt neben Alltagsbezug und Relevanz eine Naturnähe der behandelten Themen. Auch dieser ergibt sich mit Blick auf Medikamente zwanglos – eine Vielzahl heutiger Medikamente stammt ursprünglich aus der Natur. Tabelle fünf zeigt einige gängige Medikamente mit ihren ursprünglich natürlichen Wirkstoffquellen, beispielsweise Aspirin oder Penicillin. Die hier dargestellte Vielfalt und Alltagsnähe des Kontextes kann zusätzlich das Interesse der Schüler/-innen erregen.

Auch bei der Entdeckung neuer Medikamente setzt man große Hoffnung in Wirkstoffe aus der Natur (vgl. Sucunza 2014 oder Schinnerl et al. 2014, vgl. auch aktuelle Forschungen großer Institute, beispielsweise [www.ime.fraunhofer.de](http://www.ime.fraunhofer.de)). Heute erforscht man diesbezüglich beispielsweise bislang unentdeckte Arten in entlegenen Gebieten (Meere, Regenwald etc., vgl. Station acht). Das Thema „Medikamente aus der Natur“ eignet sich also auch in der Hinsicht eines aktuellen Naturbezuges für *...natürlich* Chemie!.

Produkt	Quelle		Anwendung
Aspirin	Weide	Pflanzen	Schmerzmittel
Tubocurarine	Behaarter Knorpelbaum		Muskelrelaxantium
Vincristin & Vinblastin	Rosafarbene Catharanthe		Krebstherapie
Taxol	Europäische & Pazifische Eibe		Krebstherapie
Calcitonin	Lachs	Tiere	Osteoporose
Magainin	Froschhaut		Antibiotika
Tissue Plasminogen Activator	Vampirfledermaus		Anticoagulant
Hirudin	Blutegel		Anticoagulant
Zocor	Aspergillus terreus	Pilze	Cholesterinsenker
Penicillin	Penicillium		Antibiotika
Cyclosporin	Tolyocladium inflatum		Immunsuppressivum

Tabelle 5: Wirkstoffe aus der Natur (verändert nach Lößner 2012, S. 306f)

Die thematischen und inhaltlichen Aspekte des Themas „Arzneimittel“ sind vielfältig. Es sind dazu bereits verschiedentlich Ansätze veröffentlicht worden; DchemLit verzeichnet beispielsweise über 120 Veröffentlichungen zu passenden Stichworten wie Medikamente bzw. Arznei bis 2012.

In einem im Jahre 2000 erschienenen Themenheft „Arzneimittel“ (Themenheft NiU Chemie 11 (2000), Nr. 55) finden sich einerseits eine Übersicht zu vorhandenen Materialien (Wagner/Drechsler, S. 43) bzw. zu bereits veröffentlichten Schulexperimenten (Drechsler/Wagner, S. 37f), andererseits auch konkrete Unterrichtsvorschläge; beispielsweise die „Einsatzmöglichkeiten für Antazida im Chemieunterricht der Sekundarstufe I“ (Wolf/Flint), „Magensaftresistente Arzneimittelüberzüge“ (Drechsler/Dogan/Bader) oder die „Resorption von Arzneistoffen“ (Drechsler/Salzner/Bader). Insbesondere hinsichtlich des Schmerzmittels ASPIRIN gab es einige schulbezogene Veröffentlichungen (z.B. Ratermann 2012, Pirincci 2009).

Für die Umsetzung einer Einheit im Rahmen von ...*natürlich* Chemie! muss aus dieser Vielfalt sinnvoll didaktisch ausgewählt werden. Dabei müssen Aspekte ausgesucht werden, an denen exemplarisch sowohl chemische Grundlagen als auch allgemeinbildende Gesichtspunkte dieses Bereiches vermittelt werden können. Zugleich müssen diese Aspekte naturnah umsetzbar und damit zur Anbahnung von Gestaltungskompetenz geeignet und (wenigstens teilweise) im Freien realisierbar sein.

Die Thematik *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur* wird in dieser Arbeit umfassend am Beispiel des wohl bekanntesten Schmerzmedikamentes ASPIRIN erarbeitet. Dies

bietet sich aus drei Gründen an: (1) An diesem Wirkstoff lassen sich wesentliche chemische Inhalte erarbeiten, (2) ASPIRIN ist als eines der bekanntesten und meistverkauften Schmerzmittel für Jugendliche besonders relevant und (3) Acetylsalicylsäure und Salicylate werden in Vorformen bereits im Mittelalter im Weidenrindensud bzw. Mädesüßtee als Wirkstoff angewandt und sind so quasi prototypisch für ein altüberliefertes Medikament aus der Natur.

Die konkrete Darstellung des Unterrichtsganges und seiner Methodik wird in dem entsprechenden Abschnitt behandelt. Grundsätzlich ist hier bereits Folgendes anzumerken:

Wie erwähnt orientiert sich ...*natürlich* Chemie! bezüglich des Ablaufs und der Methodik an *CHiK*. Damit ergibt sich für die Vorbereitung und Erarbeitung einer solchen Einheit im Rahmen einer Dissertation eine Besonderheit: In Begegnungsphase und Planungsphase sollen Schüler/-innen Fragen an den Kontext entwickeln, die in der sich anschließenden Erarbeitungsphase selbstständig schrittweise mithilfe einer vorbereiteten Lernumgebung geklärt werden. Derartige Fragen können nur teilweise antizipiert werden. So scheinen Fragen wie „Seit wann kennt man Medikamente aus der Natur?“, „Wie gewinnt man Medikamente aus der Natur?“, „Wie wirkt ein Schmerzmittel?“ oder „Wie entsteht heute ein neues Medikament?“ naheliegend. Zu diesen Aspekten wurden entsprechende Materialien vorbereitet.

Je nach Lerngruppe und aktueller Situation ist es jedoch wahrscheinlich, dass Schüler/-innen andere bzw. weitere Fragen formulieren. Durch die Gestaltung der Einheiten als Stationenlernen bietet sich hier die Möglichkeit, über die exemplarisch ausgewählten, grundlegenden Aspekte hinaus flexibel auf die Wünsche und Bedürfnisse der Lerngruppe einzugehen, indem weitere Materialien bereitgestellt oder beispielsweise Forschungsaufträge in Kleingruppen vergeben werden.

Die vor dem in diesem Kapitel geschilderten Hintergrund ausgewählten und bearbeiteten inhaltlichen Aspekte sowie der mögliche Unterrichtsgang sind in der folgenden Tabelle sechs dargestellt



Std.	Stufung des Unterrichts	Kontextbezogene Schüleraktivität an den Stationen	Hauptintention
1	Begegnungs- und Strukturierungsphase	Arbeit mit einem Comic und der Einstiegsfolie, Sammeln und Kategorisieren von Fragen	Erfassen von Vorwissen und Interessen
2 - 9	Erarbeitungsphase Stationenlernen	<b>1. Wunderwaffe Aspirin?:</b> textgestützte Erarbeitung	Aufzeigen der Chemie als gesellschaftlich relevante Wissenschaft und Erarbeitung eines Zeitstrahls zur Geschichte des Aspirins
		<b>2. Mädesüß als Medikament?:</b> Erarbeitung chemisch biologischer Grundlagen mithilfe einer Textquelle und einer morphologischen Untersuchung; Extraktion und Nachweis von Salicylverbindungen aus Mädesüßblüten	Betrachtung der Wirkstoffquelle als Anknüpfung an den Biologieunterricht und Herstellung eines direkt erfahrbaren Naturbezugs Erarbeitung der Struktur der Salicylsäure und des Salicylaldehyds und Kompetenzförderung im Bereich chemischer Denk- und Arbeitsweisen
		<b>3. Der Schmerz und seine Bekämpfung:</b> textgestützte Erarbeitung und schematische Darstellung	Erarbeitung chemischer Grundlagen der Schmerzentstehung sowie Reflexion der Struktur-Eigenschafts-Beziehung von Wirkstoffen Kompetenzförderung im Bereich Kommunikation und Arbeit mit Modellen
		<b>4. Chemische Synthese von Aspirin:</b> Informationen zur industriellen Herstellung von Acetylsalicylsäure und Versuch zur Herstellung von ASS	Erarbeitung des Mechanismus der Acetylsalicylsäureherstellung und fakultative Vertiefung der Veresterung sowie Kompetenzförderung im Bereich chemischer Denk- und Arbeitsweisen

		<b>5. Wirkstoffsuche in der Medizin –</b> <b>Entdeckung neuer Medikamente:</b> textgestützte Erarbeitung	Erarbeitung aktueller Forschungskomplexe
		<b>6. Artensterben bedroht Gesundheit</b> oder <b>Marine Naturstoffe:</b> textgestützte Erarbeitung im Partnerpuzzle	Kritische Reflexion aktueller Entwicklungen vor dem Hintergrund einer Nachhaltigkeitsorientierung
<b>10</b>	Sicherung	In Form einer Expertenrunde stellen zufällig gewählte Gruppen je einen Aspekt des Stationenlernens vor. Sie formulieren Merksätze oder Grafiken zu den wichtigsten Inhalten, die an der Tafel gesammelt und von den Schüler/-innen übernommen bzw. diskutiert werden. Abschließend wird ein Rückbezug zu den Fragen der Strukturierungsphase hergestellt.	
	mögliche Vertiefung	Aufgreifen offener Fragen aus der Sicherungsphase Erarbeitung der Verseifung als Umkehr der Veresterung Erarbeitung anderer Veresterungen, beispielsweise die Herstellung von Wintergrünöl aus Salicylsäure und Methanol	Horizontale Vernetzung und Anwendung des erworbenen Wissens

**Tabelle 6: Übersicht über die thematischen Schwerpunkte der Stationen des Moduls**

Die in der Tabelle dargestellten Stationen können in drei Kategorien eingeordnet werden:

- (1) Im Rahmen eines fächerübergreifenden Chemieunterrichts wird auf die Geschichte des ASPIRINS oder auf physiologische Grundlagen der Schmerzentstehung und -bekämpfung eingegangen. So lernen Schüler/-innen einen umfassenderen Blick auf die Thematik und erkennen das historische Geworden-Sein der Naturwissenschaften und deren Bedeutung für Gesellschaft, Technik und Alltag. Sie verstehen die Mechanismen, die der Verwendung von Schmerzmitteln zugrunde liegen, können so reflektierter mit diesen umgehen und ihre Bewertungskompetenz ausbauen (Stationen 1 & 3).
- (2) Aus fachlicher Perspektive ist das Thema ebenfalls reizvoll: Die Synthese von ASPIRIN kann theoretisch und experimentell nachvollzogen und fakultativ vertiefend der ASS – Gehalt verschiedener Präparate titrimetrisch überprüft werden. Diese Aspekte wurden bereits in anderen Unterrichtsvorschlägen (s.o.) dargestellt. Hier kann einer der grundlegenden Reaktionsmechanismen der organischen Chemie (Veresterung) eingeführt oder vertieft und die Dünnschichtchromatographie als sonst im Unterricht wenig verwendete Nachweisemethode kennengelernt werden (Station 4).
- (3) Innovative Aspekte dieses Moduls entstehen durch die thematisch und räumlich angestrebte Naturnähe des Unterrichtskonzeptes *...natürlich* Chemie!. So können Salicylverbindungen aus Mädesüßblüten gewonnen und nachgewiesen werden (Schwedt 2007, S. 111ff). Mädesüß ist in Deutschland und Europa recht weit verbreitet. Man findet es während seiner Blütezeit von Juni bis August an den Ufern fließender und stehender Gewässer, in Straßengräben oder auf feuchten Wiesen. Um räumliche Naturnähe herzustellen und so zur Anbahnung von Naturverbundenheit beizutragen, können die Schüler/-innen in der Umgebung Mädesüß für die Experimente sammeln<sup>43</sup> und dabei die „Quelle“ des Wirkstoffes genauer morphologisch untersuchen. Historisch wurde Mädesüß als Tee-Aufguss oder Auszug der Blüten mit Wein verwendet. Dies kann von den Schüler/-innen experimentell nachvollzogen und die Wahl des Lösungsmittels auf der Grundlage des Basiskonzeptes Struktur-Eigenschaftsbeziehung reflektiert werden (Station 2). Derartige Aspekte wurden bisher für die Schulchemie kaum reflektiert. Bei entsprechender Ausstattung können auch diese einfachen Experimente draußen durchgeführt werden.

---

<sup>43</sup> Außerhalb der Blütezeit können getrocknete Mädesüßblüten auch in der Apotheke erworben werden.

Zudem können Chancen und Grenzen der Wirkstoffsuche in der modernen Pharmaindustrie thematisiert werden. Mittels echter Zeitungsartikel aus bekannten überregionalen Zeitungen oder populärwissenschaftlichen Zeitschriften lernen Schüler/-innen die Naturwissenschaft Chemie als gesellschaftlich relevantes Berufsfeld kennen (Station 5).

Hierbei entsteht auch zwanglos die Möglichkeit, nachhaltige Aspekte dieses Themas zu beleuchten und Gestaltungskompetenz im Sinne einer BNE anzubahnen. Denn gerade im Bereich der modernen Wirkstoffsuche auf der Basis tropischer oder maritimer Ausgangsstoffe entstehen vielfältige ökologische, ökonomische und soziale Probleme – aber auch Chancen –, deren Diskussion im Schulunterricht lohnenswert erscheint.

Beispielsweise werden durch die rücksichtslose Ernte von Pflanzen, deren Inhaltsstoffe bereits als wirksam erkannt wurden, Naturgebiete und indigene Völker gefährdet; die anhaltende Rodung des Regenwaldes birgt die Gefahr, noch unentdeckte wirksame Arten auszurotten und noch immer gibt es keine Regelung hinsichtlich der Patentierung neuer Wirkstoffe, da bei diesem Prozess heute vielfach Urvölker ausgenutzt und in ihrer Existenz bedroht werden (vgl. Lößner 2010).

Im Sinne einer ganzheitlichen BNE bietet sich hier eine Kooperation beispielsweise mit dem Geographie- oder Sozialkundeunterricht an, in dem ökonomische und soziale Aspekte dieser Medikamentengewinnung vertieft werden können (ebd.). Eine Auseinandersetzung mit diesem komplexen Beziehungsgefüge und den verschiedenen problematischen Aspekten kann sicherlich zur Anbahnung von Gestaltungskompetenz beitragen. (Station 6)

## **Materialgestaltung**

Nachdem thematische und inhaltliche Aspekte vorgestellt wurden, soll in diesem Kapitel auf die Besonderheiten der Materialien bzgl. methodischer Gestaltung und Aufgabenkonstruktion eingegangen werden.

In jeder Einheit von *...natürlich Chemie!* wird den Schüler/-innen ein Laufzettel zur Verfügung gestellt, mit dem sie den Fortschritt der Arbeit verfolgen können. Das erste Material von *Medizin*

*aus der Natur* ist dann die oben beschriebene Einstiegsfolie. Dem folgen die Materialien für die einzelnen Stationen.

Bei Station eins erarbeiten sich die Schüler/-innen wichtige Informationen zur Geschichte des Aspirins mittels eines Informationstextes. Zur Förderung des Textverständnisses sind sie aufgefordert, die Informationen in Form eines Zeitstrahles darzustellen. Um schon früh den Alltags- und Praxisbezug herzustellen, sollen die Schüler/-innen anschließend bekannte Präparate mit Acetylsalicylsäure und die Verwendung derselben notieren.

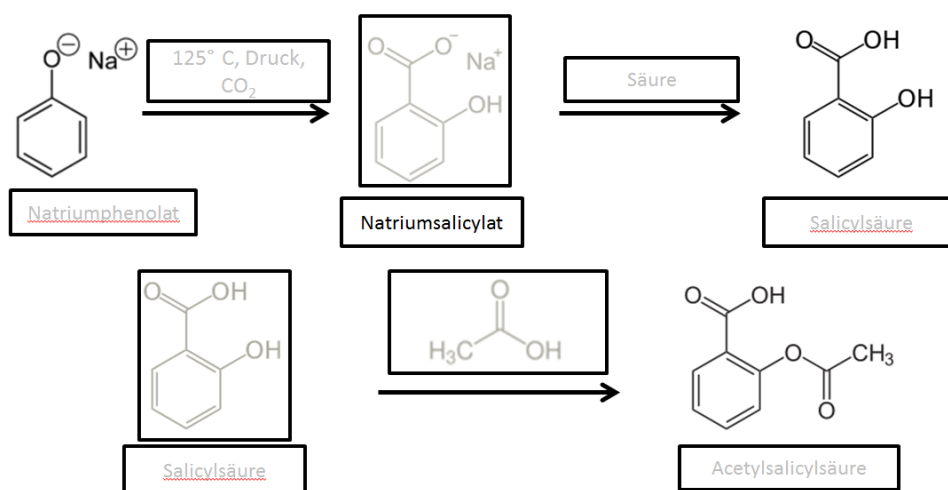
In Station zwei sollen Salicylverbindungen aus Mädesüß gewonnen und nachgewiesen werden. Hierfür erhalten die Schüler/-innen zunächst einige Fachinformationen. In der ersten Aufgabe werden sie aufgefordert, mittels einer Internetrecherche (erste relevante Seiten werden in der Aufgabe genannt) und einer morphologischen Untersuchung einen Steckbrief des Mädesüß zu erstellen. Durch diese eigenständige Recherche anstelle eines weiteren Informationstextes und die morphologische Untersuchung soll methodische Abwechslung gewährleistet und das eigenständige Lernen der Schüler/-innen gefördert werden. Zudem können prozessbezogene und mediale Kompetenzen wie die Planung, Durchführung und Auswertung eines Experimentes oder die eigenständige Internetrecherche vertieft werden. Durch das Suchen und Sammeln des Mädesüß wird Naturkontakt hergestellt.

In einem Schülerexperiment stellen die Schüler/-innen anschließend einen Tee aus den gesammelten Mädesüßblüten her und versetzen diesen mit Eisen(III)-Chlorid-Lösung. Eisen(III)-Chlorid bildet mit den Salicylverbindungen einen dunklen Niederschlag. Bei der Auswertung des Versuches sollen die Schüler/-innen insbesondere auf den Geruch des Tees vor dem Hintergrund der Struktur der möglichen Salicylverbindungen eingehen. Durch diese deutliche Vorgabe können die Schüler/-innen zielorientierter arbeiten als bei einer freien Auswertung; zudem wird bereits eine Hinführung zur Chemie der Duftstoffe geboten, beispielsweise indem Ähnlichkeiten der Substanzen mit Benzaldehyd erkannt werden. Um auch den Anforderungsbereich III bei der Aufgabenkonstruktion zu berücksichtigen, sollen die Schüler/-innen abschließend den Vorschlag des Botanikers John Gerard bewerten, der im Mittelalter vorschlug, die Blüten in Wein auszukochen. Dabei sollen sie im Wesentlichen erörtern, inwiefern Alkohol die Löslichkeit der Substanzen positiv beeinflussen könnte.

In Station drei werden der Schmerz und seine Bekämpfung behandelt. Grundlegende Informationen erfolgen auch hier mittels eines speziell zusammengestellten Fachtextes.

Vertiefende Informationen, beispielsweise die Strukturformeln wesentlich beteiligter Prostaglandine, müssen die Schüler/-innen erneut selbst recherchieren. Anschließend sollen die Schüler/-innen ihre Ergebnisse mit einem Mitschüler abgleichen und die durch Text und Recherche gewonnenen Informationen schematisch darstellen. Vorgeschlagen wird in der Aufgabe ein Pfeildiagramm, den Schüler/-innen steht es jedoch frei, begründet individuell andere Formen zu verwenden. So wird einerseits kooperatives Lernen befördert, andererseits können die Schüler/-innen erneut Informationen durch eine freie grafische Umsetzung vertieft verarbeiten.

Bei Station vier wird mittels verschiedener Materialien ausführlich die chemische Synthese der Acetylsalicylsäure (ASS) erarbeitet. Dafür stellen die Schüler/-innen in einem Schülerexperiment, ausgehend von Salicylsäure und Essigsäureanhydrid, zunächst ASS her. Zur Auswertung sollen sie die Reaktionsgleichung und die katalytische Funktion der konzentrierten Schwefelsäure notieren. Zur Unterstützung erhalten sie dafür einen Fachtext zur chemischen Synthese von ASS, dessen Informationen sie zunächst in ein einfaches Reaktionsschema umsetzen sollen (Abb. 22).



**Abbildung 22: Vereinfachtes Reaktionsschema zur Synthese von ASS (schwarz Gedrucktes ist im Schema vorgegeben, grau Gedrucktes muss von den Schüler/-innen aus dem Text übertragen werden)**

Anschließend sollte die Formulierung der Reaktionsgleichung kein Problem mehr darstellen. Komplexer ist die Anforderung der dritten Aufgabe, in der die Schüler/-innen den Reaktionsmechanismus mit anderen bekannten Reaktionen dieses Typs vergleichen und bewerten sollen, ob es sich um eine Kondensationsreaktion handelt. In Aufgabe 4 sollen die Schüler/-innen abschließend eine methodisch-experimentelle Reflexion üben, indem sie die Funktion des letzten Durchführungsschrittes („Nach dem Trocknen werden in je einem Reagenzglas eine Spatelspitze Salicylsäure, Aspirin-tablette und Reaktionsprodukt in 5 ml Wasser gelöst und mit 5 Tropfen Eisen(III)-Chlorid-Lösung versetzt.“) erläutern. Da die Verwendung des Eisen(III)-Chlorid aus Station zwei bekannt ist, sollte dies gut nachvollziehbar sein.

Ist beispielsweise in der Oberstufe eine vertiefte fachliche Reflexion gewünscht, bietet der obligatorisch zu nutzende dritte Teil der Station 4 die Möglichkeit, den zugrunde liegenden Reaktionsmechanismus der ASS-Synthese genauer zu betrachten. Mittels vorgegebener, aber nicht sortierter Strukturformeln und Hilfwörter zu den einzelnen Reaktionsschritten können sich die Schüler/-innen den Mechanismus allein oder in Partnerarbeit erschließen.

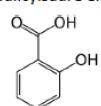
In Station fünf werden den Schüler/-innen interessante aktuelle Entwicklungen der pharmazeutischen Industrie vorgestellt. Zur vertieften Verarbeitung der im Text gegebenen Informationen sind sie aufgefordert, „in geeigneter Form dar[zustellen], wie die Chemie bei der Suche nach und Modifizierung von Wirkstoffen nützen kann“. Dies kann z.B. in Form eines Pfeildiagramms, eines Zeitstrahls, einer Mind-Map oder eines kurzen Textes erfolgen. Durch die offene Gestaltung der Aufgabe können Schüler/-innen erneut ihre individuellen Vorlieben in den Unterricht einbringen.

Ähnliche Möglichkeiten haben sie bei Station sechs, da die Schüler/-innen hier aus zwei Aufgaben wählen können. Sie erarbeiten sich anhand authentischer Zeitungsberichte grundlegende Aspekte von Nachhaltigkeit zum Themenkomplex Medizin aus der Natur, die durch eine gelenkte Recherche vertieft werden. Auch die im Zusammenhang mit Nachhaltigkeit bedeutsame Bewertungskompetenz wird geschult, da die Schüler/-innen eine vor dem Hintergrund des Zeitungsartikels aufgestellte fiktive Aussage bzw. den Schutz der Biodiversität vor dem Hintergrund des drei-Säulen-Modells von Nachhaltigkeit bewerten sollen („Nehmen Sie begründet Stellung zu folgender Aussage: ‚Ein natürlicher Wirkstoff ist einem synthetischen Wirkstoff in jedem Fall vorzuziehen!‘ Gehen Sie dabei auf Wirkung und Herstellung des Medikamentes sowie ökologische Aspekte ein.“ oder „Beziehen Sie Ihre Ergebnisse aus Aufgabe 2 [Recherche zu den Begriffen „Biodiversität“ und „Nachhaltige Entwicklung“] auf den obigen Zeitungsartikel. Stellen Sie begründet dar, inwiefern der Schutz der Biodiversität bezogen auf alle drei Säulen nachhaltiger Entwicklung nachhaltig wäre.“)

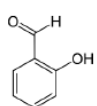
Auf den nächsten Seiten finden sich exemplarisch zwei Arbeitsblätter: Zum einen Station zwei zur Verwendung des Mädesüß als Medikament, da dies, wie beschrieben, bisher kaum reflektiert ist; zum anderen Station fünf zur Wirkstoffsuche in der Medizin, da hier gezeigt werden kann, wie authentische Zeitungsartikel einen Beitrag zu einem alltags- und praxisnahen Chemieunterricht leisten können (Abb. 23). Alle weiteren Materialien finden sich im Anhang.

## Mädesüß als Medikament?

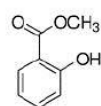
Kein Mensch leidet gerne unter Schmerzen, obwohl sie Teil eines lebenswichtigen Warnsystems unseres Organismus' sind. Heiler, Kräuterfrauen und Ärzte waren daher von jeher bestrebt, Mittel zur Schmerzlinderung zur Verfügung zu haben. Im alten Griechenland beispielsweise nutzte man hierfür einen Saft aus Weidenrinde. Heute weiß man, dass diese Rinde Salicin enthält, eine Vorform der heute in vielen Schmerzmitteln vorkommenden Acetylsalicylsäure (Station 1). Da die Weidenzweige im Mittelalter jedoch für die Korbflechtereie gebraucht wurden, wurde es verboten, diese zu Pflücken. Kräuterfrauen entdeckten damals, dass auch Extrakte aus den Blüten des Mädesüß (auch Spierstaude, lat. *Filipendula*) eine schmerz- und fiebersenkende Wirkung zeigten. Später fand man heraus, dass diese unter anderem Methylsalicylat, Salicylaldehyd und Salicylsäure enthalten.



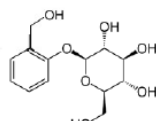
Salicylsäure



Salicylaldehyd



Methylsalicylat



Salicin

### Experiment: Herstellung von Mädesüßtee

#### Chemikalien:

4 -5 g Mädesüßblüten (getrocknet oder frisch, möglichst krautfrei), Wasser, Eisen(III)-Chlorid-Lösung (GHS 05,07)

#### Geräte:

Becherglas, Filter, Filterpapier, Heizplatte, Thermometer, Waage

#### Durchführung:

Blüten abwägen und in einem Becherglas mit 100 ml Wasser bedecken. Den Sud kurz aufkochen und anschließend etwa zehn Minuten ziehen lassen. Den Tee anschließend durch einen Filter geben. Eine kleine Probe des klaren Filtrats wird mit einigen wenigen Tropfen Eisen(III)-Chlorid-Lösung versetzt. Ein dunkler Niederschlag zeigt das Vorhandensein von Salicylverbindungen an.

- Fertigen Sie einen Steckbrief des Mädesüß an. Einige Quellen sind beispielsweise die Informationen zu Mädesüß auf den Internetseiten der BUND-Ortsgruppe Wunsiedel, der Apotheken Umschau oder der Badischen Zeitung. Reflektieren Sie im Steckbrief auch die Entstehung des Markennamen ASPIRIN. Beziehen Sie auch eine morphologische Untersuchung des Mädesüß in den Steckbrief mit ein (Mädesüßprobe wird in Aufgabe 2 verwendet!).
- Führen Sie das obige Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch! Notieren Sie die Beobachtungen und werten Sie diese aus. Gehen Sie dabei besonders auf den Geruch des Tees ein und reflektieren Sie ihn vor dem Hintergrund der oben genannten Wirkstoffe und ihrer Struktur.
- Im Mittelalter schrieb John Gerard (englischer Chirurg und Botaniker), dass man die Blüten des Mädesüß in Wein kochen und den Sud gegen das Viertagefieber trinken solle. Erörtern Sie vor dem Hintergrund der Wirkstoffe, inwieweit Wasser oder Wein aus chemischer Sicht das geeignetere Lösungsmittel für Mädesüßblüten sind.



Medizin aus der Natur

Station 2

## Wirkstoffsuche in der Medizin – Entdeckung neuer Medikamente

### Planung statt glücklicher Fügung

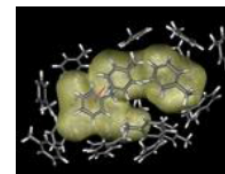
Bei der Entdeckung neuer Arzneimittel spielte in der Vergangenheit der Zufall oft eine entscheidende Rolle - zum Teil ist das heute noch so. Man testete Tausende von Molekülen, zum Beispiel Produkte chemischer Synthesen oder Pflanzenextrakte, in biologischen Systemen auf möglicherweise interessante pharmakologische Wirkungen. [...] Im Englischen gibt es dafür das von dem Schriftsteller und Politiker Horace Walpole (1717-1797) geprägte Wort „Serendipity“ (etwa: glückliche Fügung, Zufallstreffer) nach einem persischen Märchen von drei Prinzen, die sich nach Serendip (persisch für das heutige Sri Lanka) aufmachen und nie dort ankommen, aber unterwegs die interessantesten Entdeckungen machen.

Große Anstrengungen werden unternommen, um bei dem Prozess der Entdeckung und Entwicklung neuer Wirkstoffe fort von der Serendipity und hin zur rationalen Planung zu gelangen. Möglich wird dies, wenn die molekularen Mechanismen, die das Krankheitsbild verursachen, zumindest teilweise bekannt und die Zielmoleküle (Targets), an denen das Medikament angreifen soll, definiert sind. Gegen diese Targets werden dann Stoffbibliotheken, die Zehn- oder Hunderttausende von Molekülen umfassen können, gescreent. Das Prinzip Zufall ist bei diesem modernen Ansatz also keineswegs völlig verschwunden, aber die Chancen werden erhöht.

### Analyse der Bindungsstellen

Targets für Arzneistoffe sind in der Regel Proteine: Enzyme, Rezeptoren, Ionenkanäle, Transporter oder Signalproteine. Wenn der Chemiker ihre dreidimensionale Struktur kennt, kann er spezifische Bindungsstellen für die natürlichen Liganden identifizieren. Gesucht wird dann ein Arzneimittel, das mit einer höheren Bindungskapazität den natürlichen Liganden verdrängt und die biologische Aktivität (kompetitiv) inhibiert, aktiviert oder modifiziert. [...]

Wenn die Bindungstasche für den Liganden bis in die atomare Dimension hinunter bekannt ist, können aus der Strukturdatenbank jene Moleküle selektioniert werden, die aufgrund ihrer Raumstruktur und Bindungseigenschaften als künstliche Liganden und Arzneimittelkandidaten in Frage kommen. Mehr noch: Man kann die chemischen Eigenschaften dieser Moleküle schrittweise verändern, um ihre Bindungsfähigkeit oder ihre pharmakologischen Eigenschaften (Verträglichkeit, Zugänglichkeit, Bioverfügbarkeit etc.) zu verbessern. Für diese als „molecular modeling“ bezeichneten Prozesse gibt es leistungsfähige Computerprogramme. [...]



Molecular modeling (© TU Clausthal)

- Lesen Sie den obigen Zeitungsartikel zur Wirkstoffsuche in der Pharmaindustrie.
- Stellen Sie in geeigneter Form dar, wie die Chemie bei der Suche nach und Modifizierung von Wirkstoffen nützen kann.

Textquelle: <http://www.bio-pro.de>, Artikel vom 09.08.2010



Medizin aus der Natur

Station 5

Abbildung 23: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Zu Risiken und Nebenwirkungen...“



## **Anbindung an den Lehrplan von NRW**

Zur Implementierung neuer Unterrichtsvorschläge ist es bedeutsam, dass Ideen und Ausarbeitungen an die schulische Realität und besonders an das gültige Curriculum anschlussfähig sind. Da die Module von ...*natürlich* Chemie! in unterschiedlicher Komplexität in der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II eingesetzt werden sollen, wird nun ein Überblick über mögliche Anknüpfungspunkte gegeben.

In der Sekundarstufe I sind Unterrichtsinhalte nach Inhaltsfeldern und fachlichen Kontexten gegliedert. Dabei sind die zu unterrichtenden Inhaltsfelder obligatorisch, die Kontexte jedoch fakultativ und durch gleichwertige Kontexte ersetzbar (Sekretariat der SKK 2005, S. 31). Inhalte und Struktur des Moduls *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur* bieten eine Umsetzung am Ende der Jahrgangsstufe neun (Gymnasium G8) bzw. zehn (Mittlere Reife in 10 Jahren) an. Inhaltsfelder dieser Jahrgangsstufe sind „Saure und alkalische Lösungen“, „Energie aus chemischen Reaktionen“ und „Organische Chemie“. Naheliegender Einsatz im Inhaltsfeld Organische Chemie, wobei zugleich eine Wiederholung relevanter Inhalte des Inhaltsfeldes „Saure und alkalische Lösungen“ möglich ist. Im Lehrplan werden für die organische Chemie beispielsweise funktionelle Gruppen und die Veresterung als wichtige Inhalte ausgewiesen. Beides wird im Rahmen des Unterrichtsganges erarbeitet. Im Rahmen der titrimetrischen Bestimmung des ASS-Gehalts ist eine Wiederholung stöchiometrischer Berechnungen u.Ä. möglich (vgl. Ministerium für Schule und Weiterbildung (MSW) 2008, S.33f).

Auch in der Sekundarstufe II wird der Unterricht durch Inhaltsfelder mit inhaltlichen Schwerpunkten systematisiert (MSW 2013, S. 15). Für die Einführungsphase ist beispielsweise das „Inhaltsfeld 1: Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ vorgesehen, das eine Anbindung der Einheit erlaubt. Hier sollen organische Kohlenstoffverbindungen und organische Stoffklassen thematisiert und die Zusammenhänge von Stoff- und Teilchenebene aufgedeckt werden (ebd. S. 18). Ein Aufgreifen wäre auch im Zusammenhang mit dem „Inhaltsfeld 2: Säuren, Basen und analytische Verfahren“ zu Beginn der Qualifikationsphase möglich.

## **Kompetenzerwerb**

In den vier oben (S. 86) geschilderten Kompetenzbereichen des naturwissenschaftlichen Unterrichts können Schüler/-innen im Rahmen des Moduls *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur* wesentliche Kompetenzen auf- oder ausbauen. Der Bezug zu

fachwissenschaftlichen Inhalten wurde bereits im Abschnitt „Anbindung an den Lehrplan“ aufgezeigt. Diese tragen wesentlich zum Wissenserwerb in den Basiskonzepten chemische Reaktion und Struktur der Materie bei. Bei der Herstellung von ASS können beispielsweise die Beobachtung und Beschreibung von Stoffumwandlungen oder die vereinfachte Erklärung einer Veresterung geschult werden; zudem können die Kenntnisse über Struktur und Stoffeigenschaften zur Darstellung und Beschreibung der großtechnischen Produktion von Stoffen genutzt oder die Anwendung der Formelschreibweise geübt werden.

Im Laufe des Unterrichts experimentieren die Schüler/-innen, beobachten und protokollieren die Experimente und müssen aus diesen Schlussfolgerungen ziehen (Erkenntnisgewinnung). Sie erschließen Informationen aus Experimenten, Interviews oder Fachtexten, tauschen sich darüber aus und bereiten sie für Präsentationen vor (Kommunikation). Gerade im Rahmen der Station sechs spielt die Bewertung des dargestellten Sachverhaltes eine zentrale Rolle.

Darüber hinaus bieten Inhalte und Organisation des Unterrichts die Möglichkeit zum Erwerb zentraler übergreifender Ziele: (1) Die Inhalte sind geeignet, sowohl zur Gesundheits- als auch zur Umweltbildung beizutragen. (2) Dem Erwerb einer Bildung für nachhaltige Entwicklung kommt in diesem Modul eine große Bedeutung zu (s.o.). (3) Die Schüler/-innen haben je nach gewähltem Unterrichtsgang (s.u.) aufgrund des handlungsorientierten Stationenlernens die Möglichkeit zu fächerübergreifendem, mehrperspektivischem Arbeiten und zum Ausbau personaler und sozialer Kompetenzen wie Verständigung und Kooperation, Übernahme von Verantwortung sowie Argumentations- und Kritikfähigkeit.

Für die Sekundarstufe II gelten ebenfalls die oben geschilderten vier Kompetenzbereiche. Über diese grundlegenden Fertigkeiten hinaus soll der Unterricht der Oberstufe auch Einsichten in komplexe Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme ermöglichen. Schülerinnen und Schüler sollen zunehmend selbstständig chemische Sichtweisen kennenlernen und Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens erfahren (MSW 2013, S. 12).

Um den Schüler/-innen die Möglichkeit zu solch selbstständigem Arbeiten zu geben, können sie stärker in die Planung des Unterrichtsganges eingebunden werden oder weiterführende Fragen in Partner- oder Gruppenarbeit recherchieren. Mit der Station vier c (vgl. Tab. 6) ist eine entsprechende fachwissenschaftliche Vertiefung verglichen mit dem Unterricht in der Sekundarstufe I möglich. Auch bei der titrimetrischen Bestimmung der in einer Tablette

enthaltenen Menge an ASS kann eine Differenzierung erreicht werden, wenn die Schüler/-innen zunächst selbstständig versuchen, ein entsprechendes Experiment zu planen und auszuwerten und nur bei Schwierigkeiten Hilfestellung in Form des vorbereiteten Arbeitsblattes erhalten.

Der Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ der Sekundarstufe II erfordert das Auswählen und Nutzen chemischer Konzepte zur Lösung von Aufgaben und Problemen. Im Bereich „Erkenntnisgewinnung“ sollen Schüler/-innen lernen, chemische Fragestellungen zu erkennen, diese mit Experimenten und anderen Methoden hypothesengeleitet zu untersuchen, daraus Ergebnisse zu gewinnen und diese zu verallgemeinern (ebd. S. 16). Beides wird von den Schüler/-innen innerhalb dieses Moduls an allen experimentellen Stationen gefordert.

Der Kompetenzbereich „Kommunikation“ fordert einen produktiven fachlichen Austausch von Fragestellungen sowie Erkenntnissen und der Bereich „Bewertung“ das überlegte Urteilen über derartiges (ebd. S. 16f). Kommunikative Kompetenzen werden von den Schüler/-innen im Rahmen aller Gruppen- oder Partnerarbeitsphasen des Moduls gefordert und geübt, für die Anbahnung der Bewertungskompetenzen sind insbesondere die Stationen zwei und sechs prädestiniert.

## **Unterrichtsgang**

Innerhalb des Moduls *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur* werden verschiedene Materialien bereitgestellt (vgl. Tab. 6). Je nach konkreter schulischer Situation, Lerngruppe, Lehrerpersönlichkeit etc. sind selbstverständlich verschiedene Umsetzungen möglich, beispielsweise die Nutzung der Materialien als Arbeitsblätter für einen lehrgangsförmigen Unterricht. Im Folgenden wird ein Unterrichtsgang geschildert, der zur Erreichung aller oben genannten Ziele gut geeignet ist. Inwieweit dieser Vorschlag in konkreten Lernsituationen umsetzbar ist, muss individuell geprüft werden.

Zum Einstieg wird den Schüler/-innen ein Comic zum Thema präsentiert, wozu diese ihre Gedanken frei äußern sollen.<sup>44</sup> So wird an die Alltagserfahrung der Schüler/-innen angeknüpft und Vorerfahrungen bzw. Vorwissen aktiviert (Phase der Begegnung).

Anschließend werden die Schüler/-innen mit einer zweigeteilten Folie konfrontiert. Auf dieser findet sich zum einen die Zeitungsschlagzeile „Abholzung des Regenwaldes zerstört Hoffnung auf Arzneimittel. Arzneiwirkstoffe im Wert von 109 Mrd. US-\$ in biologischen Ressourcen im

---

<sup>44</sup> Verschiedene thematische Comics finden sich beispielsweise unter <http://www.medical-tribune.de/medizin/medizin-cartoons/medikamente/1.html> (Stand 11.03.2014).

Regenwald vermutet.“ Die Schüler/-innen werden zunächst gebeten, ihre Ideen und Fragen hinsichtlich dieser Aussage zu formulieren. Als weiteren Impuls findet sich auf der Folie die Tabelle fünf mit den verschiedenen Wirkstoffen aus der Natur. Die Aufgabe für die Schüler/-innen ist analog. Je nach Mitarbeit kann die Tabelle sofort oder in einem zweiten Schritt aufgedeckt werden. Die Fragen und Ideen dieser ersten Runde sollten von einem Protokollanten (Lehrperson oder Schüler/-in) auf einer Folie oder an der Tafel gesammelt werden, da sie anschließend die Grundlage zur Planung und Strukturierung der Erarbeitungsphase bilden (Phase der Neugier und Planung).

Danach beginnen die Schüler/-innen mit der schrittweisen Bearbeitung und Klärung der entstandenen Fragen. Hierzu dienen die bereitgestellten Materialien des Stationenlernens. Dieses Stationenlernen kann entsprechend des Vorwissens und der Fragen der Schüler/-innen noch individualisiert werden. Bei weiterführenden Fragen ist auch eine Einbindung von *Rausaufgaben*<sup>45</sup> möglich (Phase der Erarbeitung).

Gemäß der Grundlagen dieses Unterrichtskonzepts sollte für die Bearbeitung der Station zwei die Möglichkeit einer Exkursion geboten werden. Bei entsprechenden lokalen Gegebenheiten kann diese im Rahmen einer Doppelstunde als fußläufiger Ausflug in die örtliche Fauna erfolgen.

Abschließend müssen die Ergebnisse des Stationenlernens gesichert werden. Hierzu gibt es eine Vielzahl von Methoden, die geübten Lehrpersonen bekannt sind und je nach Lernsituation und -gruppe genutzt werden können (z.B. Lerntagebuch, Portfolio, Abschlussquiz...). Beispielhaft wird hier die Expertensicherung vorgeschlagen, die sich in meinem Unterricht immer wieder bewährt hat:

Am Ende des Stationenlernens, bei dem sich die Schüler/-innen mithilfe bereitstehender Lösungsmaterialien selbst kontrolliert haben, werden per Zufall (Los, Würfel etc.) Kleingruppen gebildet. Diese „Experten“ bekommen die Aufgabe, eine zufällig zugeteilte Station so vorzubereiten, dass sie eine kurze Skizze des Ablaufs sowie die relevanten Ergebnisse und Erkenntnisse im Plenum materialgestützt präsentieren können (Folie, Plakat etc.).

In ihrer Expertengruppe haben die Schüler/-innen die Möglichkeit, einzelne Aspekte zu vertiefen und ihre Ergebnisse mit Mitgliedern anderer Versuchs- bzw. Arbeitsgruppen auszutauschen. Im Plenum erfolgt dann eine allgemeine Sicherung, die auch Raum für Rückfragen an die Lehrperson

---

<sup>45</sup> Angelehnt an den Begriff Hausaufgaben bezeichnen „Rausaufgaben“ Aufgaben, die die Schüler/-innen zur Vor- oder Nachbereitung des Unterrichts im Rahmen des Unterrichtskonzeptes *...natürlich Chemie! draußen* erledigen – meist in ihrer natürlichen, mitunter auch in ihrer sozialen Umwelt, beispielsweise auf Erkundungstouren, in Experteninterviews, bei Beobachtungsaufträgen der örtlichen Flora und Fauna etc.

bietet. Zudem kann die Lehrperson eventuell noch vorhandene Schwierigkeiten ausloten und darauf reagieren.

Nach *CHiK* sollte sich an diese Erarbeitungsphase nun eine Phase der Abstraktion und Vernetzung anschließen, in der das Gelernte in neuen Zusammenhängen angewendet wird, um ein kontextunabhängiges Wissensfundament aufzubauen. Dies kann für die fachchemischen Inhalte beispielsweise bei der weiteren Vertiefung der organischen Chemie geschehen, wenn im Anschluss an die Veresterung die Verseifung thematisiert wird.

Abschließend bietet es sich an, die vergangenen Unterrichtsstunden mithilfe einer gängigen Methode zu evaluieren, beispielsweise mithilfe eines Blitzlichtes oder einer Zielscheibe. So können Stärken und Schwächen der Unterrichtseinheit aufgedeckt und für den weiteren Unterrichtsprozess nutzbar gemacht werden.

### **Zusammenfassung**

Die Anforderung an ein Modul von *...natürlich Chemie!* war die positive Beantwortung dreier Leitfragen, auf die abschließend noch einmal eingegangen werden soll.

Ist das Modul naturnah: thematisch-kontextuell und räumlich?

Wie im Abschnitt *Thematische und inhaltliche Aspekte* geschildert, bietet sich dieses Modul thematisch an, weil viele wichtige Wirkstoffe aus der Natur stammen bzw. als naturidentisch synthetisiert werden. Im Rahmen der modernen Wirkstoffsuche gewinnt der natürliche Ursprung von Medikamenten zunehmend an Bedeutung. Die Station zwei lädt außerdem zu einer Exkursion in eine naturnahe Umgebung ein. Sowohl thematisch als auch räumlich kann dieses Modul also als naturnah charakterisiert werden.

Werden in dem Modul kognitive und motivationale Voraussetzungen für eine aktive Teilhabe an Diskursen und Prozessen im Bereich nachhaltiger Entwicklung angebahnt?

Inhaltlich bietet die Station sechs die Möglichkeit zum Erwerb von Gestaltungskompetenz. Die Schüler/-innen erfahren aktuelle Forschungsprobleme der modernen Medizin, die Bezug zum Nachhaltigkeitsdiskurs haben. Sie sind aufgefordert, sich auf verschiedenen Ebenen damit auseinanderzusetzen (z.B. Informationsbeschaffung aus verschiedenen Materialien, grafische Umsetzung und Strukturierung der Informationen, begründete Stellungnahme zu einem Problemkomplex) und eine eigene Meinung zu entwickeln.

Durch die Exkursion bei Station zwei wird zudem Naturerfahrung und so die Ausbildung von Naturverbundenheit ermöglicht.

Diese Anbahnung kognitiver und motivationaler Voraussetzung zur Partizipation am Nachhaltigkeitsdiskurs kann durch eine fächerübergreifende Einbindung des Geographieunterrichts (z.B. gemeinsamer themenzentrierter Unterricht) noch intensiviert werden.

Ist der Unterricht in dem Modul methodisch sinnig, praxisnah und handlungsorientiert?

In der Unterrichtseinheit wird auf vielfältige abwechslungsreiche Methoden zurückgegriffen. Die Schüler/-innen experimentieren, bearbeiten Fachtexte, tauschen Informationen aus, recherchieren im Netz und bereiten Informationen graphisch auf. Auch ist das gewählte Thema vor dem Hintergrund der oben geschilderten Medikamentenstatistik für Jugendliche praktisch bedeutsam. Durch die verwendeten Methoden bietet sich den Jugendlichen insgesamt die Möglichkeit, „handelnd Handeln [zu] lernen“ (Gudjons 1997, S. 64).

### III.3.2 Modul 2: *Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie*

<b>Verortung im Kernlehrplan NRW</b>	Sek I JS 7 Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffveränderungen“ JS 9/10 Abschluss und Wiederholung des Chemieunterrichts der Mittelstufe  Sek II Einführungsphase Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“
<b>Stichpunkte</b>	Entstehung, Inhaltsstoffe, Eigenschaften und Verwendung von Honig Colony Collapse Disorder zusätzlich für Sek II: Maillard-Reaktion; Mutarotation; Rohrzuckerinversion

#### **Thematische und inhaltliche Aspekte**

Honig ist einer der beliebtesten Brotaufstriche in Deutschland. Jeder kennt das „süße Gold“, das auch bei der Zubereitung von Kuchen oder Süßspeisen eine wichtige Rolle spielt. Laut einer Forsa-Umfrage aus dem Mai 2013 essen 63% der Deutschen regelmäßig Honig, in Ostdeutschland sind es sogar 73%. Dabei achten 78% der Verbraucher auf den Kauf und Verzehr europäischer Produkte, 73% auf deutsche Produkte und 67% bevorzugen Bienenhonig aus heimischer Produktion. Insgesamt werden in Deutschland jährlich 85.000 Tonnen Honig konsumiert. Der zugrunde liegende Pro-Kopf-Verbrauch ist weltweit ein absoluter Spitzenwert (alle Daten nach BMEL 2013). Honig ist also nicht nur sprichwörtlich in aller Munde.

Doch dieser enorme Verbrauch bringt auch Probleme mit sich. Bundesweit gibt es etwa 750.000 Bienenvölker, von denen jedes 20 bis 30 Kilogramm Honig produzieren kann. Heimische Imker können den Verbrauch von etwa einem Kilogramm Honig pro Kopf nur zu etwa 20% abdecken, 80% müssen importiert werden (ebd.). Doch die Honigproduktion wird zunehmend problematisch: ökologische und ökonomische Faktoren wie eingeschleppte Parasiten, neue Pflanzenschutzmittel, zerstörte Lebensräume und der Klimawandel sorgen weltweit für einen beständigen Rückgang der Bienenpopulation – beispielsweise in Europa in den vergangenen zehn Jahren um zehn bis dreißig Prozent (Füßler 2011, vgl. auch BMEL 2014).

Dabei ist die Honigbiene nach Rind und Schwein das wichtigste Nutztier, sorgt sie doch als bedeutendster Bestäuber der Tierwelt für die Bestäubung und damit Fruchtbildung von vielen

wichtigen nahrungsmittelbildenden Pflanzen. Schätzungen zufolge werden von 100 Nutzpflanzen (z.B. Früchte, Nüsse und Getreide), die weltweit 90% der Nahrungsmittel stellen, 71 hauptsächlich von der Biene bestäubt (ebd.).

Die Arbeit der Bienen stellt damit eine der Grundlagen einer gut funktionierenden Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung dar. So gibt es in China Regionen, in denen es – vermutlich aufgrund einer unkontrollierten Pestizidbehandlung der ansässigen Pflanzen – keine Bienen mehr gibt. Dort werden die Obstbäume per Hand bestäubt, was einen enormen zeitlichen und finanziellen Aufwand bedeutet. In den USA gibt es Bienenvölker, die per LKW durch das Land touren, um die notwendigen Bestäubungen vorzunehmen, da eine Vielzahl an Bienenvölker verendet ist (greenpeace Magazin 4.11).

Führt man sich also das schlimmstmögliche Szenario vor Augen, könnten die Bienen bereits in wenigen Jahren ausgestorben oder zumindest in ihrem Bestand derart dezimiert sein, dass eine Bestäubung der Nutzpflanzen in weiten Teilen der Erde künstlich vorgenommen werden müsste. Anstelle des momentan kostenlosen „Services“ entstünden dabei gewaltige Belastungen, die vermutlich zu einem deutlichen Preisanstieg auf dem Lebensmittelmarkt führen würden und die Welthungerproblematik in ungeahnter Weise verschärfen könnten.

Sowohl unter den Aspekten persönlicher Relevanz und Alltagsbezug als auch hinsichtlich nachhaltigkeitsorientierter Überlegungen ist das Thema Honig also für einen kontextorientierten Chemieunterricht im Rahmen von ...*natürlich* Chemie! geeignet.<sup>46</sup> Die darüber hinaus nötige Naturnähe ist in Deutschland offensichtlich gegeben, stellt Honig doch ein natürliches, chemisch komplexes Stoffgemisch dar, das nach seiner Entstehung kaum verändert werden darf. Gemäß der gültigen Honigverordnung dürfen ihm weder honigeigene Stoffe wie Enzyme, Zucker oder Pollen entzogen, noch honigfremde Stoffe wie Aromen, Konservierungsmittel oder Farbstoffe hinzugefügt werden (Honigverordnung S. 5).

Neben den oben geschilderten Bezügen ist der Kontext Honig fachwissenschaftlich interessant für den Chemieunterricht, wie in verschiedenen Veröffentlichungen gezeigt wurde. International

---

<sup>46</sup> Diese Eignung wird durch die Aufgabenkonstruktion aktueller Wettbewerbe für Schüler/-innen gestützt: „Das Honig-Experiment“, bestehend aus der Herstellung von Kunsthonig und dem Vergleich von Honig und Kunsthonig hinsichtlich der enthaltenen Zucker mit weiterführenden Aufgaben, war bei der Internationalen Junior-Science-Olympiade die Aufgabe der ersten Wettbewerbsrunde, da die Aufgabe der ersten Runde „eine breite Schülerschaft zur Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen anregen“ (Peters et al. 2013, S. 23), Interesse wecken und in den Anforderungsniveaus der Teilaufgaben variieren soll (ebd. S. 22f).



finden sich hauptsächlich fachwissenschaftliche Veröffentlichungen, die sich mit der Untersuchung bestimmter Inhaltsstoffe oder dem Vergleich verschiedener Honigsorten beschäftigen.<sup>47</sup>

In Deutschland gibt es sowohl fachwissenschaftliche als auch fachdidaktische Publikationen. Eine Suche bei DchemLit zeigt neun Veröffentlichungen zum Honig im Zeitraum bis 2003, wovon einige einen Beitrag zu einem Unterricht in der geplanten Art leisten können. Bereits 1989 beschrieb DEIFEL in der „Chemie des Honigs“ die Inhaltsstoffe des Honigs und die chemischen Vorgänge, die bei seiner Entstehung ablaufen. 1994 und 1997 wurden erste Unterrichtsvorschläge in diesem Bereich publiziert (Deifel 1994, Wörn/Lühken/Melle 1997). DEIFEL schlägt dabei die Reflexion des Hausrezepts „Heißer Tee mit Honig“ mithilfe der Messung der Aktivität der Glucoseoxidase mittels Teststäbchenverfahren vor. WÖRN ET AL. befürworten die experimentelle Erschließung wesentlicher Honig-Inhaltsstoffe (Zucker, Wasser, Aminosäuren, Enzyme, Aromastoffe, Metallionen und Pollen), um an dem alltäglichen und damit motivierenden Stoff Honig zentrale chemische Stoffklassen und Grundoperationen zu behandeln.

Auch drei aktuelle Veröffentlichungen thematisieren die fachlichen und didaktischen Möglichkeiten dieses interessanten Lebensmittels (Wegner/Tesch/Schalko/Kockert 2013, Sieve 2013, Heidinger/Amon/Walenta-Draxler 2014). WEGNER ET. AL. haben ein fächerverbindendes Projekt für die Biologie mit einer Verbindung zum Fach Chemie entwickelt. In diesem führen die Schüler/-innen verschiedene Versuche zum Thema durch, wodurch ein handlungs- und problemorientierter Unterricht zur Generierung anwendbaren Wissens befördert werden soll. SIEVE entwickelte ebenfalls ein Projekt, legte den Schwerpunkt dabei aber auf die Untersuchung der Zucker in Honig und Kunsthonig. Bei „Pollen im Zeugenstand“ von HEIDINGER ET. AL. steht Honig nicht unmittelbar im Vordergrund, wird aber über die palynologische Untersuchung von Honigproben in den Unterricht eingebunden. Über diese Annäherung an die forensische Palynologie sollen Schüler/-innen „an authentischer Wissenschaftspraxis ihr Wissenschaftsverständnis [ausbauen]“ (ebd. S. 328).

In all diesen Veröffentlichungen werden interessante Aspekte angesprochen, die für die Umsetzung einer Einheit im Rahmen von ...*natürlich* Chemie! geprüft, strukturiert und an einigen Stellen (vor allem um naturnahe und nachhaltigkeitsorientierte Aspekte) erweitert werden müssen. Die Grundsätze für die Zusammenstellung der Stationen sind wie schon bei Modul eins

---

<sup>47</sup> Mittels Quersuche wurden die Datenbanken großer Verlage wie „Taylor & Francis“, „The Association for Science Education“ und der „Royal Society of Chemistry“ durchsucht. Es finden sich mehrere tausend fachwissenschaftliche Veröffentlichungen, jedoch keine Unterrichtsvorschläge oder schulbezogene Veröffentlichungen.

die Möglichkeit der exemplarischen Vermittlung chemischer Grundlagen und allgemeinbildender Gesichtspunkte sowie die naturnahe Umsetzbarkeit zur Anbahnung von Gestaltungskompetenz.

Der sich vor diesem Hintergrund ergebende Unterrichtsverlauf sowie die inhaltlichen Aspekte für die Sekundarstufe I sind in Tabelle sieben, die abweichenden Stationen für die Sekundarstufe II in Tabelle acht dargestellt.

Std.	Stufung des Unterrichts	Kontextbezogene Schüleraktivität an den Stationen	Hauptintention
<b>1&amp;2</b>	Begegnungs- und Strukturierungsphase	<b>Besuch eines Imkerstandes</b> Sammeln und Kategorisieren von Fragen, z.B.: Woraus besteht Honig? Wie wird Honig produziert? Ist Honig gesund? Worin unterscheiden sich die Honigsorten und warum schmecken sie unterschiedlich? Festlegen der Vorgehensweise zur Klärung der Fragen	Erfassen von Vorwissen und Interessen, Motivation, Naturbezug, Vorbereitung der Stationen der Lerntheke
<b>3 - 8</b>	Erarbeitungsphase Lerntheke	<b>1. Was isst du da?</b> <b>Honig untersuchen</b> Säurekatalysierte Herstellung von Kunsthonig aus Saccharose und Wasser und vergleichende Untersuchung der Eigenschaften von Honig und Kunsthonig (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Wassergehalt und Hygroskopie)	Erarbeitung wichtiger Eigenschaften des Honig als Grundlage der späteren kritischen Reflexion verschiedener Anwendungen des Honigs
		<b>2. Zucker im Honig?</b> Vergleich von Imkerhonig und selbst hergestelltem Kunsthonig hinsichtlich ihrer Zucker-Zusammensetzung: Untersuchung der Proben mit Benedict-Reagenz, Seliwanoff-Reagenz und Lugol'scher Lösung	Kennenlernen verschiedener Nachweisreaktionen und Erarbeitung der Zucker-Zusammensetzung; Erarbeitung der Wirkung von Amylase
		<b>3. Honig – Balsam für Leib und Seele</b> Erarbeitung geschichtlicher Aspekte zum Honig (frühes Süßungsmittel, Delikatesse, Balsamierungsmittel etc.)	fächerübergreifende Erarbeitung historischer Anwendungen des Honigs zur Unterstützung einer ganzheitlichen Themenbetrachtung
		<b>4. Konservierung durch Honig</b> Erläuterung von Notwendigkeit und Funktionsweise der Konservierung und Untersuchung derselben mit einem selbst geplanten Experiment (Einlegen von frischen Lebensmitteln in Honig)	Erarbeitung chemischer Grundlagen der Konservierung sowie Anbahnung der Struktur-Eigenschafts-Beziehung von Stoffen (hier z.B. konservierende Wirkung dank geringem Wassergehalt, hoher Zuckerkonzentration, saurem pH-Wert, Inhibinen...)

		<p><b>5. Halsschmerzen adé?</b></p> <p>Kritische Betrachtung der Verwendung von Honig als Hausmittel bei Erkältungskrankheiten mithilfe der Bestimmung des Wasserstoffperoxidgehaltes (Teststäbchen) in verschiedenen temperierten Honigproben</p>	Erkennen der Potenziale chemischer Denk- und Arbeitsweisen bei der Auseinandersetzung mit Alltagsvorstellungen
		<p><b>6. Fest oder cremig – nicht nur eine Geschmacksfrage</b></p> <p>Erarbeitung der Grundlagen der Kristallisation von Honig durch Übertragung eines Textes in eine Zeichnung</p>	Kompetenzförderung im Bereich Antizipation mikroskopischer Vorgänge
		<p><b>7. Geheimnisvolles Bienensterben</b></p> <p>Erörterung des weltweiten Phänomens des massenhaften Bienensterbens</p>	Einbezug von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung
<b>9 - 11</b>	Sicherung	<p>Es erfolgt eine Sicherung in zwei Stufen:</p> <p>1. Zunächst können im Plenum offene Fragen gesammelt und diskutiert werden. Anschließend wird ein Rückbezug zu den Fragen der Strukturierungsphase hergestellt und die jeweilige Frage in prägnanter Form beantwortet.</p> <p>2. Anschließend planen und bearbeiten die Schüler/-innen ein Experiment, um verschiedene Honigproben mithilfe der in der Lerntheke kennen gelernten Eigenschaften von Honig zu identifizieren. Zur Identifizierung können pH-Wert, Farbe, elektrische Leitfähigkeit, Konsistenz und Aroma herangezogen werden, da diese für die verschiedenen Sorten differieren.</p> <p>Die Ergebnisse werden mittels einer Folie im Plenum erörtert. Zusätzlich verfassen die Schüler/-innen einen Bericht über ihren Lernfortschritt, der der Lehrperson zur Verfügung gestellt wird. So können auch Fragen für die Vertiefung gesammelt werden.</p>	
	mögliche Vertiefung	<p>Aufgreifen evtl. offener Fragen aus der Sicherungsphase</p> <p>Untersuchung weiterer Lebensmittel hinsichtlich ihrer Stoffeigenschaften mit anschließender Betrachtung der Stoffumwandlung beim Kochen und Backen als Einführung der chemischen Reaktion</p>	Horizontale Vernetzung und Anwendung des erworbenen Wissens

Tabelle 7: Unterrichtsverlauf und mögliche Stationen zum Thema Honig in der Sekundarstufe I

Station	Kontextbezogene Schüleraktivität
Organoleptische Untersuchung des Honigs	Prüfung von Geruch, Geschmack, Konsistenz und Sauberkeit mithilfe der Qualitätskriterien des DIB (Deutscher Imkerbund)
Honig vs. Invertzuckercreme	Unterscheidung von Honig und Invertzuckercreme sowie Herstellung eines Kunsthonigs
Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen	Vergleich von Imkerhonig und Kunsthonig hinsichtlich Zucker-Zusammensetzung, Aminosäure-, Carbonsäure- und Vitamin C-Gehalt sowie des Vorhandenseins antibakterieller Substanzen (Untersuchung der Proben mit Benedict-Reagenz, Seliwanoff-Reagenz, Lugol'scher Lösung, Ninhydrin, pH-Teststreifen, Wasserstoffperoxid-Teststäbchen, Ascorbinsäure-Teststäbchen, rotem Blutlaugensalz und Eisen(III)-chlorid)
Exkurs: Mutarotation und Rohrzuckerinversion	Polarimetrische Untersuchung von Glucose und Saccharose zur praktischen und theoretischen Erarbeitung der beiden Gleichgewichtsreaktionen als Einführung oder Wiederholung des chemischen Gleichgewichts
Wahlaufgabe: Honig – Balsam für Leib und Seele oder Konservierung durch Honig	Erarbeitung historischer und anwendungsorientierter Aspekte des Honigs (frühes Süßungsmittel, Delikatesse, Balsamierungsmittel etc.) in arbeitsteiliger Partnerarbeit
Augen in der Farbe flüssigen Honigs...	Erarbeitung der nichtenzymatischen Bräunungsreaktion (Maillard-Reaktion) durch die Umsetzung zweier Aminosäuren (z.B. Cystein, Phenylalanin, Prolin, Methionin) mit Glucose
Pollenanalyse – Ist auch drin was drauf steht?	Fächerübergreifende Information zur Entstehung von Sortenhonig mit anschließender mikroskopischer Pollenanalyse
Geheimnisvolles Bienensterben	Rollenspiel zur Erarbeitung und Erörterung von Faktoren und Bedingungen der Honigerzeugung und -qualität aus verschiedenen Positionen

Tabelle 8: Mögliche Stationen zum Thema Honig in der Sekundarstufe II

Auch hier kann die bei Modul eins angewandte Gliederung der in den Tabellen beschriebenen Stationen in drei Teilbereiche vorgenommen werden:

(1) Im Rahmen eines fächerübergreifenden Chemieunterrichts kann sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Sekundarstufe II auf historische Aspekte der Honigverwendung, die Bienen als Honigproduzenten, die Imkerei und die Pollenanalyse eingegangen werden. Dabei erhalten Schüler/-innen einen umfassenden Blick auf die Thematik und erleben alltagsbezogen die Bedeutsamkeit naturwissenschaftlichen Wissens und naturwissenschaftlicher Erkenntniswege für Gesellschaft und Alltag (Stationen 3 & 4 [Sek. I] bzw. Vorinformation sowie Station 4 & 6 [Sek. II]).

(2) Aus fachchemischer Perspektive ist das Thema ebenfalls reizvoll und sehr ergiebig:

In der Sekundarstufe I kann verstärkt auf die Eigenschaften von Honig sowie den Zusammenhang dieser Eigenschaften mit seinen Inhaltsstoffen und der Anwendung von Honig eingegangen werden. Dabei lernen die Schüler/-innen wesentliche Stoffeigenschaften (pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Wassergehalt und Hygroskopie)<sup>48</sup> als Hilfsmittel zur Stoffidentifizierung kennen und können reflektiert Mythen und Alltagsweisheiten, wie z.B. die heilende Wirkung des Honigs, vor dem Hintergrund der entsprechenden naturwissenschaftlichen Erkenntnisse bewerten.

Das erworbene Wissen bzw. die erlernten Techniken wenden die Schüler/-innen im Rahmen einer Abschlussuntersuchung an. Der Vergleich von echtem Honig und industriell bzw. im Schülerexperiment hergestellten Kunsthonig trägt zu einer reflektierten Wahrnehmung und Bewertung von Alltagsproblemen mit naturwissenschaftlichem Bezug bei (Station 1, 2, 4, 5 & 7).

In der Sekundarstufe II kann ebenfalls auf die oben aufgeführten Eigenschaften des Honigs eingegangen und deren Auswirkung auf die Verwendung von Honig vor dem Hintergrund der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen thematisiert werden. Zusätzlich können hier auch Inhaltsstoffe im Bereich organischer Chemie vertieft betrachtet werden. Der kritisch-reflexive Vergleich mit Kunsthonig sowie die Verwendung des Honigs vor dem Hintergrund von Inhaltsstoffen und Eigenschaften erfolgt analog zur Sekundarstufe I, kann aber noch stärker fachchemisch reflektiert und bearbeitet werden (Station 1, 2, 3 & 4).

---

<sup>48</sup> Möglich wäre beispielsweise auch eine Thematisierung der Löslichkeit von Honig in Wasser bzw. Öl, da wir uns aber am Beginn des Chemieunterrichts befinden, könnte dies rein phänomenorientiert erfolgen, wodurch kaum Lernfortschritt erreicht würde. Auf phänomenologischer Basis kann dieser Aspekt aber im Rahmen der Zuckeruntersuchung bei Station zwei thematisiert werden.

Zusätzlich kann in der Oberstufe die Maillard-Reaktion als interessante und für unseren Alltag bedeutsame chemische Reaktion in Grundzügen thematisiert werden (Station 5). Je nach Kenntnisstand der Schüler/-innen kann optional auf die Prozesse der Mutarotation und der Rohrzuckerinversion als wichtige, alltäglich bedeutsame Gleichgewichtsreaktionen eingegangen werden.

Inwieweit dies eigenständig im Rahmen des Stationenlernens oder stärker angeleitet in Form eines lehrerzentrierten Unterrichts erfolgen kann, muss von der Lehrkraft abgewogen werden. Zur konsequenten Umsetzung des Konzeptes *...natürlich Chemie!* böte sich die selbstständige Erarbeitung durch die Schüler/-innen an, dies setzt jedoch entsprechende Grundlagen in diesem Bereich der organischen Chemie voraus. Eventuell bietet sich hier vorab ein kurzer Input durch die Lehrperson an. Außerdem muss bei diesem Modulelement darauf geachtet werden, inwieweit die Schüler/-innen mit dem Umgang mit dem Polarimeter und der Auswertung vertraut sind.<sup>49</sup>

- (3) Auch in diesem Modul entstehen innovative Aspekte neben den fächerübergreifenden Anteilen durch die thematisch-inhaltliche und räumlich angestrebte Naturnähe des Unterrichtskonzeptes *...natürlich Chemie!*. Sowohl für die Sekundarstufe I als auch die Sekundarstufe II bietet sich zu Beginn der Unterrichtseinheit ein Besuch eines örtlichen Imkers an, die sich nicht nur in ländlicher, sondern auch in städtischer Umgebung häufig finden.

Mittlerweile haben viele Schulen auch einen eigenen Bienenstand und entsprechende Arbeitsgruppen, die in eine „Mini-Exkursion“ eingebunden werden können. Dieser Besuch kann in der Sekundarstufe II vertieft eigenständig vorbereitet werden. Hier können Schüler/-innen die Naturwissenschaft Chemie als praxisrelevante Wissenschaft im Bereich der Lebensmittelentstehung und –kontrolle erleben.

Beim Besuch des Imkers entsteht – zusätzlich zu den jeweiligen speziell auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Stationen – erneut die Möglichkeit, nachhaltige Aspekte dieses Themas zu beleuchten und Gestaltungskompetenz im Sinne einer BNE anzubahnen. Dem jeweiligen Alter angemessen kann sowohl in der Sekundarstufe I als auch II auf aktuelle Probleme

---

<sup>49</sup> Überdies sollte die Lehrkraft vorab entscheiden, ob die Schüler/-innen lediglich die Veränderung des Drehwertes dokumentieren und erklären können sollen (so ist es im bereitgestellten Material durch die Verwendung gleichkonzentrierter Lösungen vorgesehen) oder ob eine Berechnung des spezifischen Drehwertes erfolgen soll. In diesem Fall ist die Bereitstellung zusätzlicher Materialien oder eine entsprechende Anleitung durch die Lehrkraft notwendig.

der Bienenzucht und -pflege und die damit verbundenen sozialen und ökonomischen Implikationen eingegangen werden. Auch die energiearme Herstellung von Honig bzw. die geringen Transportkosten regionaler Produkte im Vergleich zum Zucker können in diesem Zusammenhang diskutiert werden. Gerade der hohe Alltagsbezug und die hohe persönliche Relevanz des Themas vor dem Hintergrund langfristig sicherer Nahrungsmittelversorgung machen diese Aspekte besonders interessant für eine schulische Umsetzung. Einige dieser Aspekte werden in den entsprechenden Stationen (Station 6 [Sek. I] bzw. 7 [Sek. II]) nochmals vertieft.

Durch den Besuch eines Imkers oder Bienenstandes als Gelegenheit zum Naturerleben und damit perspektivisch der Entwicklung von Naturnähe und Naturverbundenheit bieten sich auch in diesem Modul hervorragende Möglichkeiten zur Ausbildung und Festigung von Bereitswilligkeit zu nachhaltigem Handeln. Durch die Einbindung in ein Rollenspiel wird dabei in der Sekundarstufe II zugleich eine gute Möglichkeit zum Erwerb weiterer übergreifender Kompetenzen geboten (s.u.).

## **Materialgestaltung<sup>50</sup>**

### ***Sekundarstufe I***

Auch für dieses Modul steht ein Laufzettel zur Sicherung des Arbeitsfortschrittes durch den/ die jeweilige/n Schüler/-in und die Lehrkraft zur Verfügung. Als weiteres Material wird bei diesem Modul eine Folie zur Besprechung der Abschlussuntersuchung angeboten.

Bei Station eins geht es um eine erste vergleichende Untersuchung von Honig und Kunsthonig hinsichtlich pH-Wert, Leitfähigkeit, Wassergehalt und Hygroskopie. Die Schüler/-innen bekommen zunächst einige Informationen hinsichtlich beider Produkte und stellen anschließend in einem Schülerexperiment Kunsthonig säurekatalytisch aus Saccharose und Wasser her. So sind die Schüler/-innen von Beginn an mit praktischer Arbeit eingebunden und zugleich fördert die Untersuchung eines selbst hergestellten Produktes Motivation und emotionale Einbindung in die Thematik.

Die anschließende Untersuchung sollte unterschiedliche Eigenschaften der beiden Produkte insbesondere hinsichtlich pH-Wert und Leitfähigkeit ergeben, da Honig, anders als Kunsthonig,

---

<sup>50</sup> Die Materialien dieser Einheit entstanden aufbauend auf der unveröffentlichten Staatsarbeit von Julia Ritter, die beim Landesprüfungsamt der Universität Siegen einsehbar ist.



neben Zucker und Wasser weitere Substanzen enthält, die diese Werte beeinflussen. Differenzen bezüglich Wassergehalt und Hygroskopie hängen dagegen stark von der Arbeitsweise der Schüler/-innen bei der Herstellung des Kunsthonigs ab. Die Ergebnisse der Untersuchung werden in Station zwei ausgewertet.

In Station zwei werden Honig und Kunsthonig hinsichtlich ihrer Zucker-Zusammensetzung verglichen. Dafür werden Proben mit Benedict-Reagenz, Seliwanoff-Reagenz und Lugol'scher Lösung versetzt. Benedict-Reagenz ersetzt dabei Fehling'sche Lösung, da die Mischung stabil sowie weniger ätzend und damit besser für Schülerexperimente geeignet ist. Eine Besonderheit des Experimentes liegt zudem in der Art der Durchführung: Zur Erhöhung der Sicherheit und zur Vermeidung von Abfällen werden die Proben auf einem über ein Teelicht gehaltenen Teelöffel durchgeführt.

Anschließend werden die Ergebnisse der Stationen eins und zwei in einer Tabelle zusammengetragen. Zur Förderung der Bewertungskompetenz und zum Üben der Fähigkeit, Schlussfolgerungen aus experimentell gewonnenen Daten zu ziehen, sollen die Schüler/-innen abschließend erörtern, ob sie zum Frühstück lieber Honig oder Kunsthonig essen würden. Dabei spielen auch Farbe und Geruch eine Rolle. Eine vertiefte Auswertung der Untersuchungen kann in höheren Jahrgangsstufen erfolgen, wenn beispielsweise die Gründe für unterschiedliche pH-Werte und unterschiedliche Leitfähigkeit oder die Auswirkungen solcher Unterschiede auf die Verwendung des Honigs betrachtet werden.

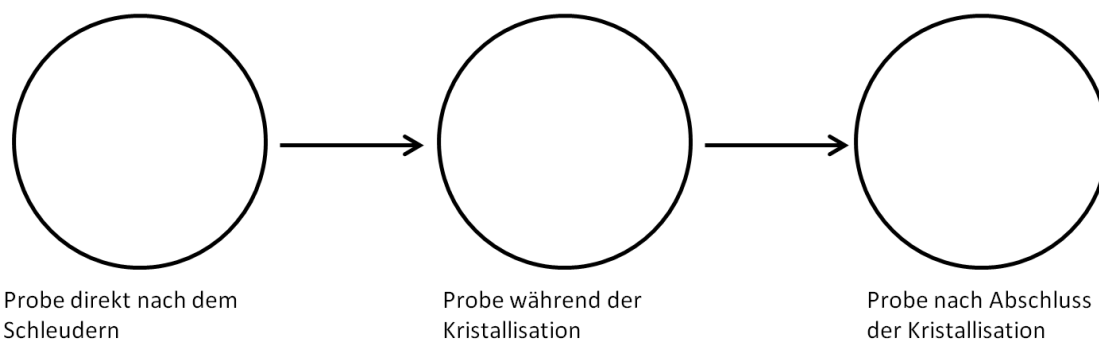
In den Stationen drei und vier wird die konservierende Wirkung von Honig beschrieben und untersucht. Die Schüler/-innen erhalten in Station drei zunächst Informationen zu dem Thema in Form eines Textes. Diesen sollen sie in wenigen Zeilen zusammenfassen, was zunächst lediglich sprachbezogene Kompetenzen des Anforderungsbereiches eins (Reproduktion) schult.

Bei Station vier wird das angelesene Wissen experimentell vertieft. Mit Hilfe eines Rezeptes zur Lebensmittelkonservierung aus einem Kochbuch aus dem Jahre 230 sollen die Schüler/-innen sich ein Experiment überlegen, um die konservierende Wirkung von Honig zu überprüfen. Dieses Experiment sollen sie in Absprache mit der Lehrperson eigenständig durchführen. Anschließend sind sie aufgefordert, ihre Beobachtungen zu erklären. Als Hilfestellung erhalten sie dazu einen kurzen Text, der die Grundlagen der Konservierung erläutert. Die Schüler/-innen lernen hier an einem praktischen Beispiel den Zusammenhang zwischen Inhaltsstoffen und Eigenschaften kennen.

Durch den zweiten Informationstext können Schüler/-innen im Rahmen der frei wählbaren Bearbeitungsreihenfolge eines Stationenlernens Station vier durchaus vor Station drei bearbeiten. In diesem Fall erfolgt mit Station vier eine Erarbeitung des Wissens, das in Station drei im Rahmen eines größeren historischen Zusammenhanges noch einmal anwendungsorientiert vertiefend dargestellt wird.

Mit Station fünf werden Schüler/-innen in die Lage versetzt, chemisches Wissen und chemische Methoden zur Überprüfung eines alten Hausrezeptes zu nutzen: heißer Tee mit Honig bei Erkältungskrankheiten. Dafür bekommen die Schüler/-innen zunächst einige kurze Informationen zur Wirkweise von antibakteriellen Substanzen und deren Vorhandensein im Honig. Danach prüfen sie in einem Experiment den Wasserstoffperoxid-Gehalt verschieden temperierter Honigproben, womit indirekt die Aktivität der Glukoseoxidase ermittelt wird. Die Ergebnisse dieses Experimentes sollen die Schüler/-innen anschließend nutzen, um zu bewerten, ob es bei einer Erkältung sinnvoll ist, heißen Tee mit Honig zu trinken. So wird erneut das Konzept Struktur-Eigenschafts-Beziehungen angebahnt, Bewertungskompetenz geschult und am Basiskonzept chemische Reaktion gearbeitet.

Bei Station sechs erarbeiten sich die Schüler/-innen die Grundlagen der Kristallisation von Honig. Dazu bekommen sie einen kurzen Fachtext, dessen Informationen sie in eine Zeichnung der mikroskopischen Vorgänge bei der Kristallisation übertragen müssen, wie Abbildung 24 zeigt. So können die Informationen vertieft verarbeitet werden. Zur Erhöhung des Anforderungsniveaus sollen die Schüler/-innen anschließend Vorschläge machen, wie eine Firma für eine langfristig flüssige Konsistenz des Honigs sorgen kann.



**Abbildung 24:** Ausschnitt aus dem Schülerarbeitsblatt zur Kristallisation von Honig; Aufgabe: "Zeichne, was man unter dem Mikroskop während der Kristallisation sehen würde".

Mit einer gekürzten Version des Zeitungsartikels „Der leise Tod“ werden bei Station sieben Aspekte von Nachhaltigkeit thematisiert. In dem Artikel stellt die Autorin Claudia Fübler das seit

einigen Jahren zu beobachtende weltweite Bienensterben und seine Auswirkungen dar. Mithilfe dieser Informationen sollen die Schüler/-innen anschließend in Gruppen ein Plakat oder einen kurzen Informationstext für die Schülerzeitung erstellen, um Mitschüler/-innen über das Thema zu informieren. So können Schüler/-innen mit einfachen, aber zugleich authentischen Informationen und Aufgaben einen ersten Einblick in das Thema erhalten und die Informationen kooperativ und kreativ verarbeiten. Ist eine vertiefte Bearbeitung dieser Aspekte erwünscht, bietet sich eine weiterführende Internetrecherche oder ein erneutes Interview des Imkers an.

Für den Abschluss der Unterrichtseinheit steht ein weiteres Arbeitsblatt zur Verfügung: Die Schüler/-innen erhalten zunächst Informationen zur Entstehung verschiedener Sortenhonige. Anschließend bekommen sie die Aufgabe, von der Lehrkraft zur Verfügung gestellte Proben verschiedener Sortenhonige mit den im Stationenlernen gelernten Methoden zu untersuchen, daraus einen Steckbrief zu erstellen und die Honigsorte zu bestimmen. Nützlich dafür sind Farbe, Konsistenz, Aroma, pH-Wert und Leitfähigkeit, da hier signifikante Unterschiede zwischen den Sorten bestehen. Mit dieser Untersuchung kann das erworbene Wissen noch einmal vertieft und prozedurale Kompetenzen im Bereich Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten können geübt werden.

Auf den folgenden beiden Seiten werden exemplarisch zwei Stationen aus der Einheit abgebildet (Abb. 25). In Station eins a bekommen die Schüler/-innen erste einführende Informationen und stellen einen Kunsthonig her. Mit Station vier a bietet sich die Möglichkeit, ein praxisnahes, einfaches Experiment selbst zu planen, indem die Schüler/-innen ein sehr altes Rezept zur Konservierung nachstellen.

## Was isst du da? Honig untersuchen



Ein Bienenvolk kann bis zu 50 Kilogramm Honig pro Jahr erzeugen.

Bienen sammeln Nektar oder Honigtau mit ihrem Rüssel ein und speichern ihn in ihrer Honigblase im Körperinneren für den Transport zum Stock. Im Volk angekommen, übergibt die Sammelbiene den Inhalt der Blase an die Bienen im Stock, die ihn weiterverarbeiten. Bei der Übergabe des Honigs werden diesem verschiedene wertvolle Enzyme zugegeben. Außerdem wird ihm beim Transport und der Weiterverarbeitung Feuchtigkeit entzogen. Hat er einen Wassergehalt von unter 20 Prozent erreicht, wird er in Zellen eingelagert und mit einer luftundurchlässigen Wachsschicht überzogen. Für die Biene ist der Honig die Nahrungsquelle für den Winter oder für eine lange Schlechtwetterperiode. Für den Menschen ist Honig schon sehr lange ein leckeres Lebensmittel. Außerdem wird er für medizinische Zwecke verwendet.

Invertzuckercreme oder Kunsthonig ist eine industriell hergestellte, zähflüssige Creme, die ähnlich aussieht und schmeckt wie Bienenhonig. Früher war sie ein wichtiges Ersatzprodukt als Brotaufstrich oder zum Backen. Für die Herstellung von Kunsthonig wird Saccharose, also gewöhnlicher Haushaltszucker, unter Zuhilfenahme von Säuren in kleinere Zuckerteilchen gespalten und mit Wasser zu einer homogenen Masse vermischt. Auch bei der Herstellung des Bienenhonigs wird Saccharose in kleinere Zucker zersetzt, hier sind dafür jedoch Enzyme der Biene zuständig.

### Experiment 1: Herstellung von Kunsthonig



#### Geräte und Chemikalien:

500 ml Glas, Heizplatte, Honigglas, 50 g Saccharose, destilliertes Wasser, Milchsäure oder Zitronensäure (GHS05), Glukoseteststäbchen

#### Versuchsdurchführung:

50 g Haushaltszucker werden in 80 ml Wasser gelöst und mit ein paar Tropfen Milchsäure oder Zitronensäure versetzt. Die Mischung wird auf ihren Glukosegehalt getestet. Das Gemisch wird zum Kochen gebracht und auf etwa ein Drittel des Anfangsvolumens eingedampft. Wenn das Gemisch anfängt, sich gelb zu färben und zu verdicken, wird die entstandene Zuckercrème in das Honigglas abgefüllt. Der Glukosegehalt wird erneut bestimmt.

1. Erkläre in einem Satz den Unterschied zwischen Honig und „Invertzuckercreme“.
2. Stelle einen Kunsthonig gemäß Experiment 1 in einer Dreier- oder Vierergruppe her. Diesen brauchst du für die folgenden Versuche!



Honig im Fokus der Chemie

Station 1 a

## Konservierung durch Honig?

Marcus Gavius Apicius  
DE RE COQUINARIA  
Liber I - Epimeles  
230 p. Chr.n.



Dt. Übersetzung (nach Richard Gollmer)

VIII Fleisch ohne Salz auf eine begrenzte Zeit frisch zu erhalten. Lege zu diesem Zweck das frische Fleisch in Honig, dass es ganz bedeckt ist, hänge das Gefäß auf und verwende das Fleisch wie gewöhnlich. Im Winter hält sich das Fleisch länger, im Sommer nur einige Tage. Mit gekochtem Fleisch kannst du ebenso verfahren.

XX Um frische Feigen, Äpfel, Pflaumen, Birnen und Kirschen lange zu halten, pflücke sie sorgsam mit ihren Stielen und lege sie in Honig, dass sie sich nicht berühren.

Hier seht ihr zwei Rezepte aus dem Kochbuch des Apicius, einem der ältesten bekannten Kochbücher überhaupt.

1. Überlegt euch ein Experiment, mit dem ihr die beschriebene konservierende Wirkung überprüfen könnt. Fertigt eine Versuchsskizze an.
2. Besprecht eure Überlegungen mit eurem Lehrer und führt den Versuch anschließend durch. Notiert über einen Zeitraum von ca. 10 Tagen (spätestens alle zwei Tage) eure Beobachtungen.
3. Erklärt eure Beobachtungen mithilfe des Textes von Station 4b.



Honig im Fokus der Chemie

Station 4a

## ***Sekundarstufe II***

Für die Sekundarstufe II stehen neben dem Laufzettel die oben beschriebenen Folien für einen alternativen Einstieg, die Pollenanalyse und das abschließende Rollenspiel zur Verfügung. Zudem gibt es einen Tagesplan für den Imkereibesuch, der bei Bedarf zur Erleichterung der Organisation eingesetzt werden kann. Auf diesem Arbeitsblatt ist auch die richtige Probennahme erläutert.

Für die Vorbereitung des Besuchs eines Imkerstandes stehen vier Expertentexte zur Verfügung. Hier werden die Schüler/-innen über die Biene, Honig im Bienenstock, das Imkern sowie das Abfüllen und den Verkauf von Honig informiert. Zu jedem Text gibt es drei Aufgaben: das Zusammenfassen des Textes in Form einer Mind-Map zur Sicherung der dargebotenen Informationen, das Beantworten einer Frage zum vertieften fachlichen Verständnis und die anschließende kooperative Vorbereitung des Imkerbesuchs in einer Kleingruppe.

Bei Station eins untersuchen die Schüler/-innen die genommenen Honigproben organoleptisch anhand der Qualitätskriterien des Deutschen Imkerbundes hinsichtlich Geschmack, Geruch, Farbe und Konsistenz. So lernen Sie zunächst die nicht-fachchemischen Methoden der Honiguntersuchung kennen.

In Station zwei folgt entsprechend zur Sekundarstufe I die Herstellung von Kunsthonig.

Analog zur Sekundarstufe I untersuchen die Schüler/-innen bei Station drei zunächst die Zucker-Zusammensetzung von Honig und Kunsthonig. Da die Schüler/-innen in der Sekundarstufe II bereits einen tieferen Einblick in die organische Chemie hatten, sind die sich an das Experiment anschließenden Aufgaben aber deutlich komplexer als in der Sekundarstufe I: Zur vertieften fachlichen Auswertung sollen die Schüler/-innen neben der phänomenologisch erschlossenen Zucker-Zusammensetzung des Honigs die Strukturformeln der enthaltenen Zucker notieren, um so einen ersten Einblick in die Stoffklasse der Zucker zu erhalten und deren funktionelle Gruppe bzw. strukturelle Gemeinsamkeiten zu erkennen. Als zusätzliche fachliche Vertiefung und Transferaufgabe bekommen die Schüler/-innen die Information, dass man einen der im Honig enthaltenen Zucker auch mit Kaliumpermanganat nachweisen kann, und erhalten die Aufgabe, Reaktion und Funktionsweise des Nachweises zu recherchieren.

Mit den weiteren Materialien von Station drei lernen die Schüler/-innen verschiedene im Honig enthaltene Substanzen bzw. Stoffklassen kennen und weisen diese experimentell nach. Dafür erhalten sie auf den Arbeitsblättern jeweils zunächst eine kurze fachliche Information, an die sich

ein Experiment anschließt. Die fachlichen Informationen bieten dabei einen ersten Überblick über die Stoffklasse und Hilfestellung für die Auswertung der Experimente. In diese Auswertung sind dabei stets Fragen eingebunden, die eine vertiefte fachliche Auseinandersetzung herbeiführen, wenn beispielsweise nach der Funktionsweise der Reaktionen oder der Verwendungsmöglichkeit bestimmter Stoffe gefragt wird. Ziel der Aufgaben ist dabei eine Arbeit an den Basiskonzepten chemische Reaktion und Struktur-Eigenschafts-Beziehung.

Zunächst erfolgt eine Auseinandersetzung mit den im Honig enthaltenen Aminosäuren. Die Schüler/-innen weisen sie mit Ninhydrin nach und sollen anschließend erklären, inwiefern sie für Bienen bedeutsam und wieso sie bei der Echtheitsbestimmung von Honig hilfreich sind.

In Material drei c untersuchen die Schüler/-innen den Säuregehalt verschiedener Honige. Mithilfe der fachlichen Informationen und der Beobachtung, dass der Säuregehalt der Honigsorten unterschiedlich ist, sollen die Schüler/-innen die Verwendungsmöglichkeiten bzw. den Nutzen der Honige für den Verbraucher einschätzen; zudem sollen sie erläutern, welchen Nutzen der Säuregehalt des Honigs für die Bienen im Stock hat.

Einen interessanten Vergleich stellen die Schüler/-innen auch in Station drei d an. Hier untersuchen sie Honig, Kunsthonig und Erdbeerkonfitüre auf den Vitamin-C-Gehalt. So lernen sie verschiedene Nachweisreaktionen kennen und beobachten, dass Honig tatsächlich mehr Vitamin C enthält als Konfitüre. In der Auswertung sollten die Schüler/-innen mithilfe der fachlichen Information erklären können, dass dies auf den Herstellungsprozess der Konfitüre zurückzuführen ist.

Bei Station drei e setzen sich die Schüler/-innen analog zur Sekundarstufe I, allerdings fachlich vertieft, mit den antibakteriellen Substanzen im Honig auseinander.

Als zusammenfassenden Abschluss der Untersuchungen sollen die Schüler/-innen ein fiktives Szenario zum Thema bewerten. In diesem wird „Familie Müller“ vorgestellt, die regelmäßig große Mengen Honig in selbstgemachtem Früchtetee konsumiert, da dies ihrer Ansicht nach „gesund“ sei. In einer differenzierten Stellungnahme sollten die Schüler/-innen darauf eingehen, dass Honig zwar viele gesunde Stoffe enthält, hauptsächlich jedoch aus verschiedenen Zuckern besteht und daher im Übermaß keinesfalls gesund sein kann.

In Station vier setzen sich die Schüler/-innen ähnlich wie in der Sekundarstufe II mit der konservierenden Wirkung von Honig auseinander. Da sie die wesentlichen Grundlagen experimentell bereits bei Station drei erprobt haben, wird hier jedoch kein Experiment mehr durchgeführt, sondern die Schüler/-innen erhalten die Informationstexte „Honig – Balsam für Leib und Seele“ oder „Konservierung durch Honig?“. Sie bearbeiten einen der beiden Texte zunächst

alleine, wozu sie den Inhalt in einer Mind-Map zusammenfassen. Durch die Wahl zwischen den beiden Texten können individuelle Vorlieben wie geschichtliches oder fachchemisches Interesse berücksichtigt werden. Anschließend tauschen die Schüler/-innen sich in Partnerarbeit über die Inhalte der Texte aus. Zur Vertiefung des Gelernten in kooperativer Arbeitsweise erklären sie anschließend gemeinsam die konservierende Wirkung von Honig.

Bei Station fünf wird die Maillard-Reaktion als interessante und für unseren Alltag bedeutsame chemische Reaktion in Grundzügen thematisiert. Die fachchemischen Informationen erarbeiten sich die Schüler/-innen im Rahmen eines eigenständigen, kooperativen Rechercheauftrags. Anschließend führen sie die Maillard-Reaktion beispielhaft mit zwei Proteinen durch und werten den Versuch mithilfe der Rechercheergebnisse aus.

Mit der Pollenanalyse in Station sechs lernen die Schüler/-innen abschließend eine praktisch relevante, eher biologische Methode der Qualitätskontrolle von Honig kennen. Da die Paläontologie in verschiedenen Alltagsbezügen, beispielsweise auch der Forensik, eine wichtige Rolle spielt, ist es aber auch für den Chemieunterricht interessant, diese naturwissenschaftliche Methode einmal kennen zu lernen.

Als zusätzliches fakultatives Material steht ein Arbeitsblatt zur Verfügung, mit dem Mutarotation und Rohrzuckerinversion als praktisch bedeutsame, naturnahe Beispiele einer Gleichgewichtsreaktion mit den Schüler/-innen experimentell und theoretisch erarbeitet werden können. Dies bietet eine gute Möglichkeit, beispielsweise mit einem Leistungskurs, eine fachliche Vertiefung einzubringen, bei der die Schüler/-innen eigenverantwortlich und kooperativ ein komplexes chemisches Phänomen bearbeiten.

Den Abschluss der Unterrichtseinheit bildet ein Rollenspiel zur Diskussion nachhaltiger Aspekte des Themas. Mithilfe von Informationstexten und -grafiken bereiten die Schüler/-innen in Gruppen (Biobauern, Greenpeace-Spezialisten, Imker, Chemiekonzern, Verbraucher/Moderator) eine Diskussion zur Frage „Bienensterben und verseuchter Honig – was hat das mit mir zu tun?!?“ vor. Die Texte stellen jeweils recht einseitig die vertretene Position dar; die Schüler/-innen müssen einerseits die relevanten Argumente aus den Texten gewinnen, andererseits aber auch die Angreifbarkeit ihrer Position reflektieren. In der anschließenden Diskussion soll die Frage erörtert werden, ob vermehrt Pestizide in der Landwirtschaft eingesetzt werden dürfen, um langfristig Nahrungsmittelsicherheit zu garantieren.

Auf der folgenden Seite sind zwei Stationen der Unterrichtseinheit abgebildet (Abb. 26):

Station drei a steht beispielhaft für die Stationen zur Untersuchung der Inhaltsstoffe in der Sekundarstufe II. Bei Station drei d wird dabei zusätzlich eine allgemeine Bewertungskompetenz der Schüler/-innen gefordert, da die Schüler/-innen Alltagsvorstellungen vor dem Hintergrund der Untersuchungsergebnisse deuten und bewerten müssen.



## Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

### Experiment: Untersuchung der Zucker in Honig und Kunsthonig



#### Chemikalien:

Lösungen von Honig, Kunsthonig, Glucose (Traubenzucker), Fructose (Fruchtzucker) und Stärke

Nachweisreagenzien: Benedict-Reagenz (GHS07, 09), Seliwanoff-Reagenz (GHS07, 09), Lugol'sche Lösung




#### Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten, Brenner, Reagenzglaslampe

#### Durchführung:

1. Geben Sie nacheinander jeweils 5 – 10 Tropfen Benedict-Reagenz und einige Tropfen der zu testenden Lösungen auf einen Teelöffel. Erhitzen Sie das Gemisch anschließend kurz über einer Kerzenflamme.
2. Geben Sie etwa einen Daumen breit der jeweils zu testenden Lösungen in ein Reagenzglas und fügen Sie einige Tropfen Seliwanoff-Reagenz hinzu. Können Sie eine Veränderung beobachten? Erhitzen Sie nun das Gemisch vorsichtig über dem Brenner (Halteklammer benutzen) und beobachten Sie weiter.
3. Geben Sie in 5 Reagenzgläser je etwa einen cm der zu testenden Lösung. Fügen Sie je drei Tropfen Lugol'scher Lösung hinzu.

Beobachtung: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1. Führen Sie das Experiment zu den Zuckern im Honig in einer Dreier- oder Vierergruppe durch! 
2. Welche Erkenntnisse können Sie über die Zusammensetzung von Honig gewinnen? Notieren Sie die Strukturformeln der im Honig enthaltenen Stoffe. Welche Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den enthaltenen Stoffen (z.B. funktionelle Gruppen)? 
3. Eine andere Möglichkeit, einen der Zucker im Honig nachzuweisen, besteht darin, Kaliumpermanganat zu einer Probe zuzugeben. Recherchieren Sie die entsprechende Reaktion und erläutern Sie die Funktionsweise. 



Honig im Fokus der Chemie

Station 3a

## Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

### Honig – eine Vitaminbombe?

Vitamin C (fachchemisch Ascorbinsäure) ist für den Menschen und besonders das menschliche Immunsystem von großer Bedeutung. Es ist vor allem in frischen pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse enthalten. Leider ist Vitamin C sehr hitzeempfindlich.

Honige, die reich an Vitamin C sind, können zum Beispiel als Therapie bei Skorbut, einer Vitamin C - Mangelkrankheit, eingesetzt werden.

Im folgenden Versuch sollen zwei Frühstücksbrotaufstriche auf ihren Vitamin C - Gehalt getestet werden.

### Experiment: Der Vergleich von Honig, Invertzuckercreme und Konfitüre






Denken Sie daran, Aufgabe 1 zu bearbeiten, bevor Sie den Versuch durchführen!

#### Geräte und Chemikalien:

Ascorbinsäure-Teststäbchen (untere Nachweisgrenze 10 mg/l), Farbskala, Reagenzgläser, Tropfpipetten, Honig, Invertzuckercreme, Erdbeer-Konfitüre, 0,1%-ige rote Blutlaugensalz-Lösung (Kaliumhexacyanoferrat(III)), 0,1%-ige Eisen(III)-chlorid-Lösung (GHS05, 07)

#### Durchführung:

1. In jede Probe wird für etwa zehn Sekunden ein Ascorbinsäure-Teststäbchen gehalten. Anschließend kann mit Hilfe der Farbskala der Vitamin C- Gehalt bestimmt werden.
2. In zwei Reagenzgläsern werden gleiche Mengen der Lösungen des roten Blutlaugensalzes und des Eisen(III)-chlorids gemischt. Zu dieser Mischung werden wenige Tropfen der zu untersuchenden Proben geträufelt. Die Mischung der Nachweisreagenzien ist nicht stabil und muss deshalb stets kurz vor dem Versuch gemischt werden!

1. Zunächst eine Schätzung: Was meinen Sie enthält mehr Vitamin C, der Honig oder die Konfitüre? Notieren Sie Ihre Vermutung. 
2. Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch! 
3. Erklären Sie Ihre Beobachtung. 



Honig im Fokus der Chemie

Station 3d

## **Anbindung an den Lehrplan von NRW**

Die Hintergründe der Anbindung an den Lehrplan sowie die Grundlagen zu den im Lehrplan ausgewiesenen fachlichen Inhalten und Kontexten wurden bereits in dem entsprechenden Kapitel des Moduls eins erläutert. Hier soll daher nur auf die konkreten Anbindungsmöglichkeiten des Moduls *Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie* eingegangen werden.

Für die Sekundarstufe I eignet sich besonders das Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffveränderungen“ zu Beginn des Chemieunterrichts zur Einbindung des vorgestellten Moduls. Hier sollen Stoffeigenschaften und einfache Teilchenvorstellungen thematisiert werden. Die Teilchenvorstellungen spielen besonders bei der Station zur Kristallisation von Honig eine entscheidende Rolle, auf die Stoffeigenschaften wurde oben (z.B. S. 113) bereits näher eingegangen.

Da für dieses Inhaltsfeld im Lehrplan die Untersuchung von Lebensmitteln als fachlicher Kontext vorgeschlagen wird, ist das Modul hier direkt anschlussfähig. Je nach Vorbildung der Schüler/-innen muss aber eine didaktische Auswahl aus den zur Verfügung stehenden Stationen vorgenommen werden. Auch bietet es sich aufgrund der teilweise komplexeren Zusammenhänge an, das Modul nicht zum Einstieg in dieses Inhaltsfeld, sondern zur Vertiefung zu nutzen.

Daneben könnte das Modul Honig auch als Abschluss des Chemieunterrichts der Mittelstufe genutzt werden, da hier noch einmal wesentliche Inhalte aus den Bereichen „Stoffe und Stoffveränderungen“, „Saure und alkalische Lösungen“ und der organischen Chemie wiederholt werden können. Aus diesem Grund ist es auch als Einstieg in die organische Chemie geeignet, wenn zunächst Inhalte der Mittelstufe wiederholt und anschließend vertieft Zucker und andere organische Stoffklassen betrachtet werden sollen (zu den fachlichen Kontexten vgl. MSW 2008, S. 33f).

Für die Implementierung in der Oberstufe bietet sich das „Inhaltsfeld I: Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ an, da hier Stoffklassen der organischen Chemie betrachtet und dabei besonders Struktur-Eigenschaftsbeziehungen berücksichtigt werden sollen. Bei der Untersuchung von Honig spielen verschiedene Stoffklassen und funktionelle Gruppen (Aminosäuren, Carbonsäuren, Vitamin C, Enzyme [Glucoseoxidase]) eine Rolle, deren Wirkung im Produkt Honig thematisiert werden können. Die Maillard-Reaktion als komplexe und zugleich alltäglich bedeutsame Reaktion der organischen Chemie ist hier ebenfalls anschlussfähig (vgl. MSW 2013, S. 18). Wiewohl der Mechanismus dieser Reaktion noch nicht vollständig geklärt ist, ist sie für den Schulunterricht interessant, da Schüler/-innen die Bedeutsamkeit eines einzigen chemischen Prozesses für verschiedenste alltägliche Bereiche kennenlernen. Zugleich kann auf

mögliche Gesundheitsrisiken durch die Bildung von Acrylamid als Nebenprodukt der Maillard-Reaktion durch starkes Erhitzen von Lebensmitteln eingegangen und so ein Beitrag zur Gesundheitserziehung geleistet werden. Wenn ein verstärktes Eingehen auf Gleichgewichtsreaktionen gewünscht ist, kann zusätzlich vertiefend auf die Prozesse Mutarotation und Rohrzuckerinversion eingegangen werden.

### **Kompetenzerwerb**

Wie in Abschnitt eins dargestellt, ist es das übergreifende Ziel dieser Unterrichtseinheit, den Schüler/-innen das alltägliche Lebensmittel Honig von seiner stofflichen Seite zu präsentieren und sie auf die Allgegenwärtigkeit und Bedeutsamkeit chemischer Prozesse auch in „natürlichen“ Zusammenhängen wie der Honigentstehung und -reifung aufmerksam zu machen. Im Zusammenspiel mit den bereits dargelegten übergreifenden Zielen ergeben sich verschiedene Bezüge zu den oben dargestellten Kompetenzbereichen, die im Folgenden ausgeführt werden.

Im Abschnitt „Anbindung an den Lehrplan“ wurde der grundlegende Bezug zu fachwissenschaftlichen Inhalten aufgezeigt. Durch die Verbindung der dort geschilderten grundlegenden Erarbeitung wesentlicher Inhaltsstoffe mit der Verwendung von Honig und geschichtlichen Aspekten des Honigs bei Station drei und vier sowie der kritischen Reflexion und Untersuchung der sprichwörtlich heilenden Wirkung von Honig werden weitere Kompetenzen im Basiskonzept Struktur der Materie angebahnt. Schüler/-innen lernen, Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften zu identifizieren, sie aufgrund dieser Eigenschaften bezüglich ihrer Verwendungsmöglichkeiten zu bewerten und grundlegende Modelle zur Beschreibung von Stoffeigenschaften zu nutzen. Für das Basiskonzept chemische Reaktion lernen Schüler/-innen, chemische Reaktionen zum Nachweis chemischer Stoffe zu nutzen, indem sie saure und alkalische Lösungen mit Hilfe von Indikatoren nachweisen.

Der Kompetenzzuwachs in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung ist in Teilen analog zu Modul eins. Die Schüler/-innen experimentieren, beobachten und protokollieren die Versuche und müssen aus diesen Schlussfolgerungen ziehen (Erkenntnisgewinnung). Sie erschließen Informationen aus Versuchen, Interviews oder Fachtexten, tauschen sich darüber aus und bereiten sie für Präsentationen vor (Kommunikation). Daneben spielt bei den Stationen zur Untersuchung der heilenden Wirkung von Honig bei Erkältungskrankheiten (Station 4a) und dem „Geheimnisvollen Bienensterben“ (Station 6) die Bewertung des dargestellten Sachverhaltes eine zentrale Rolle. Bei Station sieben (Abschlussuntersuchung zu den

Sortenhonigen) müssen die Schüler/-innen die im Stationenlernen gewonnenen Erkenntnisse selbstständig in einem neuen Zusammenhang auf die Planung, Durchführung und Auswertung einer größeren Untersuchung anwenden.

Auch das Modul *Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie* bietet die Möglichkeit zum Erwerb übergreifender Kompetenzen.

Durch die kritische Reflexion der Anwendung von Honig trägt auch dieses Modul zur Gesundheitserziehung bei. Dies kann im Rahmen eines fächerübergreifenden Unterrichts mit dem Fach Biologie durch die Betrachtung von Kariesentstehung und -prophylaxe noch intensiviert werden. Hier kann von dem weit verbreiteten Vorurteil, Honig sei gesünder als Zucker, ausgegangen werden, und dieses Alltagsurteil vor dem Hintergrund der erarbeiteten Zusammensetzung von Honig mit Zuckern als Hauptbestandteilen bewertet werden. An dieser Stelle kann später vertiefend auch allgemein auf chemische Prozesse im Mund eingegangen werden.<sup>51</sup>

Mit Station sechs (geheimnisvolles Bienensterben) wird ein Beitrag zum Erwerb einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geleistet (s.o.). Zudem haben Die Schüler/-innen je nach gewähltem Unterrichtsgang (s.u.) auch in diesem Modul die Möglichkeit zu fächerübergreifendem, mehrperspektivischem Arbeiten und zum Ausbau personaler und sozialer Kompetenzen wie bei Modul eins.

Die analog geltenden Ziele und Kompetenzbereiche des Lehrplans für Sekundarstufe II bzw. ihre Vertiefung und Erweiterung gegenüber der Sekundarstufe I wurden bereits im Rahmen der Darlegungen zu Modul eins geschildert.

Eine entsprechende Vertiefung, Differenzierung und zunehmende Selbsttätigkeit gegenüber der Arbeit in der Sekundarstufe I wird in diesem Modul auf verschiedene Arten erreicht. Eine fachwissenschaftliche Vertiefung ist, wie im Abschnitt „Thematische und inhaltliche Aspekte“ geschildert, durch die Erarbeitung organischer Stoffklassen und funktioneller Gruppen sowie der Maillard-Reaktion und von Gleichgewichtsreaktionen möglich. Hier können Schüler/-innen auch die rechnerische Auswertung von Versuchen bei der Bestimmung des spezifischen Drehwertes üben.

Die Bewertung verschiedenster Fragestellungen vor dem Hintergrund erarbeiteten Fachwissens bei der Untersuchung der heilenden Wirkung von Honig bei Erkältungskrankheiten (Station 3e), dem allgemeinen Vorurteil, „Honig ist mehr als eine Zuckerlösung“ (Station 3 Abschluss), und der

---

<sup>51</sup> Umfassende Anregungen dazu bietet beispielsweise das Kapitel „Ein Mund voll Chemie“ des Oberstufenschulbuches „Chemie im Kontext“ (Demuth et al. 2006, S. 179 – 194).

konservierenden Wirkung von Honig (Station 4) fördert den Kompetenzzuwachs im gleichlautenden Kompetenzbereich.

Durch die Vorbereitung des Imkerbesuchs in Expertengruppen werden die Schüler/-innen zu einem zunehmend eigenständigen Arbeiten angeregt.

Wesentliche prozedurale Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung können bei allen experimentellen Stationen gefördert werden. Kommunikative Kompetenzen werden von den Schüler/-innen im Rahmen aller Gruppen- oder Partnerarbeitsphasen des Moduls gefordert und geübt.

Das Rollenspiel zum Abschluss der Unterrichtseinheit fordert von den Schüler/-innen eine Präsentation und argumentative Vertretung ihrer Position und fördert so noch einmal die verknüpfte Anwendung von Kompetenzen aus allen dargestellten Kompetenzbereichen.

Fachübergreifende Ziele gelten analog zu den Schilderungen bei der Sekundarstufe I.

## **Unterrichtsgang**

Auch für das Modul *Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie* wird nun ein Unterrichtsgang geschildert, der zur Erreichung aller oben geschilderten Ziele tauglich ist. Anders als bei Modul eins werden die beiden Sekundarstufen getrennt beschrieben, da die Inhalte in diesem Modul stärker variieren.

Für die Sekundarstufe I gibt es verschiedene mögliche Einstiege. Soll im Klassenraum begonnen werden, können beispielsweise verschiedene Sorten Honig mit in den Unterricht gebracht werden. Nun kann mit den Schüler/-innen allgemein auf ihre Vorlieben, ihr Frühstücksverhalten und alltägliche Weisheiten zu diesem Thema eingegangen werden. Authentischer und gewinnbringender wäre es, den Einstieg direkt auf dem Imkerstand stattfinden zu lassen. Die implizite Gefahr mangelnder Aufmerksamkeit durch die zunächst vorherrschende Konzentration auf die neue Umgebung kann durch ein Brainstorming aufgefangen werden (Phase der Begegnung).

Nach diesem offenen Einstieg sollte die Wahrnehmung der Schüler/-innen auf das Thema der Reihe gelenkt werden. Hierfür können die verschiedenen Honiggläser herangezogen werden. Die Kennzeichnung als EG- oder nicht-EG-Honig, verschiedene Sortenhonige, Bilder der „fleißigen Produzenten“ auf den Gläsern und die Alltagserfahrungen der Schüler/-innen sollten Anlass zur Formulierung vielfältiger Fragestellungen bieten. Diese können sich mit der Produktion des Honigs durch die Bienen, dem Beruf des Imkers, der Zusammensetzung von Honig, seiner Wirkung und

Vielem mehr beschäftigen. In jedem Fall sollten sie für die Strukturierung der Erarbeitungsphase gesammelt werden (Phase der Neugier und Planung).

Die sich anschließende Erarbeitungsphase beginnt mit dem Besuch des Bienenstandes. Hier können schon einige der zuvor gesammelten Fragen, speziell was die Produktion des Honigs und den Beruf des Imkers betrifft, durch den Imker beantwortet werden. Zur späteren Verwendung empfiehlt es sich, die Schüler/-innen ein Interviewprotokoll oder einen Tagesbericht des Besuchs verfassen zu lassen. Hier sollte auch kreativen Formen des Berichts Raum gegeben werden, um eine stärkere Individualisierung und Differenzierung zu erreichen (Zeichnen eines Comics, Verfassen einer Zeitungsanzeige etc.). Die weitere Erarbeitung mithilfe der vorbereiteten Materialien kann auf dem Bienenstand (vor allem die Untersuchung der Honigproben) und später im Klassenraum erfolgen.

Die Abschlussuntersuchung und die Besprechung im Plenum mithilfe der bereitgestellten Folie stellen bereits eine erste Sicherung der Ergebnisse dar. Nachhaltigkeitsaspekte und die kritisch-reflexive Betrachtung der Verwendung von Honig werden dabei aber noch nicht berücksichtigt. Eine Möglichkeit, diese siebte Station zu sichern, besteht darin, die Schüler/-innen in Kleingruppen wahlweise einen Zeitungsartikel verfassen zu lassen oder einen Videoclip im Stil der „Sendung mit der Maus“ oder „Quarks & Co“ zu drehen, in dem diese Aspekte zielgruppenorientiert aufbereitet werden (Phase der Erarbeitung).

Nach *CHIK* schließt sich, wie oben geschildert, nun eine Phase der Abstraktion und Vernetzung an. Für die fachchemischen Inhalte kann dies je nach Stellung im Unterrichtsverlauf als gegeben angesehen werden, wenn Stoffeigenschaften bereits zuvor behandelt wurden. Für andere Inhalte muss die Lehrperson überlegen, wie sie sich im weiteren Verlauf sinnvoll aufgreifen lassen.

In der Sekundarstufe II kann der Einstieg analog zur Sekundarstufe I gehalten werden. Wird das Thema im Rahmen eines Spiralcurriculums hier jedoch zum zweiten Mal aufgegriffen oder soll von Beginn an ein stärkerer fachlicher Fokus auf die Inhaltsstoffe gelegt werden, können die beiden vorbereiteten Einstiegsfolien verwendet werden. Auf der ersten wird aufgezeigt, welche Stoffe Honig enthält, ohne einen direkten Bezug zum Honig herzustellen. Hier können die Schüler/-innen zunächst frei ihre Assoziationen äußern. Die zweite Folie ist nahezu gleich gestaltet, allerdings werden die Stoffe nun von einem stilisierten Honigglas gerahmt, um die intendierte Verbindung bei den Schüler/-innen herzustellen und eine Fokussierung auf das Thema zu erreichen. Nun können stoffspezifische, aber auch anderweitige Fragen und Ideen zu diesem Themenbereich geäußert und protokolliert werden (Phase der Begegnung & Phase der Neugier und Planung).

Zur Gewährleistung eines größeren Anteils eigenständiger Arbeit folgt in der Sekundarstufe II nun die Vorbereitung des Imkereibesuchs in den oben beschriebenen Expertengruppen. Beim Besuch des Imkerstandes können so die entsprechenden Experten mit Unterstützung des Imkers die verschiedenen Arbeitsschritte und theoretischen Hintergründe erläutern. Anschließend erfolgt eine erste Untersuchung frisch genommener Honigproben am Bienenstand, welche im späteren Unterricht fortgesetzt und vertieft werden (Phase der Erarbeitung).

Den Abschluss der Untersuchungen bildet das bereits angesprochene Rollenspiel. In diesem müssen die Schüler/-innen das erarbeitete Wissen sowie die Zusatzinformationen zu ihrer Position (Imker, Biobauer, Greenpeace-Aktivist, Vertreter eines Düngemittelkonzerns, Verbraucher) nutzen, um vor dem Hintergrund aktueller ökologischer und ökonomischer Probleme (Bienensterben, schlechtes Abschneiden vieler Honige bei Stiftung Warentest) einen Kompromiss zu finden.

Die schriftliche Dokumentation der Diskussion bzw. die argumentative und fachchemische Begründung der eigenen Position stellt eine mögliche Form der Sicherung der Arbeitsergebnisse dar. Alternativ kann auch hier eine kreative Umsetzung der Erkenntnisse in Form eines problemorientierten Artikels für die Schülerzeitung, eines Videobeitrages oder eines Comicstrips erfolgen (Phase der Sicherung).

Für beide Sekundarstufen bietet sich zum Abschluss wie schon bei Modul eins eine abschließende Evaluation bzw. methodische Reflexion der Einheit zur Identifizierung von Potential und Grenzen derselben an.

### **Zusammenfassung**

Zusammenfassend soll nun auch hier auf die drei Leitfragen von *...natürlich* Chemie! eingegangen werden.

Ist das Modul naturnah: thematisch-kontextuell und räumlich?

Im Abschnitt *Thematische und inhaltliche Aspekte* wurde geschildert, dass Honig als Produkt der Natur, das laut Honigverordnung nicht verändert werden darf, per se bereits ein naturnahes Thema darstellt. Der Besuch eines Bienenstandes schafft zusätzlich auch räumlich Naturnähe. Sowohl thematisch als auch räumlich ist also die Grundforderung nach Naturnähe des Themas gegeben.

Werden in dem Modul kognitive und motivationale Voraussetzungen für eine aktive Teilhabe an Diskursen und Prozessen im Bereich nachhaltiger Entwicklung angebahnt?

Neben dem Besuch des Imkerstandes bietet für die Sekundarstufe I inhaltlich besonders Station sieben („Geheimnisvolles Bienensterben“) die Möglichkeit zum Erwerb von Gestaltungskompetenz, für die Sekundarstufe II ergibt sie sich zwanglos beim abschließenden Rollenspiel. Die Schüler/-innen setzen sich in beiden Jahrgangsstufen themenbezogen mit aktuellen und gesellschaftlich relevanten Aspekten im Zusammenhang mit einem Nachhaltigkeitsdiskurs auseinander und sind aufgefordert, Lösungsvorschläge zu entwickeln.

Der Besuch des Bienenstandes kann darüber hinaus Naturbegegnungen schaffen und so zur Anbahnung von Naturverbundenheit beitragen. So kann sowohl kognitiv als auch emotional ein Beitrag zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geleistet werden.

Ist der Unterricht in dem Modul methodisch sinnig, praxisnah und handlungsorientiert?

Wie schon bei Modul eins wird durch das Stationenlernen und hier zusätzlich durch die Arbeit rund um den Bienenstand eine große Methodenvielfalt in dieser Unterrichtseinheit geschaffen. Experimente, Textarbeiten und kommunikativ-kreative Arbeitsprozesse bilden die Grundlage eines methodisch ausgewogenen, praxis- und handlungsorientierten Unterrichts.



### III.3.3 Modul 3: *Die Milch macht's! Ja was denn?*

<b>Verortung im Kernlehrplan NRW</b>	Sek I JS 7 Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffveränderungen“ JS 8 Inhaltsfeld „Unpolare und polare Elektronenpaarbindung“ JS 9 Inhaltsfeld „Organische Chemie“  Sek II Einführungsphase Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ in Verbindung mit Inhaltsfeld 4 „Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe“
<b>Stichpunkte</b>	Inhaltsstoffe, Eigenschaften und Verwendung von Milch Industrielle Verarbeitung von Milch, Schwerpunkt Homogenisierung Laktose und Laktoseintoleranz zusätzlich für Sek II: Vitamine in der Milch biologisch abbaubare Werkstoffe und herkömmliche Kunststoffe, Schwerpunkt PLAs (Polyactide)

#### **Thematische und inhaltliche Aspekte**

Milch ist ein den Menschen seit jeher bekanntes natürliches Lebensmittel. Diente sie zunächst allein der Säuglingsernährung bei Mensch und Tier, kamen nachweislich schon die Sumerer vor 5000 Jahren auf die Idee, Milch und Milchprodukte auch für Jugendliche und Erwachsene zu nutzen (zur Geschichte der Milch vgl. Station „Milch und Milchprodukte“).

Heute sind Milch und Milchprodukte für viele Menschen fester Bestandteil einer als gesund bezeichneten Ernährung, da Milch viele lebenswichtige Inhaltsstoffe enthält (vgl. Station „Der Milch auf der Spur“). Dies gilt insbesondere für Kinder und Jugendliche, für die Milch oft als wichtigster Calciumlieferant betrachtet wird (vgl. Station „Calcium in der Milch“). Manche Menschen reagieren jedoch empfindlich auf die in der Milch enthaltene Laktose, was menschengeschichtlich durchaus einleuchtend ist. In den letzten Jahren kamen daher zunehmend laktosefreie Milchprodukte auf den Markt (vgl. Station „Schädlicher Milchzucker?“).

Jedes Kind – also jede/r Schüler/-in – kommt somit bereits zu Beginn seines Lebens mit diesem faszinierenden und zugleich höchst alltäglichen Stoff in Kontakt. Aus unserem heutigen Leben ist Milch kaum wegzudenken. Es handelt sich also um einen sehr alltagsnahen Unterrichtsgegenstand. Vor dem Hintergrund einer gesunden Ernährung und dem zunehmenden Fitnessbewusstsein der Gesellschaft – z.B. Proteinshakes für Sportler – kann der Gegenstand

Milch in die Kontexte Jugend, Gesundheit und Fitness eingeordnet werden, was dafür spricht, dass es sich um einen für Jugendliche interessanten Kontext handelt.

Die Naturnähe des Gegenstandes Milch ergibt sich wie schon beim Honig offensichtlich. Dies gilt jedoch nur für den *Stoff* Milch. Im Zeitalter von Massentierhaltung, Milchquote und technisch-optimierter „Milchkuerschaffung“ kann über die Natürlichkeit der *Milchproduktion* und *-gewinnung* kritisch diskutiert werden. Dies bietet daher auch einen guten Anknüpfungspunkt für die Integration von sozialen, ökonomischen und ökologischen Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (vgl. Station „Die Superkühe“).

Neben diesen alltagsnahen, relevanzorientierten und naturnahen Bezügen ist der Kontext Milch fachwissenschaftlich interessant für den Chemieunterricht, wie in verschiedenen Veröffentlichungen gezeigt wurde. Schon 1989 gab das pädagogische Zentrum Berlin in der Reihe Curriculare Entwicklungen für die Sekundarstufe I eine Materialsammlung mit Unterrichtsvorschlägen zum Thema Milch heraus; 1996 erschien ein Themenheft der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie* zur Milch (Nr. 33). Beide liefern wertvolle Anregungen zur Untersuchung der Inhaltsstoffe, zu weiterführenden Fragestellungen und zu einer Einbettung dieser Aspekte in den Unterricht. Sie sind auf heutige Schulrealität aber nicht mehr ohne Weiteres übertragbar.

2003 gab die Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V. eine Projektmappe zum Thema Milch mit zahlreichen Experimenten und Unterrichtsvorschlägen heraus, in welcher neben der Untersuchung der Inhaltsstoffe verstärkt fächerübergreifende Aspekte miteinbezogen wurden. Im „Projekt Milchbar“ sollen die Schüler/-innen beispielsweise ein eigenes Milchprodukt entwickeln und vermarkten, im Projekt „Beauty-Salon“ wird die kosmetische Verwendungsmöglichkeit von Milch erarbeitet. Auch diese Mappe enthält wertvolle Anregungen, ist jedoch auf den regulären Chemieunterricht ebenfalls nicht direkt übertragbar.

Neuere chemiedidaktische Überlegungen zur Milch werden beispielsweise in „Die Chemie des Latte Macchiato“ (Schanze & Eisentraut 2009), „Versuche zur Milch“ (Sieve 2012) oder „Lactose-Intoleranz“ (Hermanns 2012) vorgestellt. Eine zwanglose Integration von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Sekundarstufe II ergibt sich bei diesem Kontext durch die Thematisierung der in den letzten Jahren immer wieder diskutierten biologisch abbaubaren Kunststoffe, hier besonders aus Polymilchsäure (Huntemann & Parchmann 2000, Müller 2003, Remus 2005, Umweltbundesamt 2009, Blawat 2011). Ziel dieses Moduls war also weniger die Neuentwicklung der Inhalte, als vielmehr eine Sichtung, Bündelung und teilweise Neuorientierung

dieser bekannten Inhalte, um diese im Rahmen des hier vorgeschlagenen Unterrichtskonzepts für einen aktuellen, gewinnbringenden und naturnahen Chemieunterricht nutzbar zu machen.

Vor diesem Hintergrund wurden zwei Unterrichtsreihen entwickelt, die die folgenden inhaltlichen Aspekte betrachten (Sekundarstufe I in Tabelle neun, Sekundarstufe II in Tabelle zehn):

Std.	Stufung des Unterrichts	Kontextbezogene Schüleraktivität an den Stationen	Hauptintention
1	Begegnungs- und Strukturierungsphase	<b>Besuch eines Milchhofes</b> verbunden mit einfachen Schülerexperimenten: <b>Station 1: Erkennen und Schmecken von Fettgehalt und Milchsorten</b> Sammeln und Kategorisieren von Fragen Interview mit dem Milchbauern	Erfassen von Vorwissen und Interessen, Strukturierung der Erarbeitungsphase
2 - 9	Erarbeitungsphase Stationenlernen	<b>2. Inhaltsstoffe der Milch</b> Nachweis von Wasser (Kupfersulfat), Zucker (Fehling'scher Lösung), Fett (Fettfleckprobe) und Eiweiß mit weiterführenden Informationen	Erarbeitung der Hauptinhaltsstoffe von Milch mit Bezügen zu Physik und Wirtschaft
		<b>3. Von der Kuh in das Glas – die industrielle Behandlung von Milch:</b> Erarbeitung der industriellen Behandlung von Milch mittels kurzer Texte und einem Bilderrätsel	Verknüpfung der Wissenschaft Chemie mit einem authentischen gesellschaftlichen Anwendungsbeispiel im Rahmen bedeutsamer alltäglicher Prozesse
		<b>4. Warum muss Milch homogenisiert werden?:</b> Erarbeitung der Grundlagen der Homogenisierung mittels Experiment und Textquelle	Anwendungsbezogene Erarbeitung oder Vertiefung von Bindungsarten und der Auswirkung von Polaritäten
		<b>5. Calcium in der Milch:</b> textgestützte Erarbeitung und kreative Umsetzung der Informationen mit anschließendem Schülerexperiment zum Calciumnachweis	Beitrag zur Gesundheitserziehung mit kritischer Quellenreflexion
		<b>6. Milch und Milchprodukte:</b> Text und Kreuzworträtsel	Erarbeitung historischer und gesellschaftlicher Aspekte der Gewinnung und Verwendung von Milch zur Unterstützung einer ganzheitlichen Themenbetrachtung
		<b>Rausaufgabe: Leckereien selbst gemacht:</b> Herstellung von Joghurt oder Frischkäse aus Milch	Anwendung erarbeiteter chemischer Reaktionen und Übertragung des Unterrichtsthemas in den privaten Kontext; authentisches Erleben

		<b>7. Die Superkühe</b>	Kritische Reflexion aktueller Entwicklungen vor dem Hintergrund einer Nachhaltigkeitsorientierung
<b>10</b>	Sicherung	In Form einer Expertenrunde stellen zufällig gewählte Gruppen je einen Aspekt des Stationenlernens vor. Sie formulieren Merksätze oder Grafiken zu den wichtigsten Inhalten, die an der Tafel gesammelt und von den Schüler/-innen übernommen bzw. diskutiert werden. Abschließend wird ein Rückbezug zu den Fragen der Strukturierungsphase hergestellt.	
<b>11</b>	mögliche Vertiefung	Aufgreifen offener Fragen aus der Sicherungsphase Kontrastierende Erarbeitung weiterer Bindungsarten Erarbeitung weiterer Nachweisreaktionen	Horizontale Vernetzung und Anwendung des erworbenen Wissens

**Tabelle 9: Unterrichtsverlauf der Einheit Milch der Sekundarstufe I**

<b>Station</b>	<b>Erläuterung</b>
<b>1: Text und Schülerexperimente</b> Der Milch auf der Spur	Inhaltsstoffe der Milch
<b>2: Information und Schülerexperimente</b> Vitaminbombe Milch	Veränderung des Vitamingehalts der Milch durch die verschiedenen Behandlungsverfahren
<b>3: Information und Schülerexperimente</b> Kunststoff aus Milch?	Herstellung, Eigenschaften, Verwendung und Abbau biologisch abbaubarer Werkstoffe
<b>4: Information und Schülerexperimente</b> Schädlicher Milchzucker?	Isolierung, Nachweis und Abbau von Laktose
<b>5: Text und Kreuzworträtsel</b> Milch und Milchprodukte	Informationen zur Geschichte der Milchverwendung
<b>Rausaufgabe</b> Leckereien selbst gemacht	Wahlweise Butter, Joghurt oder Frischkäse selbst herstellen

**Tabelle 10: Alternative Stationen der Einheit Milch der Sekundarstufe II**

Wie bei den vorangegangenen Modulen soll auch hier die dreischrittige Einordnung der Inhaltsschwerpunkte erfolgen:

- (1) Im Rahmen eines fächerübergreifenden Chemieunterrichts kann sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Sekundarstufe II auf historische Aspekte der Milchgewinnung und -verwendung, die Verarbeitung der Milch und die moderne Milchwirtschaft eingegangen werden. So wird ein umfassenderer Einblick in das Thema gewährleistet und die Schüler/-innen erfahren erneut die Bedeutsamkeit naturwissenschaftlichen Wissens und naturwissenschaftlicher Erkenntniswege für alltägliche und gesellschaftliche Phänomene (Stationen 3, 6 & Rausaufgabe [Sek. I] bzw. Station 3, 4, 5 und Rausaufgabe [Sek. II]).
- (2) Aus fachchemischer Perspektive ist das Thema ebenfalls reizvoll und sehr ergiebig:  
Einerseits können die Inhaltsstoffe der Milch (i.W. Wasser, Fett, Zucker und Eiweiß; für die Sek. II zusätzlich wichtige Vitamine) und ihr Einfluss auf die Eigenschaften und die Verwendung von Milch thematisiert werden. Dabei lernen die Schüler/-innen zugleich verschiedene Nachweisverfahren und Arbeitsmethoden kennen (Stationen 2 & 5 [Sek. I] bzw. Station 1 & 2 [Sek. II]).  
Andererseits bieten verschiedene Phänomene rund um die Milch einen direkten und authentischen Zugang zu chemischen Modellen und Reaktionswegen. So kann über die Homogenisierung der Milch in der Sekundarstufe I auf Bindungsarten, Polaritäten und dadurch entstehende Eigenschaften von Stoffen eingegangen werden (Station 4). In der Sekundarstufe II können Grundlagen der Kunst- und Werkstoffchemie durch die exemplarische Behandlung von Kunststoffen aus Polymilchsäure und deren Vergleich mit anderen Kunststoffen erarbeitet werden (Station 3). Über die Thematisierung von Laktose und Laktoseintoleranz kann zudem ein Weg zur Chemie der Zucker geebnet werden (Station 4).
- (3) Zur räumlichen Herstellung von Naturnähe bietet sich in diesem Modul zu Beginn der Einheit der Besuch eines Milchhofes an. Adressen und Kontakte können über die jeweiligen Landesverbände Milchwirtschaft<sup>52</sup> in Erfahrung gebracht werden. Dieser Besuch sollte von den Schüler/-innen vorbereitet werden, indem z.B. ein Interview mit dem Landwirt erarbeitet wird. Vielerorts gibt es auch spezielle Führungen für Schulklassen oder sogar eigens eingerichtete Schau- und Schulhöfe.<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> Für den Regierungsbezirk Arnsberg beispielsweise <http://www.milch-nrw.de/milchlandnrw/karte-nrw/regierungsbezirk-arnsberg/> (Stand 11.12.2014).

<sup>53</sup> Im Raum Siegerland-Wittgenstein gibt es beispielsweise den Birkenhof (<http://www.birkenhof-siegerland.de/>), der ein vielfältiges Programm anbietet (Stand 11.12.2014).

Durch die Thematisierung der Bedingungen der Milchproduktion und den Vergleich verschiedener Bewirtschaftungsarten entsteht hier erneut zwanglos die Möglichkeit, Aspekte von Nachhaltigkeit dieses Themas zu beleuchten und Gestaltungskompetenz im Sinne einer BNE anzubahnen. Diese Aspekte sind ähnlich wie bei der Honigproduktion sowohl durch ihren hohen Alltagsbezug und die hohe persönliche Relevanz des Themas vor dem Hintergrund langfristiger sicherer Nahrungsmittelversorgung als auch vor dem Hintergrund einer zunehmenden Tierschutz- und Verantwortlichkeitsdebatte interessant für eine schulische Umsetzung. (Station 7 [Sek. I] bzw. integriert in den Besuch des Milchhofes [Sek. I und II]). Für die Sekundarstufe II bietet darüber hinaus die Diskussion um biologisch abbaubare Werk- bzw. Kunststoffe weitere Ansatzpunkte zur Integration von Aspekten einer BNE.

Das Thema Milch eröffnet noch weitere Anknüpfungspunkte für Nachhaltigkeit, beispielsweise die Wahl der Verpackung, Transportkosten regionaler oder überregionaler Produkte, sich ergebende „Water-“ oder „CO<sub>2</sub>-Footprints“, den Vergleich mit Soja-Milch und vieles mehr. Aufgrund der Komplexität der hierbei thematisierten Zusammenhänge wurden bei der Erstellung der Materialien bewusst lediglich zwei Aspekte ausgewählt. Je nach lokalen und schulischen Gegebenheiten kann hier selbstverständlich eine Ausweitung der Diskussion erfolgen.

Der Besuch eines Milchhofes bietet wie der Besuch des Imkers zugleich eine Gelegenheit zum Naturerleben und damit perspektivisch zur Entwicklung von Naturverbundenheit. So kann auch in diesem Modul zur Ausbildung und Festigung von Bereitwilligkeit zu nachhaltigem Handeln beigetragen werden.

## **Materialgestaltung**

### ***Sekundarstufe I***

Für dieses Modul wird der Besuch eines Milchhofes als Einstieg vorgeschlagen; daher gibt es keine weiteren Materialien für den Einstieg. Für die Sekundarstufe I stehen zum einen der schon in den anderen Modulen erläuterte Laufzettel und zum anderen die Materialien für die Stationen zur Verfügung.

Bei Station eins werden zwei einfache Experimente zum Geschmackstest vorgeschlagen, die bereits auf dem Milchhof durchgeführt werden sollten. Dies intensiviert zum einen die Begegnungsphase, zum anderen vermeidet die Lehrkraft damit Diskussionen um die Möglichkeit von Geschmackstests im Chemieunterricht bzw. im Labor. Da es sich um Versuche im Rahmen der



Begegnungsphase handelt, dienen diese Versuche nicht primär dem Erwerb chemischen Wissens, sondern der Schwerpunkt liegt auf der intensiven und bewussten Wahrnehmung der Milch und ihrer verschiedenen Arten.

In der zweiten Station steht die Untersuchung der Inhaltsstoffe von Milch im Vordergrund. Für die Sekundarstufe I wird dabei nur auf die Hauptkomponenten Wasser, Zucker, Eiweiß und Fett eingegangen. Die Schüler/-innen führen für alle vier Stoffklassen einfache Nachweisexperimente durch. Bei Eiweiß und Fett gibt es darüber hinaus weiterführende Informationen zu den Fragen, warum Milch weiß ist und wie Kasein in der Industrie als Grundstoff für Kunststoffe verwendet werden kann.

Dabei werden zwei kleinere obligatorische Experimente zur Nachahmung der Färbung von Milch mit einer Wasser-Öl-Emulsion und zur Herstellung kleiner Figuren aus dem aus der Milch gewonnenen Kasein angeboten. Diese können die Schüler/-innen je nach individuellen Interessen durchführen. So wird neben dem kognitiven und prozeduralen Kennenlernen der vier wichtigen Stoffklassen und der entsprechenden Nachweise erneut ein Bezug zwischen dem Naturprodukt Milch, der Chemie und dem Alltag der Schüler/-innen bzw. der Industrie und Technik hergestellt.

Bei Station drei beschäftigen sich die Schüler/-innen mit der industriellen Bearbeitung (Separieren, Standardisieren, Homogenisieren, Wärmebehandlung) von Milch. Sie lernen die verschiedenen Wärmebehandlungsverfahren und deren Auswirkungen auf Inhaltsstoffe der Milch kennen. So wird erneut ein Bezug zwischen Chemie und Industrie bzw. Alltag hergestellt. Zudem wird ein Bezug zur Station vier hergestellt, mit der den Schüler/-innen die chemischen Grundlagen der Homogenisierung näher gebracht werden. Durch die Verbindung textueller und bildlicher Informationen wird das mehrkanalige Lernen der Schüler/-innen gefördert.

Mit der Homogenisierung bietet sich in Station vier eine elegante Möglichkeit, alltags- und praxisnah das Wissen um die verschiedenen Bindungsarten, Polaritäten von Molekülen und deren Auswirkungen auf makroskopischer Ebene zu vertiefen. Dieses Thema könnte mit dem zusätzlichen eigens erstellten Fachtext vertieft und zugrundeliegende chemische Konzepte eingeführt werden. Aufgrund der Komplexität des Themas und des notwendigerweise recht langen Textes sollte dieses Material jedoch nur bei sehr leistungsstarken Schüler/-innen verwendet werden bzw. muss der entsprechende Lernprozess von der Lehrkraft besonders sensibel begleitet und unterstützt werden.

Mit dem vorgeschlagen Experiment werden die Vorgänge bei der Homogenisierung im kleinen Maßstab veranschaulicht und die Schüler/-innen so dazu gebracht, diese Vorgänge bei der

Auswertung des Experimentes mithilfe des kurzen Informationstextes und bereits erlangten Wissens zu diskutieren. Dabei soll die kleinschrittige Untergliederung der entsprechenden Aufgabe die Schüler/-innen unterstützen, relevante und weniger relevante Aspekte zu selektieren. Die vierte Aufgabe („Recherchiere die Elektronegativitätswerte für Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel. Zeichne die Moleküle fünf realer Stoffe, die aus diesen Atomsorten bestehen, und kennzeichne, um welche Art von Bindung es sich handelt.“) löst das chemische Konzept aus dem engen Kontext Milch und verlangt so einen Transfer von den Schüler/-innen. Auch hier werden durch die eigenständige Recherche individuelles Lernen und mediale Kompetenz gefördert.

In Station fünf setzen sich die Schüler/-innen mit Calcium in der Milch auseinander. Im Allgemeinen gilt Calcium gerade für Kinder und Jugendliche als besonders wichtiger Mineralstoff für eine gesunde Entwicklung von Zähnen und Knochen; Milch wiederum gilt als wichtigster Calciumlieferant. Die Schüler/-innen bekommen zunächst einige Informationen zum Thema mittels eines Fachtextes der Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen und bestimmen anschließend den Calciumgehalt der Milch mit Teststäbchen.

Im Rahmen der Auswertung des Experimentes sind die Schüler/-innen dann aufgefordert, die Informationen des Fachtextes kritisch zu bewerten: Sie sollen den Calciumgehalt verschiedener Lebensmittel recherchieren und berechnen, welche Menge der Lebensmittel sie zur Deckung ihres Tagesbedarfs zu sich nehmen müssten. Dieser liegt für Jugendliche bei 1200 mg/Tag. 200mg Calcium sind beispielsweise in 170 ml Milch, 20 g Gouda oder Hartkäse, 400 g Brokkoli, 300 g Kohlrabi, 300 g Bohnen oder 130 g Haselnüssen enthalten<sup>54</sup>. Diese Angaben zeigen, dass Milch und Milchprodukte wichtige Calciumlieferanten sind, aber auch ohne Milch viel Calcium aufgenommen werden kann.

Bei Station sechs bekommen die Schüler/-innen fächerübergreifend Informationen zur Geschichte und Verwendung von Milch und Milchprodukten. Um eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Text zu fördern, müssen sie die Informationen in einem Kreuzworträtsel umsetzen.

Als zusätzliche Rausaufgabe steht ein Arbeitsblatt zur Verfügung, auf dem die Schüler/-innen Anleitungen zur Herstellung von Joghurt bzw. Frischkäse und grundlegende fachliche Informationen zum Herstellungsprozess finden. Von allen Milchprodukten sind Joghurt und Frischkäse verhältnismäßig schnell und einfach herzustellen. Die Schüler/-innen sind aufgefordert, sich eines der beiden Produkte auszusuchen und zu Hause herzustellen. Hier muss vom Lehrer

---

<sup>54</sup> Angaben nach der Kalorientabelle auf <http://fddb.info/> (Stand 08.09.2014).

abgeschätzt werden, inwiefern die häusliche Situation der Schüler/-innen derartige Aufgaben erlaubt.

Eine Einbindung von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung findet in diesem Modul zum einen über den Besuch des Milchhofes, zum anderen über den Filmbeitrag „Die Superkühe“ statt. Hierfür bietet das Material „Die Super-Kühe – Anregungen für die Lehrkraft“ erste Ideen. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Aspekte findet sich bei der Schilderung des Unterrichtsganges ab S. 149.

Auf der folgenden Seite werden exemplarisch zwei Stationen abgebildet (Abb. 27). Station zwei b stellt eine Möglichkeit dar, bei der relativ einfachen Untersuchung von Inhaltsstoffen fächerübergreifend auf physikalische Phänomene einzugehen. Bei Station vier bietet sich die Gelegenheit, ausgehend von dem alltagsnahen Vorgang der Homogenisierung von Milch mittels des sehr einfachen Experiments der Herstellung einer Wasser-Fett-Emulsion auf komplexere chemische Theorien – hier Bindungsarten und Polaritäten – einzugehen.

## Inhaltsstoffe der Milch

### Experiment 3: Ist Fett ein Bestandteil von Milch?

#### Chemikalien & Geräte:

Papier (Löschpapier oder Kaffeefilter), 3 Pipetten, Bleistift, Milch, Sahne, Wasser

#### Durchführung:

Nimm dir ein Blatt Löschpapier bzw. einen Kaffeefilter und zeichne mit einem Bleistift drei große Kreise. Kennzeichne den ersten Kreis mit einem M für Milch, den zweiten mit einem S für Sahne und den dritten mit einem W für Wasser.

Nun tropfe mit je einer Pipette etwas Wasser, Milch und Sahne in den jeweiligen Kreis.

Lasse die drei Flecken trocknen. Wenn die Flecken getrocknet sind, halte das Papier gegen das Licht. Von welchem Fleck ist noch etwas zu sehen?

#### Beobachtung:

#### Auswertung:

### Warum ist die Milch weiß?

Du weißt bereits, dass Milch hauptsächlich aus Wasser besteht – doch warum ist sie nicht durchsichtig wie „normales“ Wasser?

Das liegt am Fett, das ebenfalls in der Milch enthalten ist. Dieses mischt sich nicht gut mit dem Wasser – deshalb wird die Milch homogenisiert (Station 3). Trotzdem löst sich das Fett nicht auf, unter dem Mikroskop erkennst du kleine Kügelchen.

Fällt Licht auf diese Fettkügelchen, wird es gebrochen und zurückgeworfen. In der Milch sind sehr viele Fettkügelchen, zwischen denen das Licht reflektiert und in alle Richtungen gestreut wird. Und aus dem Physikunterricht weißt du, was passiert, wenn Licht in vielen verschiedenen Wellenlängen zusammentrifft – es erscheint weiß.

Ähnliches passiert beim Schnee: während ein einzelner Kristall durchsichtig erscheint, weil das Licht durch ihn hindurchdringen kann, erscheint der Schnee weiß – die unzähligen Kristalle brechen, spiegeln und reflektieren das Licht.

Dieses Phänomen kannst du mit einem ganz einfachen Versuch nachmachen: Gib einen daumenbreit Öl und einen daumenbreit Wasser in ein Reagenzglas. Die Lösung ist klar, deutlich sind zwei Phasen zu sehen. Nun verschließe das Reagenzglas mit dem Daumen und schüttle kräftig – et voilà!



Bild verändert nach  
<http://www.milag.net/nextshopcms/cmsimage.asp?id=468&fkt=3>

...die Milch macht's!

Station 2b

## Warum muss Milch homogenisiert werden?

### Experiment: Wasser-Fett-Emulsionen

Geräte und Chemikalien: Messzylinder (25 ml), Sprühflasche mit Zerstäuber, 2 Schnappdeckelgläser, Speiseöl, Wasser

#### Durchführung:

1. Gib jeweils 10 ml Wasser und 10 ml Öl in die beiden Schnappdeckelgläser und verschließe diese.
2. Schüttle eines der Gläser für zehn Sekunden kräftig, fülle das geschüttelte Gemisch in die Sprühflasche und sprühe die Emulsion zügig in das Schnappdeckelglas zurück.
3. Ein weiterer Mitschüler deiner Gruppe schüttelt derweil das andere Schnappdeckelglas ebenfalls für zehn Sekunden kräftig.
4. Stellt beide Gläser auf den Tisch und beobachtet für etwa fünf Minuten.

### Info: Warum mischen sich Wasser und Fett nicht?

Je nach Stoffart (Metall oder Nichtmetall) verbinden sich Atome auf unterschiedliche Weise miteinander: mittels einer Ionenbindung (Elektronenübertragung) oder einer Atombindung (Überlappung der Elektronenwolken und gemeinsames Nutzen der Außenelektronen).

Bei der Atombindung zieht jede Atomsorte die Außenelektronen unterschiedlich stark an (Elektronegativität). Die Außenelektronen verschieben sich leicht zu der Atomsorte mit der höheren Elektronegativität – wie beim Tauziehen. Man spricht von einer *polaren Bindung*. Das elektronegrativere Atom weist einen kleinen Überschuss an negativer Ladung auf ( $\delta^-$ ), während das andere Atom einen kleinen Überschuss an positiver Ladung aus dem Atomkern hat ( $\delta^+$ ). Im Wassermolekül sind die bindenden Elektronenpaare beispielsweise in Richtung des Sauerstoffs verschoben, wodurch die Wasserstoff-Atome leicht positiv geladen sind (*Dipol-Molekül*).

Bei geringen Unterschieden in der Elektronegativität werden die Elektronen von den verschiedenen Atomkernen etwa gleich stark angezogen (unpolare Bindung), beispielsweise beim Sauerstoffmolekül ( $O_2$ ) oder bei organischen Stoffen wie den meisten Fetten (bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen).

Für das Mischen von Stoffen gilt: Gleiches mischt sich mit Gleichem – also Stoffe mit polarer Bindung können miteinander gemischt werden, nicht aber ein Stoff mit polarer und ein Stoff mit unpolarer Bindung.

1. Führe das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Notiere deine Beobachtung.
3. Formuliere eine Erklärung für den Versuch. Gehe dabei auf folgende Aspekte ein.
  1. Erkläre die zu beobachtenden Unterschiede in den beiden Gläsern. Nutze dabei auch die Wörter polar, unpolar, Bindung, Anziehung, Dipol & Elektronegativität.
  2. Stelle den Zusammenhang und die Unterschiede zwischen diesem Versuch und der Homogenisierung von Milch dar.
4. Recherchiere die Elektronegativitätswerte für Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel. Zeichne die Moleküle fünf realer Stoffe, die aus diesen Atomsorten bestehen, und kennzeichne, um welche Art von Bindung es sich handelt.



...die Milch macht's!

Station 4

Abbildung 27: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Die Milch macht's!“ für die Sekundarstufe I

## ***Sekundarstufe II***

Auch für die Sekundarstufe II wird der Besuch eines Milchhofes als Einstieg vorgeschlagen, sodass auch hier nur der Laufzettel und die Materialien für die Stationen in den Handreichungen enthalten sind.

Mit der ersten Station sollen sich die Schüler/-innen wie auch die Schüler/-innen der Sekundarstufe I mit den Inhaltsstoffen der Milch auseinandersetzen. Dafür bekommen sie zunächst einen Fachtext, den sie in Form einer Mind-Map zusammenfassen sollen. Anschließend sind sie aufgefordert, in einer Gruppe einfache Versuche zum Nachweis der Hauptinhaltsstoffe zu planen und durchzuführen. Durch diese offene Aufgabenstellung kann ein verstärktes eigenständiges Lernen gefördert und die Re-Aktivierung bereits erworbenen Wissens angeregt werden.

Als fachlich vertiefte Betrachtung der Inhaltsstoffe beschäftigen sich die Schüler/-innen bei Station zwei mit dem Vitamingehalt der Milch. Die Schüler/-innen erhalten Informationen zur Veränderung des Vitamingehalts der Milch durch verschiedene Behandlungsverfahren und testen anschließend sterilisierte Milch und Vollmilch auf die Vitamine B1 und B2. Der Nachweis mit UV-Licht stellt dabei ein spannendes, weil wenig gebräuchliches Experiment dar. Zudem bietet sich hier die Möglichkeit, Grundlagen der Fluoreszenz, also Aspekte des Basiskonzeptes Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, zu wiederholen. Die abschließende Aufgabe drei („Bewerten Sie mithilfe des Experimentes und der oben stehenden Tabelle, welche Milch Sie für sich im Alltag bevorzugen würden.“) fördert die Bewertungskompetenz der Schüler/-innen und ihre Auseinandersetzung mit experimentellen und aus Fachtexten erschlossenen Daten.

In der Station drei werden biologisch abbaubare Kunststoffe und Kunststoffe aus nachwachsenden Ressourcen behandelt. Neben einigen grundlegenden Informationen enthalten die Arbeitsblätter drei Experimente zur Herstellung und zum Abbau von Polymilchsäure sowie zur Kompostierung von Polymilchsäure und Polyesteramid. Durch die theoretische und experimentelle Auseinandersetzung mit diesen Aspekten können Grundlagen der Kunststoffchemie erarbeitet werden. Zudem werden hierbei Aspekte von Nachhaltigkeit eingebunden (vgl. Abb. 28). Der hohe Anteil eigenständigen Lernens in den Aufgaben zur Recherche und Darstellung der Informationen fördert die Schüler/-innen ihrem Alter entsprechend.

Mit Station vier wird die fachlich fundierte Auseinandersetzung der Schüler/-innen mit dem Thema Laktose und Laktoseintoleranz gefördert. Die Schüler/-innen isolieren Laktose aus Milch,

weisen sie mit Benedict-Reagenz nach und verfolgen die Spaltung von Laktose durch Laktase. Die Auswertung der Experimente mit den auf dem ersten Arbeitsblatt der Station zur Verfügung gestellten Informationen fördert eine umfassende Betrachtung der chemischen Vorgänge dieses alltäglichen Prozesses.

Die Stationen „Milch und Milchprodukte“ sowie „Rausaufgabe“ sind identisch mit den entsprechenden Stationen der Sekundarstufe I.

In der folgenden Abbildung 28 wird exemplarisch Station drei dargestellt, mit der Aspekte von Nachhaltigkeit fachchemisch anspruchsvoll in den Unterricht integriert werden können.

## Kunststoff aus Milch?

Biologisch abbaubare Werkstoffe sind Stoffe, die durch Mikroorganismen in natürliche Stoffwechselprodukte überführt werden können. Der Werkstoff wird dabei unter Sauerstoffzufuhr in mehreren Schritten zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut oder von den Mikroorganismen in körpereigene Substanzen umgewandelt. Bei Sauerstoffmangel entstehen über andere Abbaumechanismen zusätzlich große Mengen Methan.

Grundsätzlich können biologisch abbaubare Polymere sowohl auf Basis petrochemischer als auch nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden, da nicht die Herkunft eines Stoffes, sondern die chemische Struktur über die biologische Abbaubarkeit entscheidet. Ein Beispiel für einen solchen Wirkstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist Polymilchsäure (PLA).

### Experiment 1: Herstellung von Polymilchsäure






#### Geräte und Chemikalien:

Reagenzglas und -klammer, Bunsenbrenner, Messzylinder, Petrischale, Pinzette, Glasstab, Becherglas, Milchsäure (GHS05), Zinn(II)chlorid (GHS07), Kobaltchloridpapier, Siedesteinchen

#### Durchführung:

- In ein Reagenzglas werden knapp 5ml Milchsäure und einige Zinnchlorid-Kristalle sowie zwei Siedesteinchen gegeben. Unter ständigem Schütteln wird das Reagenzglas ca. 10 Minuten erhitzt, bis eine orangebraune Färbung des Inhalts eintritt. Nach einigen Minuten kann dabei ein kaltes kleines Becherglas über die Reagenzglasöffnung gehalten werden; bildet sich Niederschlag, wird dieser mit Kobaltchloridpapier beprobt.
- Der heiße und flüssige Inhalt des Reagenzglases wird in eine kalte Petrischale überführt, die Siedesteinchen werden mit der Pinzette entfernt. Während des Abkühlens können aus dem Material Fäden gezogen werden.

- Recherchieren Sie die Namen einiger herkömmlicher Kunststoffe sowie einiger biologisch abbaubarer Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und aus petrochemischen Rohstoffen. 
- Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen. 
- Formulieren Sie eine Erklärung für das Experiment. Notieren Sie dabei die Strukturformel der Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), das mit dem Kobaltchloridpapier nachgewiesene Nebenprodukt sowie eine Reaktionsgleichung und benennen Sie die Reaktionsart. 



...die Milch macht's!

Station 3a

## Kunststoff aus Milch?

Der Abbau biologisch abbaubarer Werkstoffe erfolgt durch die Verstoffwechslung durch Mikroorganismen. Chemisch gesehen wird dabei zunächst die Polymerisierung aus Experiment 1 durch eine Hydrolyse rückgängig gemacht. Die entstehenden Monomere bzw. Bruchstücke des Polymeren können anschließend von den Mikroorganismen verdaut werden.

### Experiment 2: Abbau von Polymilchsäure in normaler Erde und Kompostierung von Polymilchsäure

#### Geräte und Chemikalien:

Petrischalen mit Produkt aus Exp. 1, Erde, Komposterde, Wasser

#### Durchführung:

- In einige der Petrischalen aus Exp. 1 wird Erde gegeben, leicht angefeuchtet und die Schale verschlossen. Der Inhalt der Petrischalen wird alle zwei bis drei Tage angefeuchtet und die Beobachtungen über einen längeren Zeitraum notiert.
- Zur Simulation einer Kompostierung wird in einige weitere Petrischalen aus Exp. 1 Komposterde gegeben, diese leicht angefeuchtet und die Schalen bei 60°C in den Wärmeschrank gelegt. Der Inhalt der Petrischale wird jeden Tag leicht befeuchtet und der Ansatz über ca. 10 Tage beobachtet. Vorsicht: Deckel beim Befeuchten nicht zu weit öffnen und am besten im Abzug arbeiten, da bei 60°C evtl. gesundheitsschädliche Schimmelpilze wachsen können. Petrischale daher auch nach Beendigung des Experiments nicht mehr öffnen!






### Experiment 3: Kompostierung von Polyesteramid

#### Geräte und Chemikalien:

Petrischale, Komposterde, Wasser, Kompostmüllbeutel aus Polyesteramidfolie (z.B. von Bayer)

#### Durchführung:

Verfahren Sie mit einem Stück des Müllbeutels so wie in Experiment 2.2 beschrieben.

- Führen Sie die beiden Experimente in Ihrer Gruppe aus Station 3a durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen. Sprechen Sie sich mit anderen Gruppen bzgl. der Aufteilung der beiden Teilversuche für Exp. 2 ab!!! 
- Formulieren Sie eine Erklärung für das Experiment 2. Erläutern Sie dabei die Ursachen für die zwischen Teil 1 und Teil 2 beobachtbaren Unterschiede. 
- Recherchieren Sie Herstellung und Verwendung von Polyesteramid und formulieren Sie eine Erklärung für die Beobachtungen bei Experiment 3. 
- Informieren Sie sich im Internet oder in der Bibliothek über biologisch abbaubare Kunststoffe mit besonderem Augenmerk auf Polymilchsäure. Eine erste interessante Quelle ist das Umweltbundesamt; auf den Seiten Des BMEL finden Sie zudem einen kurzen Film „Neue Produkte: Aus Natur gemacht – Aus Pflanzen wird Plastik“. 
- Fassen Sie die gesammelten Informationen unter folgenden Gesichtspunkten zusammen: Einteilung, Herstellung, Verwendung, Abbaubarkeit, Sonstiges. Gestalten Sie dazu entweder einen Flyer für interessierte Laien, ein Informationsplakat, das für eine Verbraucherkontrolle geeignet wäre oder ein anderes geeignetes Präsentationsformat, das Sie individuell mit Ihrer Lehrkraft abstimmen. 



...die Milch macht's!

Station 3b

Abbildung 28: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Die Milch macht's!“ für die Sekundarstufe II

## Anbindung an den Lehrplan

Wie schon im Modul *Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie* soll hier nicht auf die Grundlagen dieses Unterkapitels (vgl. dazu die Ausführungen für Modul I), sondern auf die konkreten Anbindungsmöglichkeiten des Moduls eingegangen werden.

In der Sekundarstufe I kann eine Anbindung an den Lehrplan in jedem Schuljahr erfolgen. Im ersten Lernjahr eignet sich das Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffveränderungen“ mit der Thematisierung von Inhaltsstoffen und Stoffeigenschaften zur Einbindung des Moduls. Hier können auch bereits erste einfache Nachweisreaktionen thematisiert werden.

Tiefere Einsichten in chemische Modellvorstellungen ergeben sich im zweiten Lernjahr im Inhaltsfeld „Unpolare und polare Elektronenpaarbindung“, da hier über die industrielle Bearbeitung der Rohmilch, insbesondere die Homogenisierung, auf die polare und unpolare Elektronenpaarbindung und deren Erklärungspotential für alltägliche Phänomene eingegangen werden kann.

Der umfänglichste Blick auf das Thema kann sicherlich im dritten Lernjahr gewährt werden, da hier im Inhaltsfeld „Organische Chemie“ die verschiedenen Inhaltsstoffe in ihrer Struktur und den sich ergebenden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen umfassend reflektiert werden können. Im Sinne eines Spiralcurriculums könnte dieses Modul also auch Stück für Stück im Einklang mit dem Lernfortschritt der Schüler/-innen behandelt werden.

In der Sekundarstufe II bietet sich eine Einbindung in den Unterricht an zwei wesentlichen Stellen an. In der Einführungsphase sollen im Inhaltsfeld 1 „Kohlenstoffverbindungen und Gleichgewichtsreaktionen“ Stoffklassen der organischen Chemie betrachtet und dabei besonders Struktur-Eigenschaftsbeziehungen berücksichtigt werden. Da Milch im Wesentlichen aus Wasser, Fett, Eiweiß und Zucker besteht, können hier drei wichtige Stoffklassen eingeführt und ihre Bedeutung für die Eigenschaften von Milch thematisiert werden. Als Besonderheit kann hier eine Thematisierung der enthaltenen Vitamine mit dem Nachweis von Vitamin B1 und B2 erfolgen. Auch das im Alltag der Jugendlichen immer gegenwärtigere Phänomen der Laktoseintoleranz kann thematisiert und je nach Lernsituation vertieft werden<sup>55</sup>.

In Verbindung mit Inhaltsfeld 4 „Organische Produkte – Werkstoffe und Farbstoffe“ kann in diesem Modul zusätzlich auf Kunststoffe und biologisch abbaubare Werkstoffe mit einer schwerpunktmäßigen Behandlung von Kunststoffen aus Polymilchsäure eingegangen werden.

---

<sup>55</sup> Ein entsprechender Unterrichtsvorschlag findet sich bei Hermann 2012.



## Kompetenzerwerb

Wie in Abschnitt eins dargestellt, bietet diese Unterrichtseinheit gute Möglichkeiten, das alltägliche und naturnahe Lebensmittel Milch unter Verwendung einer fachwissenschaftlichen Sichtweise zu untersuchen und den Schüler/-innen die Allgegenwärtigkeit und Bedeutsamkeit chemischer Prozesse auch in alltäglichen und natürlichen Vorgängen und Phänomenen aufzuzeigen. Im Zusammenspiel mit den bereits dargelegten übergreifenden Zielen ergeben sich verschiedene Bezüge zu den oben dargestellten Kompetenzbereichen, die im Folgenden ausgeführt werden.

Mögliche fachwissenschaftliche Inhalte für die Sekundarstufe I wurden bereits in den Abschnitten eins und zwei dieses Kapitels aufgezeigt. Durch die Erarbeitung wesentlicher Inhaltsstoffe der Milch, deren Bedeutung für verschiedene Eigenschaften der Milch und Verwendungsmöglichkeiten der Milch werden Kompetenzen im Basiskonzept Struktur der Materie angebahnt. Schüler/-innen lernen, Stoffe aufgrund ihrer Eigenschaften zu identifizieren, sie auf dieser Grundlage bezüglich ihrer Verwendungsmöglichkeiten zu bewerten sowie ihre Eigenschaften auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Atomen mithilfe von Bindungsmodellen zu erklären. Für das Basiskonzept chemische Reaktion lernen Schüler/-innen, chemische Reaktionen zum Nachweis chemischer Stoffe zu nutzen, indem sie die verschiedenen Inhaltsstoffe der Milch nachweisen.

Der Kompetenzzuwachs in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung ist in Teilen analog zu Modul eins und zwei. Die Schüler/-innen nutzen experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle zur Erklärung von chemischen Phänomenen und Vorgängen. Sie experimentieren, beobachten und protokollieren die Versuche und müssen aus diesen Schlussfolgerungen ziehen. Zudem recherchieren sie in unterschiedlichen Quellen, werten die Daten und Informationen kritisch aus und verarbeiten sie adressaten- und situationsgerecht (Erkenntnisgewinnung).

Sie erschließen Informationen sach- und fachbezogen aus Versuchen, Interviews oder Fachtexten, tauschen sich darüber aus und bereiten sie für Präsentationen vor (Kommunikation). Zudem sind die Schüler/-innen immer wieder gefordert, die gesammelten Informationen und Erkenntnisse hinsichtlich relevanter Fragestellungen (z.B. bzgl. Maßnahmen und Verhaltensweisen zur Erhaltung der eigenen Gesundheit) zu bewerten oder fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten zur Erschließung lebenspraktischer Zusammenhänge zu nutzen (Bewertung). Durch die Thematisierung der Bedingungen von Milcherzeugung, -gewinnung und -verarbeitung wird

zudem ein Beitrag zum Erwerb einer Bildung für nachhaltige Entwicklung geleistet. Weitere übergreifende Ziele gelten für dieses Modul analog zu Modul eins (Gesundheits- und Umweltbildung; fächerübergreifendes, mehrperspektivisches Arbeiten; Ausbau personaler und sozialer Kompetenzen [s.o.]).

Die Vertiefung und Differenzierung sowie die zunehmend selbstständige Erarbeitung chemischer Sichtweisen und der Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens in der Sekundarstufe II erfolgt in diesem Modul auf drei Ebenen. Fachwissenschaftliche Vertiefung ist, wie im Abschnitt „Thematische und inhaltliche Aspekte“ geschildert, durch die vertiefte Behandlung der Vitamine als besonderer Inhaltsstoffe, der Grundlagen der Laktoseintoleranz und der Grundlagen im Bereich der Kunststoffchemie möglich.

Zunehmend selbstständiges Arbeiten wird insbesondere bei der Recherche zu den PLAs, der Bewertung und Auswertung der gesammelten Informationen sowie deren adressatengerechten Aufarbeitung (Station 5) und bei der Planung der Experimente zu den Inhaltsstoffen der Milch (Station 1) gefördert. Das häufige eigenständige Experimentieren, selbstständig zu organisierende Gruppenarbeitsphasen und die immer wieder gegebene Möglichkeit, aus verschiedenen Aufgaben auszuwählen, fördern weitere prozedurale und kommunikative Kompetenzen.

### **Unterrichtsgang**

Die Skizzierung des vorgeschlagenen Unterrichtsganges findet sich in Tabelle neun. Der Unterrichtsgang für die Sekundarstufe II kann analog gestaltet werden, wobei die Materialien der in Tabelle zehn geschilderten Stationen verwendet werden. Daher wird hier wie schon bei Modul eins nur ein Unterrichtsgang geschildert.

Als Einstieg bietet sich der Besuch eines Milchhofes an (Phase der Begegnung). Hier können bereits erste kleine Versuche (z.B. Geschmackstest) durchgeführt oder ein Interview mit dem Landwirt gemacht werden. Dieses sollten die Schüler/-innen eigenständig vorbereiten; in der Sekundarstufe II kann hier zur Wahrung des vertieften fachlichen Anspruchs beispielsweise auch auf Qualitätsansprüche und -kontrollen vor Ort eingegangen werden. Hier können auch bereits erste nachhaltigkeitsorientierte Fragen zu den Bedingungen der Milchproduktion, Tierschutz etc. integriert werden (Anregungen können der Station „Die Superkühe“ entnommen werden), welche zum Abschluss der Erarbeitungsphase nochmals vertieft werden.

Während des Besuchs oder im Anschluss daran können dann die Fragen und Ideen der Schüler/-innen zur Strukturierung der Erarbeitungsphase gesammelt werden (Phase der Neugier und Planung). Diese werden sich vermutlich auf die Zusammensetzung der Milch, ihre Gewinnung und Verarbeitung, ihre Verwendung und ihren Beitrag zu einer gesunden Ernährung, zur Fitness oder auch als Kosmetikum beziehen. Auf viele mögliche Fragestellungen geben die vorbereiteten Stationen Antwort. Sollten andere Fragen bei den Schüler/-innen aufkommen, können ergänzend Arbeitsmaterialien aus den im Abschnitt eins genannten Veröffentlichungen herangezogen oder entsprechende Rausaufgaben an die Schüler/-innen vergeben werden.

Die Erarbeitungsphase kann mithilfe des ausgearbeiteten Materials strukturiert werden. Als Sicherung bietet sich hier erneut die Vorstellung der verschiedenen Aspekte durch zufällig gebildete Expertengruppen an. Diese Aspekte können sich entweder auf einzelne Stationen beziehen; eleganter und im Sinne einer ersten Dekontextualisierung schlüssiger ist jedoch der direkte Rückbezug auf die Fragen der Schüler/-innen zu Beginn der Unterrichtseinheit. Hierfür können die einzelnen Fragen so auf die Expertengruppen verteilt werden, dass das Arbeitspensum für alle Gruppen annähernd gleich ist. Die Expertengruppen präsentieren dann die Antwort(en) auf ihre Frage(n), wofür vermutlich Ergebnisse aus verschiedenen Stationen und Arbeitsschritten genutzt werden müssen, und bieten für alle Schüler/-innen eine kurze, prägnante Zusammenfassung an. So kann die Lehrkraft einen gleichmäßigen und qualitativ hochwertigen Wissensstand sichern und auf Fragen oder Probleme im Plenum eingehen.

Abschließend bietet sich die Thematisierung von Aspekten einer Bildung für nachhaltige Entwicklung an. Fragen und Anregungen bietet das Arbeitsblatt „Die Superkühe“. Dieses bezieht sich auf den gleichnamigen Panorama-Beitrag des ndr, der in der ARD-Mediathek abgerufen werden kann.<sup>56</sup> In dem Beitrag werden in gut sieben Minuten skizzenartig wichtige Aspekte der modernen Milchproduktion thematisiert. Im Internet finden sich weitere Filmbeiträge zur Milchproduktion<sup>57</sup>, die alternativ mit den Schüler/-innen geschaut werden können. Hier ergibt sich mitunter das Problem einer gewissen ideologischen „Belastung“ der Beiträge, beispielsweise bei Beiträgen des Veganer-Bundes. Diese müssten mit den Schüler/-innen thematisiert oder als Ausgangspunkt einer weiterführenden Recherche, beispielsweise in Verbindung mit dem Sozialkundeunterricht o.Ä., genutzt werden. In dem Beitrag des ndr wird sich um eine eher neutrale Darstellung der Sachlage bemüht und beispielsweise verschiedene Experten mit

---

<sup>56</sup> <http://www.ardmediathek.de/tv/Panorama-3/Super-Kühe-Milchproduktion-im-Akkord/NDR-Fernsehen/Video?documentId=15146718&bcastId=14049184> oder google: Super-Kühe + ndr (Stand 17.12.2014).

<sup>57</sup> Abrufbar mit einer entsprechenden Stichwortsuche bei google oder youtube, falls der Beitrag des ndr nicht mehr verfügbar ist.

einbezogen. Was in der Darstellung fehlt, ist die soziologische Komponente der Probleme des Milchbauern (z.B. geringe Einkünfte durch die Massenware Milch). Dies sollte im Sinne einer ganzheitlichen BNE ebenfalls mit den Schüler/-innen thematisiert werden.

In der sich nach *CHiK* nun anschließenden Phase der Abstraktion und Vernetzung können beispielsweise weitere Bindungsarten kontrastierend betrachtet werden. In der Sekundarstufe II können die behandelten Stoffklassen vertieft oder andere Werkstoffe vergleichend thematisiert werden.

Für beide Sekundarstufen bietet sich zum Abschluss der Einheit erneut eine Evaluation bzw. methodische Reflexion der Einheit zur Identifizierung von Potential und Grenzen derselben an.

### **Zusammenfassung**

Abschließend soll nun auch für dieses Modul eine Eignung für ...*natürlich* Chemie! anhand der drei eingangs vorgestellten Leitfragen überprüft werden.

Ist das Modul naturnah: thematisch-kontextuell und räumlich?

Im Abschnitt *Thematische und inhaltliche Aspekte* wurde dargestellt, dass Milch als das älteste und natürlichste Nahrungsmittel des Menschen betrachtet werden kann. Auch die Nutzung des Naturproduktes durch Jugendliche und Erwachsene seit der Zeit der Sumerer und die Tatsache, dass heutige Milchproduktion nicht unbedingt mit dem natürlichen Verhalten von Kühen kompatibel ist, nimmt dem Stoff Milch nicht seine Natürlichkeit, wiewohl diese Aspekte mit den Schüler/-innen kritisch reflektiert werden müssen. Neben dieser thematischen Naturnähe stellt der Besuch eines Milchhofes auch räumlich Naturnähe her. Sowohl thematisch als auch räumlich ist also die Grundforderung nach Naturnähe erfüllt.

Werden in dem Modul kognitive und motivationale Voraussetzungen für eine aktive Teilhabe an Diskursen und Prozessen im Bereich nachhaltiger Entwicklung angebahnt?

Der Besuch des Milchhofes und die Thematisierung moderner Milchgewinnung mithilfe des Filmbeitrages des ndr bieten gute Möglichkeiten zum Erwerb von Gestaltungskompetenz. In der Diskussion muss aber darauf geachtet werden, sowohl ökologische als auch ökonomische und soziale Aspekte mit einzubeziehen. Dies ist jedoch durch eine kritische Reflexion des Filmbeitrages gut möglich. Die Naturbegegnung auf dem Milchhof kann auf motivationaler Ebene zur Anbahnung von Naturverbundenheit beitragen und thematisch eine erste Annäherung an den Problemkomplex Milcherzeugung darstellen. In der Sekundarstufe II bieten darüber hinaus auch die Aufgaben zu biologisch abbaubaren Werkstoffen die Chance, nachhaltigkeitsorientierte

Aspekte zu thematisieren und so aus einem ganz anderen Blickwinkel zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung beizutragen. Insgesamt können also sowohl kognitive als auch affektive Voraussetzungen für eine aktive Teilhabe an Diskursen und Prozessen im Bereich nachhaltiger Entwicklung angebahnt werden.

Ist der Unterricht in dem Modul methodisch sinnig, praxisnah und handlungsorientiert?

Wie in den anderen beiden Modulen bieten die vielfältigen Aufgabenformate des Stationenlernens und der Besuch des Milchhofes eine große Methodenvielfalt. Der ständige Bezug auf den Alltag der Schüler/-innen, viele Experimente und kreative Aufträge sowie kommunikativ ausgerichtete Arbeitsphasen sorgen für einen methodisch ausgewogenen, praxis- und handlungsorientierten Unterricht.

## Teil IV: Fazit

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit war die Idee, dass eine Verbindung von Chemie und Natur im Chemieunterricht gewinnbringend sein könnte. Damit verbunden waren verschiedene Fragen:

- (1) Welche konkreten Vorteile kann eine Verbindung von Chemie und Natur im Chemieunterricht bringen?
- (2) Inwiefern kann ein solcher Unterricht zur Förderung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung dienlich sein?
- (3) Wie kann ein solcher Unterricht praktisch aussehen?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden zunächst Forschungsbefunde gesichtet. Als zentrale Literaturquellen dienten dabei die Arbeiten von SCHARF und WERTH aus den 1980er und 1990er Jahren. In ihren Arbeiten stellen SCHARF und WERTH fest, dass viele Menschen eine ausgeprägt antagonistische Sicht auf Chemie und Natur haben. Chemie wird von einem Großteil der Bevölkerung ablehnend betrachtet und zumeist mit Industrie und Technik assoziiert, Natur ist dagegen äußerst positiv besetzt und wird häufig idealisiert und romantisiert. Eine Verbindung zwischen beiden Konzepten wird in der Bevölkerung kaum wahrgenommen. Diese Ergebnisse werden von verschiedenen älteren und neueren Forschungsbefunden untermauert (angesprochen wurden z.B. Lehmann-Riekert 1999, Barke/Hilbing 2000, Karger 1996, Weitze 2007, Sjoberg/Schreiner 2010, Mittelstraß 2014). Ursache für die unterschiedliche Bewertung der beiden Konzepte könnte die positive Wirkung von Natur auf die physische und psychische Gesundheit des Menschen einerseits und die während der 60er Jahre aufkommende Umweltdebatte in Verbindung mit potenten Chemieunfällen andererseits sein (Stahlmann 2008, Gebhard 2010, von Zahn 1981).

Um zu sehen, ob diese Tendenzen auch heute bei Schülerinnen und Schülern vor Ort gefunden werden können, wurde im Rahmen einer statistischen Untersuchung im Jahr 2013 mit dem von SCHARF und WERTH verwendeten OSGOODSchen Differential die Einstellung von Schüler/-innen im Raum Siegen und Olpe zu Chemie und Natur erhoben. Zusätzlich wurden die Schüler/-innen um eine Definition der beiden Konzepte gebeten, um die gängigen Vorstellungen zu den Konzepten Chemie und Natur zu erheben. Hier zeigte sich zweierlei: Zum einen wird Natur, wie in der Literatur beschrieben, äußerst positiv, Chemie dagegen eher mittelmäßig als, wie beschrieben, schlecht bewertet [Mittelwerte auf einer Skala von 1 (sehr positiv) bis sieben (sehr negativ) von 2,21 (Natur) bzw. 3,66 (Chemie)]. Zum anderen konnte im Rahmen der qualitativen Erhebung festgestellt werden, dass eine Verbindung von Chemie und Natur tatsächlich kaum

wahrgenommen wird. Während die Schüler/-innen mit dem Begriff Chemie vornehmlich Aspekte der Schulchemie (Stoffchemie, chemische Reaktion, Experimente) verknüpfen, zeigen die Naturdefinitionen eine hohe (positiv) emotionale Besetzung des Begriffs, verbunden mit einer insgesamt recht undifferenzierten, verstärkt assoziativen und wenig rationalen Auseinandersetzung mit dem Konzept Natur.

Dass eine derartige antagonistische Sicht auf Chemie und Natur aus fachwissenschaftlicher Sicht nicht weittragend und aus fachdidaktischer Sicht sogar bedenklich ist, wurde ausführlich diskutiert: (1) stellt Chemie als Naturwissenschaft letztlich nichts anderes als eine mögliche Sicht auf Welt und damit auch Natur dar, (2) ist Natur keineswegs so „ungefährlich“ und „gesund“ wie im allgemeinen Idealbild angenommen wird (erläutert wurden beispielsweise mögliche Gefahren einer „wilden“ Natur oder die Ausnutzung des Prädikats „natürlich“ durch Werbung und Industrie) und (3) bedingt diese bestehende Vorstellung offenbar, dass viele Jugendliche ein bestenfalls mangelhaftes Bewusstsein für die engen Beziehungen zwischen Natur, Industrie, Technik und Gesellschaft haben.

In diesem Zusammenhang wurde auch die Idee vorgestellt, dass genau diese Sicht auf Chemie und Natur ihr Analogon in der Bewertung der mit diesen Gegenständen assoziierten Schulfächer findet. So wird Chemieunterricht von Schüler/-innen tendenziell eher schlecht bewertet und die Leistungen in diesem Fach sind eher mittelmäßig, während der Biologieunterricht das beliebteste naturwissenschaftliche Unterrichtsfach mit im Durchschnitt deutlich besseren Leistungen ist.

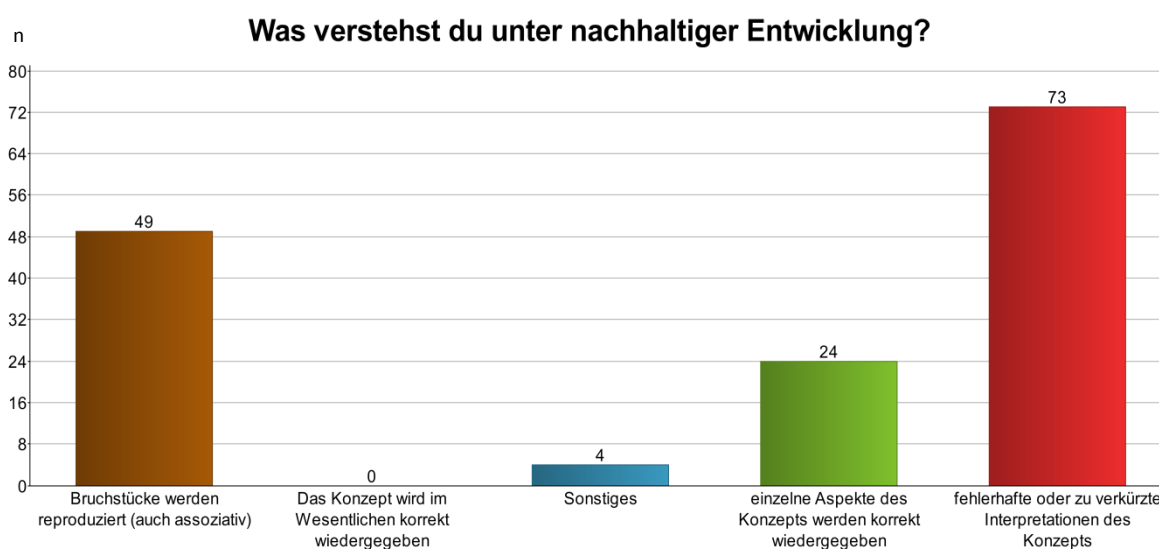
Vor dem Hintergrund der ausgeprägt antagonistischen Sicht der Schüler/-innen auf Chemie und Natur könnte also eine stärkere kognitive und emotionale Verknüpfung beider Konzepte einen vielversprechenden Interventionsansatz für den Chemieunterricht darstellen. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit das Unterrichtskonzept ...*natürlich* Chemie! entwickelt.

Unterricht in diesem Zusammenhang soll

- (1) losgelöst von industriell-technischen Kontexten in naturbezogenen Kontexten,
- (2) in der Natur bzw. in naturnaher Umgebung und
- (3) als kontextorientiertes Konzept didaktisch-methodisch angelehnt an CHI<sub>K</sub> stattfinden.

Da die Natur als stoffliche Grundlage unserer Lebensbedingungen in den Blick genommen wird, können hierbei zugleich Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) leicht integriert werden. Diese Integration ist einerseits gesellschaftlich und politisch gefordert, andererseits zeigen Forschungsbefunde, dass hier Handlungsbedarf besteht: Obwohl BNE schon seit Jahren

Bestandteil des Schulunterrichts sein soll, haben die wenigsten Schüler/-innen eine Vorstellung von dem zugrundeliegenden Konzept oder ein Bewusstsein für entsprechende Bildungsmaßnahmen (z.B. Brämer 2010). Untermauert wird dies durch einen weiteren Befund der oben beschriebenen eigenen Untersuchung, bei der die Schüler/-innen auch um eine Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“ gebeten wurden. Hier zeigte sich, dass kein Schüler eine korrekte Definition des Begriffs geben konnte; nur wenige konnten zumindest einzelne Aspekte korrekt wiedergeben, wie Abbildung 29 zeigt.



**Abbildung 29: Einordnung der Schülerantworten bei der Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“**

Hier kann ...*natürlich* Chemie! einen wichtigen Beitrag zur Integration von BNE in den Schulunterricht leisten – einerseits durch den Erwerb von Gestaltungskompetenz bei der Thematisierung und Diskussion geeigneter Problemkomplexe, andererseits durch Schaffung von Naturerfahrungen, die zu Naturverbundenheit und so zur Bereitschaft für nachhaltiges Handeln führen können. Denn obwohl die Gelingensbedingungen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung nicht endgültig geklärt sind, deutet eine Vielzahl an Forschungsergebnissen darauf hin, dass mannigfaltige positive Naturerfahrungen zu Naturverbundenheit und damit zu Bereitschaft zu ökologischem Verhalten (z.B. Langeheine/Lehmann 1986, Bögeholz 1998, Kals 1998, Kaiser 1999, Roczen 2011) bzw. dem Bestreben, Biodiversität zu erhalten (Bögeholz 2006), beitragen können. Diese Bereitschaft stellt eine starke Motivation, vielleicht sogar eine notwendige Voraussetzung zum Gelingen einer BNE dar.

Ein Chemieunterricht mit naturbezogenen Kontexten und in naturnaher Umgebung könnte also in verschiedener Hinsicht gewinnbringend sein: Er könnte dazu beitragen, das Interesse an Chemie



zu wecken bzw. zu erhalten, der antagonistischen Sicht auf Chemie und Natur vorzubeugen, die Sicht auf Chemie um naturnahe Aspekte dieses Faches zu erweitern sowie ein Problembewusstsein für Aspekte nachhaltiger Entwicklung und eine Handlungsbereitschaft zur Initiierung bzw. Unterstützung derartiger Prozesse anzubahnen.

Das Unterrichtskonzept *...natürlich Chemie!* stellt einen konkreten Vorschlag für einen derartigen Unterricht dar. In dieser Arbeit wurde die Entwicklung dreier Module für *...natürlich Chemie!* geschildert: (1) *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur*, (2) *Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie* und (3) *Die Milch macht's! – Ja was denn?*.

Kontexte von *...natürlich Chemie!* sollen fachwissenschaftlich ergiebig, naturbezogen, zumindest partiell naturnah umsetzbar, alltagsnah und für Jugendliche bedeutsam sein. Die drei ausgewählten Themen erfüllen diese Bedingungen in besonderer Weise: Honig und Milch sind den Jugendlichen bestens bekannte Naturprodukte; eine Vielzahl moderner Wirkstoffe der Pharmazie stammen ursprünglich aus der Natur. Alle drei lassen sich in die von ROSE als für Schüler/-innen interessant identifizierten Kontexte Jugend und Gesundheit einordnen. Fachwissenschaftlich können wesentliche Kompetenzen in den Basiskonzepten chemische Reaktion und Struktur der Materie sowie prozedurale und kommunikative Kompetenzen erarbeitet bzw. angebahnt werden.

An zentralen Stationen kann der Unterricht in eine naturnahe Umgebung verlagert und es können immer wieder Aspekte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung integriert werden. Dabei sind die Materialien so gestaltet, dass sie von Lehrkräften in Übereinstimmung mit dem Lehrplan flexibel und situationsorientiert eingesetzt werden können. So soll eine möglichst breite Applikation im Schulunterricht ermöglicht werden. Gleichzeitig bedeutet die ausführlich diskutierte Beschränkung auf ein Modul pro Schuljahr, dass andere wichtige Aspekte eines allgemeinbildenden Chemieunterrichts (z.B. industriell-technische Prozesse) nicht vernachlässigt werden.

Mit der Einheit *Zu Risiken und Nebenwirkungen... – Medizin aus der Natur* werden, ausgehend von der historisch belegten Gewinnung von Salicylverbindungen aus den Blüten des Mädesüß, Grundlagen von Schmerzen und Schmerzbekämpfung sowie die Herstellung von Acetylsalicylsäure in Experiment und Modell erarbeitet. Mit der Schilderung der Wirkstoffsuche in der Medizin zur Entwicklung neuer Medikamente wird ein Bezug zu aktuellen Forschungsfragen geschaffen, der den Jugendlichen die Bedeutsamkeit der Naturwissenschaft Chemie für Alltag und Gesellschaft aufzeigen kann. In diesem Zusammenhang lassen sich über die Thematisierung der Bedeutsamkeit

maritimer und tropischer Biodiversität für die aktuelle Medikamentenforschung und die damit verbundenen ökologischen, ökonomischen und sozialen Implikationen leicht Aspekte einer BNE integrieren.

Der Besuch eines Imkerstandes bildet den Einstieg in das Modul *Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie*. Hier werden erste Honigproben hinsichtlich fachchemisch interessanter Inhaltsstoffe untersucht. Diese Untersuchung wird in den folgenden Unterrichtsstunden vor dem Hintergrund praxisnaher Fragen vertieft. So erforschen die Schüler/-innen beispielsweise, inwieweit heißer Tee mit Honig als Hausmittel bei Erkältungskrankheiten nützlich ist, wie Honig als Konservierungsmittel für Speisen bzw. bei Begräbnisriten genutzt wurde, was die feste oder cremige Konsistenz des Honigs bedingt oder welche Besonderheiten der Zucker beim Honig beobachtet werden können. Die immer wieder in den Medien thematisierte Problematik des weltweit zunehmenden Bienensterbens bildet die Grundlage für die Diskussion entsprechender Aspekte von Nachhaltigkeit in der Honigproduktion.

Auch bei der Einheit *Die Milch macht's! – Ja was denn?* bildet die Untersuchung der Inhaltsstoffe den Ausgangspunkt des Moduls. Nach der Identifizierung der Inhaltsstoffe werden diese hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit für unsere Gesellschaft bzw. ihre Auswirkungen auf die Eigenschaften von Milch analysiert. Die Schüler/-innen erfahren, warum Milch weiß ist, welche Verbindung es zwischen Milch und Plastik gibt, warum Milch homogenisiert werden muss und welche Rolle Milch für eine gesunde Ernährung spielen kann. In der Sekundarstufe I bilden die Bedingungen der Milchproduktion den Ausgangspunkt für die Thematisierung von Aspekten von Nachhaltigkeit. In der Sekundarstufe II wird in diesem Zusammenhang zusätzlich intensiv auf Herstellung, Verwendung und Abbau biologisch abbaubarer Werkstoffe am Beispiel von Kunststoffen aus Polymilchsäure eingegangen.

Für die Zukunft ergeben sich verschiedene interessante Forschungsaspekte.

Zum einen handelt es sich bei dieser Arbeit zunächst um einen eher explorativen Ansatz, der einen Ermöglichungszusammenhang aufzeigt. Die aus der Forschung angenommenen positiven Wirkungen eines Unterrichts nach dem Konzept *...natürlich Chemie!* sollten in einem nächsten Schritt in einer längerfristig angelegten begleitenden Studie erforscht werden.

Hierfür könnte man zwei Schülergruppen über einen längeren Zeitraum begleiten, die vergleichend partiell nach *...natürlich Chemie!* und nach einem ähnlich ausgerichteten, nicht

naturnahen Konzept (z.B. entsprechende Module von *CHiK*) unterrichtet werden. So könnte getestet werden, ob der Antagonismus zwischen Chemie und Natur eine Änderung erfährt, ob das Konzept BNE deutlicher und korrekter erinnert wird und ob Naturverbundenheit ausgebildet werden kann.

In diesem Zusammenhang könnte auch untersucht werden, inwieweit eine Verbindung zwischen unterschiedlich stark ausgeprägter Naturverbundenheit und einer Kompetenz im Bereich Bildung für nachhaltige Entwicklung besteht – aufgrund der geringen Naturverbundenheit und der sehr schwachen Kompetenz im Bereich BNE konnten dazu aus der vorliegenden Studie keine relevanten Aussagen abgeleitet werden.

Zum anderen erscheint es lohnenswert, weitere Module für ...*natürlich* Chemie! zu entwickeln, um den Lehrkräften eine lerngruppen- und situationsoptimierte Auswahl für ihren Unterricht zu ermöglichen. Interessante Themen könnten dabei beispielsweise Farbstoffe aus der Natur in Verbindung mit den sozialen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen verschiedener Färbeverfahren oder die Gewinnung und Verwendung von Saponinen aus Pflanzen als Waschmittel in Verbindung mit der Problematik der großtechnischen Gewinnung von Tensiden auf Palmkernölbasis sein.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es mit den bisher erarbeiteten Materialien möglich ist, einen naturnahen und naturbezogenen Chemieunterricht zu gestalten, der den didaktisch-methodischen Anforderungen an einen modernen Chemieunterricht gerecht wird und eine erfolgsversprechende Intervention im aufgezeigten Problemzusammenhang darstellen kann. Dies deutet auch die starke positive Resonanz an, auf die das Unterrichtskonzept und die entwickelten Materialien bei den verschiedentlich erfolgten Vorstellungen des Konzeptes vor Fachpublikum oder in Fachzeitschriften stießen.<sup>58</sup>

Mit diesem Konzept sollte es so möglich sein, Schüler/-innen die komplexen Beziehungen zwischen Natur, Chemie, Gesellschaft und Industrie nahezubringen und die Bedeutung der Chemie für unser Leben und das Leben zukünftiger Generationen aufzuzeigen, wie es schon MARKL in einem Zeitungsartikel aus dem Jahre 1991 eindrücklich formulierte:

„[Die Chemie] erschließt uns Kenntnisse über die Stoffe, aus denen die Gestirne sind, bis hin zu den Substanzen, die Gehirne instand setzen, über die Welt und sich selbst nachzudenken. Ob das alles nur auf Chemie beruht, sei dahingestellt. Aber dass wir nichts in der sinnlich

---

<sup>58</sup> Seit 2012 wurde das Konzept auf verschiedenen Fachtagungen in Form von Vorträgen oder Postern vorgestellt und in entsprechenden Tagungsbänden sowie in Fachzeitschriften erörtert (z.B. Krischer et al. 2013, Krischer et. al 2014 a/b/c/d/e, Gröger et al. 2014).

erfahrbaren Welt wirklich verstehen, wenn wir nicht auch dessen stoffliches Substrat begreifen, das darf als ausgemacht gelten. [...]

Alles Leben auf unserem Planeten ist viel zu chemisch-natürlich, um nicht von dieser Natürlichkeit genauso gefördert wie bedroht werden zu können. Es bedarf der Einsicht in diese Zusammenhänge, wenn wir im Spannungsfeld zwischen Nutzen und Schaden auch künftig vernünftig wählen und handeln wollen. Nicht weniger Chemie, sondern besseres Verständnis der chemischen Grundlagen unseres Daseins und der Möglichkeiten, die sie uns bieten, muss daher das Ziel sein.“

## Literaturverzeichnis

- Anastas, P. T.; Warner, J.C. (1998): Green Chemistry: Theory and practice, Oxford.
- Anton, Michael A.; Vetrovsky, Christian (2008 a): Vom Naturerleben zur Naturwissenschaft. Motivationstransfer vom Sach- zum Fachinteresse, in: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule 3 (57), S. 32 – 34.
- Anton, Michael A.; Vetrovsky, Christian (2008 b): Vom Naturerleben über Sport zur Naturwissenschaft – Interessenförderung durch Motivationstransfer, in: Dietmar Höttecke (Hg.): Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Essen 2007, Berlin, S. 332 - 334.
- Arnold, Karin; Dietrich, Volkmar (Hg.) (2008): Fokus Chemie. Band 1. Gymnasium Nordrhein-Westfalen, Berlin.
- Bader, H.J. (2003): Nachhaltigkeit und nachhaltiges Arbeiten im Chemieunterricht, in: Praxis der Naturwissenschaften vereinigt mit Chemie in der Schule 52 (8), 2003, S. 16 – 20.
- Barke, Hans – Dieter; Harsch, Günther (2000): Image von Chemie und Chemieunterricht, in: Chemie in unserer Zeit 34 (1), 2000, S. 17 – 23.
- Barke, Hans – Dieter; Harsch, Günther (2001): Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis, Springer: Berlin.
- Beller, Matthias (2009): Nachhaltige Chemie – eine Schlüsseltechnologie für das 21. Jahrhundert, in: Gesellschaft Deutscher Chemiker (Hg.): HighChem hautnah. Aktuelles zur Nachhaltigen Chemie, Frankfurt a.M., S. 4f.
- Bennett, Judith; Hoghart, Sylvia (2009): Would You Want to Talk to a Scientist at a Party? High school students' attitudes to school science and to science, in: International Journal of Science Education 31 (14), 2009, S. 1975 – 1998.
- Bergler, Reinhold (1975): Das Eindrucksdifferential. Theorie und Technik. Bern: Hans Huber.
- Blawat, Katrin (2011): Biologisch abbaubarer Kunststoff. Eine saubere Alternative? Artikel in der Süddeutschen Zeitung vom 13. Mai 2011, abrufbar unter <http://www.sueddeutsche.de/wissen/biologisch-abbaubarer-kunststoff-eine-saubere-alternative-1.1097154> (Stand 06.08.2014).
- Bögeholz, Susanne; Leske, Sylvia (2006): Biologische Vielfalt regional und weltweit erhalten – Zur Bedeutung von Naturerfahrung, Interesse an der Natur, Bewusstsein über deren Gefährdung und Verantwortung, in: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 14, S. 167-184.
- Bögeholz, Susanne; Mayer, Jürgen (1998): Haben Naturerfahrungen Einfluß auf ökologisches Handeln?, in: Horst Bayrhuber u.A. (Hg.): Biologie und Bildung(Tagungsband), Kiel: IPN, S.355 – 359.

- Bogner, Franz X. (2011): Förderung umweltspezifischer Handlungs- und kognitiv-emotionaler Kompetenzen: Erfassung und Modellierung der Kompetenzstruktur in der Umweltbildung, in: Kurt Messmer (Hg.): Außerschulische Lernorte – Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften, Zürich, S. 109 – 134.
- Bolte, Claus; Gräber, Wolfgang; Neumann, Anja; Tiemann, Stefan (2005): Naturkosmetik aus der Ostsee. Das ParIS – Kiel - Projekt, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 16 (87), 2005, S. 18 - 23.
- Bolte, Claus; Schulte, Theresa (2014): Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten, in: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht (67), 6, S. 370 – 376.
- Borrows, Peter (2006): Chemistry outdoors, in: School Science Review 87 (320), 2006, S. 23 – 31.
- Brämer, Rainer (2010): Natur: Vergessen? Erste Befunde des Jugendreports 2010, Bonn/Marburg.
- Braungart, Michael (2014): Interview, „Nur weniger schädlich sein zu wollen, ist ein Armutszeugnis“, in: Nachrichten aus der Chemie, 62, S. 37f.
- Braungart, Michael; McDonough, William (1998): The NEXT Industrial Revolution, in: The Atlantic, Oktober 1998, abrufbar unter <http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1998/10/the-next-industrial-revolution/304695/> (Stand 17.12.2014).
- Braungart, Michael; McDonough, William; Bollinger, Andrew (2007): Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design, in: Journal of Cleaner Production, 15, S. 1337 – 1348.
- Brockhaus, F.A. (2011): Der Brockhaus in einem Band, 14., neu überarbeitete Auflage, Gütersloh.
- Buck, Peter, Kranich, Ernst-Michael (1995): Auf der Suche nach dem erlebbaren Zusammenhang. Übersehene Dimensionen der Natur und ihre Bedeutung, Beltz-Verlag: Weinheim.
- Bühner, Markus (2011): Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion, 3. aktual. und erw. Aufl., München u.A.
- Burmeister, Mareike; Rauch, Franz; Eilks, Ingo (2012a): Bildung für nachhaltige Entwicklung durch Chemieunterricht. Theorie und Praxis - TEIL 2, in: Chemie & Schule 27 (3), S. 11 – 16.
- Burmeister, Mareike; Rauch, Franz; Eilks, Ingo (2012b): Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, in: Chemistry Education Research and Practice (13), S. 59 – 68.

- Chawla, Louise (2006): Learning to love the natural world enough to protect it, in: *Barn* (2), S. 57 – 78.
- Cheng, Judith Chen-Hsuan; Monroe, Martha C. (2010): Connection to Natur: Children's Affective Attitude Toward Natur, in: *Environment and Behavior* 20 (10), S. 1 – 19.
- Cheung, Derek (2009): Developing a Scale to Measure Students' Attitudes toward Chemistry Lessons, in: *International Journal of Science Education* 31 (16), S. 2185 – 2203.
- Ciompi, Luc (2001): Affektlogik, affektive Kommunikation und Pädagogik. Eine wissenschaftliche Neuorientierung, Gekürzte Fassung aus: Unterweger, E./Zimprich, V. (Hrsg.) (2001): *Braucht die Schule Psychotherapie?* Wien, S. 3 ff, abrufbar unter [www.die-bonn.de/doks/ciompi0301.pdf](http://www.die-bonn.de/doks/ciompi0301.pdf).
- Deifel, Anton (1989): Die Chemie des Honigs, in: *Chemie in unserer Zeit* 23 (1), S. 25 – 33.
- Deifel, Anton (1994): "Heißer Tee mit Honig" - Wirkstoffe in einem alten Hausrezept, in: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie* (8), S. 34 – 37.
- Demuth, Reinhard; Parchmann, Ilka; Ralle, Bernd (Hg.) (2006): *Chemie im Kontext. Sekundarstufe II*, Berlin.
- Di Fuccia, David; Schellenbach-Zell, Judith; Ralle, Bernd (2007): Chemie im Kontext. Entwicklung, Implementation und Transfer einer innovativen Unterrichtskonzeption, in: *MNU* 60 (5), S. 274 – 282.
- Dierks, Pay Ove; Höffler, Tim; Parchmann, Ilka (2014): Interesse von Jugendlichen an Naturwissenschaften. Ist es wirklich so schlecht wie sein Ruf?, in: *Chemkon* 21 (3), S. 111 – 116.
- Dietrich, Volkmar (1997): Das Thema „Farben“ im naturwissenschaftlichen Unterricht der S I, in: *Chemie in der Schule* 44 (10), S. 366 – 371.
- Dietrich, Volkmar (2002): Färben mit Pflanzen – Färberpflanzen im Schulgarten, in: *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht* 55 (7), S. 428 – 431.
- Dunlap, Riley E. (2008): The New Environmental Paradigm Scale: From Marginality to Worldwide Use, in: *The journal of environmental education* 40 (1), S. 3 – 18.
- Dunlap, Riley E.; Van Liere, Kent D.; Mertig, Angela G.; Jones, Robert Emmet (2000): Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm: A Revised NEP-Scale, in: *journal of Social Issues*, Heft 56/3, S. 425 – 442.
- Eilks, Ingo; Burmeister, Mareike; Jokmin, Sebastian (2011): Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht, in: *Chemkon* 18 (3), S. 123 – 128.
- Eilks, Ingo; Feierabend, Timo; Hößle, Corinna; Höttecke, Dietmar; Menthe, Jürgen; Mrochen, Maria; Oelgeklaus, Helen (Hg.) (2011): *Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht*, Aulis-Verlag.

- Eissen, Marco; Metzger, Jürgen; Schmidt, Eberhard, Scheidewind, Uwe (2002): 10 Jahre nach „Rio“ – Konzepte zum Beitrag der Chemie zu einer nachhaltigen Entwicklung, in: *Angewandte Chemie* 114 (3), S. 402 – 425.
- Elster, Doris (2007): Interessante und weniger interessante Kontexte für das Lernen von Naturwissenschaften, in: *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht* 60 (4), S. 243 – 249.
- Falk, John H.; Dierking, Lynn D. (1997): School Field Trips: Assessing Their Long-Term Impact. In: *Curator: The Museum Journal* 40 (3), S. 211-218.
- Fischer, Hermann (2012): *Stoff-Wechsel. Auf dem Weg zu einer solaren Chemie für das 21. Jahrhundert*, München.
- Galey, Jean-Claude (2002): Der Mensch in der Natur, in: Andre Gingrich, Elke Mader (Hg.): *Metamorphosen der Natur. Sozialanthropologische Untersuchungen zum Verhältnis von Weltbild und natürlicher Umwelt*, Wien u.A., S. 161 – 181.
- Gebhard, Prof. Dr. Ulrich (2010): Wie wirken Natur und Landschaft auf Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität?, in: Bundesamt für Naturschutz (Hg.): *Konferenzdokumentation Naturschutz und Gesundheit. Allianzen für mehr Lebensqualität*, Bonn, S. 25 – 31.
- Gingrich, Andre; Mader, Elke (2002): Der Elefant im Garten. Einleitende Bemerkungen, in: Andre Gingrich, Elke Mader (Hg.): *Metamorphosen der Natur. Sozialanthropologische Untersuchungen zum Verhältnis von Weltbild und natürlicher Umwelt*, Wien u.A., S. 7 – 30.
- Gräber, Wolfgang; Gräber, Karin; Neumann, Anja; Tergan, Sigmar-Olaf (2005): Partnerschaft Industrie und Schule (ParIS). Selbstständiges bearbeiten authentischer Fragestellungen im Chemieunterricht, in: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 16 (87), S. 12 – 17.
- Gröger, Martin; Krischer, Daniela; Spitzer, Philipp (2014): Chemieunterricht? Draußen!, in: *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* (25), Nr. 144, S. 2 - 7.
- Groh, Dieter und Ruth (1994): Natur als Maßstab – eine Kopfgeburt, in: Günther Holzboog: *Zum Naturbegriff der Gegenwart. Kongreßdokumentation zum Projekt „Natur im Kopf“* Stuttgart, 21. – 26. Juni 1993, Band 2, Stuttgart, S. 15 – 37.
- Gudjons, Herbert (1997): *Handlungsorientiert Lehren und Lernen. Schüleraktivierung – Selbsttätigkeit – Projektarbeit*, 5. überarb. u. erw. Aufl., Bad Heilbrunn.
- Gunacker, Ernst; Lex, Ekkehard (1999): Einstellungen der Schüler zur Physik/Chemie und zum Physik/Chemieunterricht, in: *Chemie & Schule: Fach- und Publikationsorgan des Verbandes der Chemielehrer Österreichs* (1), S. 1 – 6.
- Haan, Gerhard de; Harenberg, Dorothee (1999): *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Gutachten zum Programm*, Bonn.



- Harbach, Andrea; Fechner, Sabine; Sumfleth, Elke (2012): Problemorientierung und Vernetzung in Kontextbasierten Lernaufgaben, in: Sascha Bernholt (Hg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung. Jahrestagung in Oldenburg 2011, Berlin.
- Hascher, Teresa (2005): Emotionen im Schulalltag: Wirkungen und Regulationsformen, in: Zeitschrift für Pädagogik 51 (5), S. 610-625.
- Hatzinger, Reinhold; Nagel, Herbert (2009): PASW Statistics. Statistische Methoden und Fallbeispiele, München.
- Hauff, Volker (1987): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Greven.
- Heidinger, Christine; Amon, Heidemarie; Walter-Draxler, Veronika (2014): Pollen im Zeugenstand. Authentisches Forschendes Lernen im Feld der Forensischen Palynologie. Unterrichtseinheit aus dem Projekt PROFILES, in: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht (67), 6, S. 328 – 332.
- Heimann, Rebekka; Harsch, Günther (1999): Untersuchungen von Kohlenhydraten in Pflanzen, in Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht 52 (4), S. 226 – 232.
- Hermanns, Jolanda (2012): Lactose-Intoleranz. Ein Einstieg in das Thema Zucker, in: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 61 (1), S. 41 – 45.
- Herzmann, P.; Artmann, M.; Rabenstein, K. (2011): Forschungen zum fächerübergreifenden Unterricht in der Sekundarstufe I und II: Ausgangspunkte, Befunde und Perspektiven, in: Michaela Artmann, Petra Hermann, Kerstin Rabenstein (Hg.): Das Zusammenspiel der Fächer beim Lernen. Fächerübergreifender Unterricht in der Sekundarstufe I und II: Forschung, Didaktik, Praxis, Bd. 11, Immenhausen, S. 23 – 45.
- Heymann, Hans Werner (1997). Zur Einführung: Allgemeinbildung als Aufgabe der Schule und als Maßstab für Fachunterricht. In: Ders.(Hg.): Allgemeinbildung und Fachunterricht, Hamburg, S. 7-17.
- Hoffmann, Roald (1990): Chemie, Demokratie und eine angemessene Antwort auf die Umweltprobleme, in: Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium 38 (7/8), S. 836 – 842.
- Hoyt, W. A. (1894): The Love of Nature as the Root of Teaching and Learning the Sciences, in: The Pedagogical Seminary 3 (1), S. 61 – 86.
- Huntemann, Heike; Parchmann, Ilka (2000): Biologisch abbaubare Kunststoffe. Einordnung in ein neues Konzept für den Chemieunterricht, in: CHEMKON 7 (1), S. 15 – 21.
- IGES Institut GmbH (2013): Arzneimittel-Atlas. Für einen realistischen Blick auf den Arzneimittelmarkt, Berlin. Übersicht über die wichtigsten Befunde, abrufbar unter <http://www.arzneimittel-atlas.de/e4149/> (Stand 20.02.2014)

- Ingold, Tim (2002): Jagen und Sammeln als Wahrnehmungsformen der Umwelt, in: Andre Gingrich, Elke Mader (Hg.): Metamorphosen der Natur. Sozialanthropologische Untersuchungen zum Verhältnis von Weltbild und natürlicher Umwelt, Wien u.A., S. 69 – 101.
- Janich, Peter u.A. (Hg.) (1996): Natürlich, technisch, chemisch. Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie, Berlin.
- Kaiser, Florian G. (1999): Environmental attitude and ecological behaviour, in: Journal of Environmental Psychology 19, S. 1 – 19.
- Kaiser, Florian G. (2007): Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents, in: Journal of Environmental Psychology 27, S. 242 - 251.
- Kals, Elisabeth (1998): Naturerfahrungen, Verbundenheit mit der Natur und ökologische Verantwortung als Determinanten naturschützenden Verhaltens, in: Zeitschrift für Sozialpsychologie, Heft 29/1, S. 5 – 19.
- Kals, Elisabeth; Schumacher, Daniel; Montada, Leo (1999): Emotional affinity toward nature as a motivational basis to protect nature, in: Environment and Behavior 31 (2), S. 178 – 202.
- Karger, Cornelia (1996): Natürlichkeit und Chemie – ein Gegensatz in der öffentlichen Wahrnehmung?, in: Peter Janich, Christoph Rüchardt (Hg.): Natürlich, technisch, chemisch. Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie, Berlin, S. 152 – 167.
- Kekulé, August (1861): Lehrbuch der organischen Chemie oder der Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Erster Band, Erlangen.
- Klafki, Wolfgang (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik, 6. Auflage, Weinheim/Basel.
- Krapp, Andreas (2005): Emotion und Lernen - Beiträge der Pädagogischen Psychologie. Einführung in den Thementeil, in: Zeitschrift für Pädagogik 51 (5), S. 603 – 609.
- Krischer, Daniela; Gröger, Martin (2013): Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten - eine Konzeptidee, in: Sascha Bernholt (Hg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012, S. 563 - 565, Kiel: IPN.
- Krischer, Daniela; Gröger, Martin (2014a): ...natürlich Chemie! – Phänomene draußen chemisch erforschen. Ein Konzept für den Chemieunterricht der Sekundarstufen I und II, in: Sascha Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013, S. 399 - 401, Kiel: IPN.
- Krischer, Daniela; Gröger, Martin (2014b): Chemie und Natur, in: Sascha Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013, S. 396 - 398, Kiel: IPN.

- Krischer, Daniela; Gröger, Martin (2014c): Medizin aus der Natur - ein Modul im Rahmen von "...natürlich Chemie!", in: Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie (25), Nr. 144, S. 8 - 14.
- Krischer, Daniela; Gröger, Martin (2014d): Süß und spannend! Honig im Fokus der Chemie. Ein alltäglicher Stoff im Rahmen eines naturnahen Chemieunterrichts, in: Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie (25), Nr. 144, S. 15 – 21.
- Krischer, Daniela; Spitzer, Philipp; Gröger, Martin (2014e): ...natürlich Chemie! Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten, in: Markus M. Müller, Ingrid Hemmer, Martin Trappe (Hg.): Nachhaltigkeit neu denken. Rio + X: Impulse für Bildung und Wissenschaft, S.251 - 256, München: oekom.
- Kuckartz, Udo (2012): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung, Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Labudde, P. (2006): Fachunterricht und fächerübergreifender Unterricht: Grundlagen, in: Karl-Heinz Arnold (Hg.): Handbuch Unterricht, Heilbronn, S. 441 – 448.
- Landesvereinigung Der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V. (2003): Projekt Milch Sek I. Eine Vernetzung interaktiver und fächerübergreifender Projektmodule für die Sekundarstufe I, Düsseldorf.
- Langeheime, Rolf; Lehmann, Jürgen (1986): Die Bedeutung der Erziehung für das Umweltbewusstsein, Kiel.
- Lehmann, Dorothea; Pfeifer, Peter (1995): Färben von Naturfasern und synthetischen Fasern mit Naturfarbstoffen, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 6 (26), S. 26 – 29.
- Lehmann-Riekert, Achim (1999): Chemie und Öffentlichkeit – der (leicht) gestörte Frieden, in: Nachr.Chem.Tech.Lab. 47 (7), S. 797 – 800.
- Liebermann, Gerald A; Hoody, Linda L. (1998): Executive Summary. Closing the achievement gap. Using the Environment as an Integrating Context for Learning, San Diego. verfügbar unter [www.seer.org](http://www.seer.org) (Stand 20.02.2014)
- Lößner, Marten (2010): Konfliktfeld Biodiversität – Ein Thema für den Geographieunterricht! in: Schürfer, G., Schwarz, I. (HG.): Globales Lernen. Ein geographischer Diskursbeitrag. Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft, Bd. 4, Münster, S. 165-180.
- Lößner, Marten (2012): Konfliktfeld Biodiversität: zwischen Auslöschung und Milliarden Gewinnen?! in: Fassmann, H.; Glade, T. (Hg.): Geographie für eine Welt im Wandel. 57. Deutscher Geographentag 2009 in Wien, Göttingen, S. 299-313.
- Ma, Xin; Bateson, David J. (1999): A Multivariate Analysis of the Relationship Between Attitude Toward Science and Attitude Toward the Environment, in: The Journal of Environmental Education 31 (1), S. 27 – 32.

- Manoli, Constantinos C.; Johnson, Bruce; Dunlap, Riley E. (2007): Assessing Children's Environmental Worldviews: Modifying and Validating the New Ecological Paradigm Scale for Use With Children, in: The Journal of Environmental Education 38 (4), S. 3 – 13.
- Markl, Hubert (1989): Die ökologische Wirklichkeit, in: Rudolf Wildenmann (Hg.): Stadt, Kultur, Natur. Chancen zukünftiger Lebensgestaltung, Baden – Baden, S.72 – 89.
- Markl, Hubert (1991): Die Natürlichkeit der Chemie. Über das modische Misstrauen in die Chemie und die Sehnsucht nach sanfter Natürlichkeit. Artikel in der Zeit vom 06.12.1991, abrufbar unter <http://www.zeit.de/1991/50/die-natuerlichkeit-der-chemie/komplettansicht> (Stand 02.07.2014).
- Mayer, F. Stephan; McPherson Frantz, Cynthia (2004): The connectedness with nature scale: A measure of individuals' feeling in community with nature, in: Journal of Environmental Psychologie 24(4), S. 503 – 151.
- Merzyn, Gottfried (2008): Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern und das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen, Baltmannsweiler.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008): Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie, Frechen.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013): Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie, Düsseldorf.
- Mittelstraß, Jürgen (2001): Für und wider eine Wissensethik, in: Ders., Wissen und Grenzen. Philosophische Studien, Frankfurt am Main.
- Mittelstraß, Jürgen (2014): Chemie und Kultur, in: Nachrichten aus der Chemie (62), 09, S. 839.
- Moegling, K. (2010): Kompetenzaufbau im fächerübergreifenden Unterricht. Förderung vernetzten Denkens und komplexen Handelns, Immenhausen.
- Morlang, Silke (2006): Medikamente. Informationen zur Suchtvorbeugung, Mülheim an der Ruhr. Abrufbar unter <http://www.ginko-stiftung.de/landeskoordination/Downloads.aspx> (Stand 20.02.2014).
- Müller, Markus (2003): Biologisch abbaubare Kunststoffe, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 56 (2), S. 103 – 105.
- Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie (1996): Themenheft „Milch“, 7. Jg., Heft 33.
- Osborne, Jonathan; Simon, Shirley; Collins, Sue (2003): Attitudes towards science: A review of the literature and its implications, in: International Journal of Science Education 25 (9), S. 1049 – 1079.

- Pädagogisches Zentrum Berlin (1989): Sek I. Chemie. Curriculare Entwicklungen zum Kurs. MILCH, Berlin.
- Parchmann, Ilka ; Gräsel, Cornelia (2004): Die Entwicklung und Implementation von Konzepten situierten, selbstgesteuerten Lernens, in: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: ZfE/ Beiheft 3 (7), S. 171 – 184.
- Parchmann, Ilka; Demuth, Reinhard; Ralle, Bernd; Huntemann, Heike (2001): Chemie im Kontext – Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten, in: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 1 (50), S. 2 – 7.
- Parchmann, Ilka; Huntemann, Heike; Paschmann, Antje; Ralle, Bernd (1999): Chemie im Kontext – ein neues Konzept für den Chemieunterricht? Darstellung einer kontextorientierten Konzeption für den 11. Jahrgang, in: Chemkon 6 (4), S. 191 – 196.
- Parchmann, Ilka; Menthe, Jürgen (2006): Von Anfang an. Nachhaltigkeit durch Chemieunterricht, in: Michael Angrick u.A.(Hg.): Nachhaltige Chemie. Erfahrungen und Perspektiven, Marburg, S. 115 – 128.
- Peters, Heide; Giese, Daniel, Müller-Balhorn (2013): Ein Bild von Wissenschaft und Forschung vermitteln. Jugend forscht und die Internationale JuniorScienceOlympiade, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 24 (136), S. 18 – 25.
- Pfeiffer, Peter; Lutz, Bernd; Bader, Hans Joachim (2002): Konkrete Fachdidaktik Chemie, 3. Neubearb. Aufl., München.
- Pirincci, Melda (2009): Acetylsalicylsäure als Leitsubstanz durch den Chemieunterricht von Klasse 7 bis zum Abitur. Dissertation, Duisburg.
- Pooley, Julie Ann; O’Connor, Moira (2000): Environmental education and attitudes. Emotions and beliefs are what is needed, in: Environment and Behavior 32 (5), S. 711 – 723.
- Programm Transfer 21 (2007): Orientierungshilfe Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I. Begründungen, Kompetenzen, Aufgabenbeispiele, Berlin.
- Ramsden, Judith M. (1998): Mission impossible?: Can anything be done about attitudes to science?, in: International Journal of Science Education 20 (2), S. 125 – 137.
- Ratermann, Martin (2001): Was Tiere bunt macht – Farbstoffe in der Nahrung, in: Chemkon 8 (3), S. 149 – 153.
- Ratermann, Martin (2012): Chemie mit dem Wirkstoff der Aspirin-tablette. Eine praktische Aufgabe für Unterricht und Klausuren, in: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 61 (5), S. 32 – 35.
- Rehm, Markus; Bündler, Wolfgang; Haas, Tilmann; Buck, Peter; Labudde, Peter; Brovelli, Dorothee; Østergaard, Edvin; Rittersbacher, Christa; Wilhelm, Markus; Genseberger, Rupert;

- Svoboda, Gregor (2008): Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science, in: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (14), S. 99 – 124.
- Remus, Ludger (2005): PLA aus Milchsäure. Ein Kurzversuch für die Sek. I, in: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 54 (4), S. 44 – 47.
  - Roczen, Nina (2011): Environmental competence. The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior, Eindhoven.
  - Roczen, Nina; Kaiser, Florian G.; Bogner, Franz X. (2010): Umweltkompetenz - Modellierung, Entwicklung und Förderung. Projekt Umweltkompetenz, in: Eckhard Klieme u.A. (Hg.): Zeitschrift für Pädagogik, 56. Beiheft: Kompetenzmodellierung, Weinheim, S. 126 – 134.
  - Salta, Katerina; Tzougraki, Chryssa (2004): Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece, in: Science Education 88 (4), S. 535 – 547.
  - Sauerborn, Petra; Brühne, Thomas (2012): Didaktik des außerschulischen Lernens, Baltmannsweiler.
  - Schanze, Sascha; Eisentraut, Patrick (2009): Die Chemie und Physik des Latte macchiato, in: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 58 (6), S. 21 – 25.
  - Scharf, Volker (2012): Konzepte für den Chemieunterricht im Sekundarbereich I – eine Übersicht, in: Kurt Freytag, Roland Meloefski, Volker Scharf, Eberhard Thomas: Handbuch des Chemieunterrichts. Sekundarbereich I. Band 1: Ziele und Wege, Hallbergmoos 2012, Kap. 8.
  - Scharf, Volker; Werth, Stefan (1989): Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich?, in: Chemica Didactica (15), S. 55 – 70.
  - Scharf, Volker; Werth, Stefan (1991): Studien zum komplexen Beziehungsgefüge "Mensch" - "Chemie" - "Natur": "Chemie" und "Natur" ein Antagonismus auch für Chemiestudenten?, in: Chemica Didactica (17), S. 68 - 82.
  - Schinnerl, Johann; Huber, Werner; Brecker, Lothar (2014): Naturstoffe aus dem „Regenwald der Österreicher“, in: Nachrichten aus der Chemie 62 (05), S. 582 – 584.
  - Schmidt, Silvia; Rebentisch, Detlef; Parchmann, Ilka (2003): Chemie im Kontext auch für die Sekundarstufe I: Cola und Ketchup im Anfangsunterricht, in: Chemkon 10 (1), S. 6 – 16.
  - Schultz, P.Wesley. (2002): Inclusion with nature: the psychology of human-nature relations, in: Peter Schmuck u.A. (Hg.): Psychology of Schüler/-innentainable development, USA, S. 61 – 78.
  - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005): Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10), Heusenstamm.
  - Sieve, Bernhard (2012): Versuche zur Milch. Karteikarten, in: Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie 23 (130/131), S. 97f.

- Sieve, Bernhard (2013): Dolce vita. Experimente und um Zucker, Honig und Kunsthonig, in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule 62 (3), S. 26 – 29.
- Sjøberg, Svein; Schreiner, Camilla (2004): ROSE. The Relevance of Science Education, Oslo.
- Sjøberg, Svein; Schreiner, Camilla (2010): The ROSE project. An overview and key findings, Oslo.
- Spindler, Edmund A. (o.A.): Geschichte der Nachhaltigkeit. Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffes, pdf-Dokument, verfügbar unter [http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm](http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm) (Stand 16.12.2014).
- Spitzer, Manfred (2007): Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens, Springer: Berlin/Heidelberg.
- Stahlmann, Volker (2008): Lernziel: Ökonomie der Nachhaltigkeit. Eine anwendungsorientierte Übersicht, München.
- Stübing, F.; Ludwig, P.H.; Bosse, D.; Gessner, E.; Lorberg, F.(2006): Bestandsaufnahme zur Praxis fächerübergreifenden Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe im Bundesland Hessen. Beiträge zur Gymnasialen Oberstufe, Bd. 7. Kassel.
- Sucunza, David (2014): Inspired by nature: modern drugs, in: Science in School 28, S. 40 – 45.
- Tausch, Michael; von Wachtendonk, Magdalena (Hg.) (2008): Chemie 2000+. NRW 7, Bamberg.
- Umweltbundesamt (2009): Biologisch abbaubare Kunststoffe. Hintergrundpapier, abrufbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biologisch-abbaubare-kunststoffe> (Stand 06.08.2014).
- Umweltbundesamt (2009): Nachhaltige Chemie. Positionen und Kriterien des Umweltbundesamtes, Dessau-Roßlau.
- Van Vorst, Helena; Fechner, Sabine; Sumfleth, Elke (2012): Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie, in: Sascha Bernholt (Hg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung, Berlin, S. 640ff.
- Vogt, Markus (2009): Prinzip Nachhaltigkeit. Ein Entwurf aus theologisch-ethischer Perspektive, München.
- Wagenschein, Martin (1995): Die pädagogische Dimension der Physik, Braunschweig.
- Wegner, Claas; Tesch, Katharina; Schalko, Werner; Kockert, Karlheinz (2013): Experimente pur – rund um den Honig, in: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 66 (5), S. 289 – 293.
- Weitze, Marc-Denis (2007): Schöne Natur – böse Chemie, in: Nachrichten aus der Chemie 55 (2), S. 140f.
- Wittenberg, Reinhard (1998): Grundlagen computerunterstützter Datenanalyse, Stuttgart.

- Wörn, A.; Lühken, A.; Melle, I. (1997): Honig – Chemieunterricht an einem interessanten Lebensmittel, in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie 46 (6), S. 9 – 16.
- Woyke, Andreas (2004): Die Entwicklung einer aprozessualen Welt- und Naturdeutung in der abendländischen Geistesgeschichte und ihre Bedeutung für die „Ausblendung des Prozessualen“ in Chemie und Chemieunterricht. Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Pädagogik, Siegen.
- Wu, Kun-Chang; Shein, Paichi Pat; Tsai, Chun-Yen; Choud, Ching-Yang; Wu, Yuh-Yih; Liu, Chia-Ju; Chiu, Houn-Lin; Hung, Jeng-Fung; Chao, David; Huang, Tai-Chu (2012): An Investigation of Taiwan's Public Attitudes Toward Science and Technology, in: International Journal of Science Education, Part B 2 (1), S. 1 – 21.
- Zahn, Peter von (1981): Freund und Helfer oder heimlicher Feind? Chemie im Kreuzfeuer der öffentlichen Meinung, in: Der Chemieunterricht 12 (1), S. 6 – 15.

### ***Internetquellen***

- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2014:  
[http://www.bmel.de/DE/Tier/Nutztierhaltung/Bienen/bienen\\_node.html](http://www.bmel.de/DE/Tier/Nutztierhaltung/Bienen/bienen_node.html) (Stand 17.12.2014)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Pressemitteilung Nr. 150 vom 22.05.2013, abrufbar unter <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/2013/150-Forsa-Umfrage-Honig.html>, Stand 25.02.2014.
- Füßler 2011, Zeitungsartikel „Der leise Tod“, abrufbar unter <http://www.sueddeutsche.de/wissen/geheimnisvolles-bienensterben-der-leise-tod-1.1072108> (Stand 17.12.2014).
- greenpeace Magazin 4.11, abrufbar unter <https://www.greenpeace-magazin.de/das-kollektive-königreich> (Stand 17.12.2014).
- Honigverordnung S. 5, abrufbar unter <http://www.deutscherimkerbund.de/index.php?merkblaeterrichtlinien>, Stand 25.02.2014.
- <http://www.ardmediathek.de/tv/Panorama-3/Super-Kühe-Milchproduktion-im-Akkord/NDR-Fernsehen/Video?documentId=15146718&bcastId=14049184> (Stand 17.12.2014).
- <http://www.bio-pro.de/magazin/index.html?lang=de&artikelid=%2Fartikel%2F05453%2Findex.html> (Stand 17.12.2014).
- <http://www.birkenhof-siegerland.de/> (Stand 11.12.2014)
- <http://www.dhs.de/dhs-veranstaltungen/rueckschau/fachkonferenzen.html>, Stand 24.02.2014.



- <http://www.duden.de/rechtschreibung/Chemie>, letzter Abruf 19.12.2013.
- <http://www.duden.de/rechtschreibung/Natur>, letzter Abruf 19.12.2013.
- <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/13887ab8-7e03-4b3e-82bb-139b2205a0af/files/national-action-plan.rtf>, Stand 11.12.2014.
- <http://www.medical-tribune.de/medizin/medizin-cartoons/medikamente/1.html> (Stand 11.03.2014).
- <http://www.milch-nrw.de/milchlandnrw/karte-nrw/regierungsbezirk-arnsberg/> (Stand 11.12.2014).
- [http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen\\_1382.htm](http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm) (letzter Abruf 11.12.2014).
- [http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry\\_trails.asp](http://www.rsc.org/Education/EiC/topics/Chemistry_trails.asp) (Stand 11.12.2014).
- [http://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda\\_21.pdf](http://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf) (Stand 17.12.2014).
- [https://www.youtube.com/watch?v=\\_lpugKpa8wc](https://www.youtube.com/watch?v=_lpugKpa8wc) und <https://www.youtube.com/watch?v=Lr26YoKVWcM> (Stand 17.12.2014.)
- [http://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/servicezeit/videoachtungmogelpackungyv-onnewillicksdecktauf102\\_tag-28042014.html](http://www1.wdr.de/mediathek/video/sendungen/servicezeit/videoachtungmogelpackungyv-onnewillicksdecktauf102_tag-28042014.html) (Stand 17.12.2014).
- [www.ime.fraunhofer.de](http://www.ime.fraunhofer.de) (Stand 17.12.2014).
- Entypo pictograms by Daniel Bruce — [www.entypo.com](http://www.entypo.com) (Stand 17.12.2014).

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auszug aus der Homepage des Kosmetikherstellers Love me green ( <a href="http://love-me-green.de/artikel/kosmetik-ohne-chemie/">http://love-me-green.de/artikel/kosmetik-ohne-chemie/</a> ).....	14
Abbildung 2: Inhaltsstoffe einer Banane nach James Kennedy .....	15
Abbildung 3: Chemie von Lebensmittel nach compoundchem (Ausschnitt) .....	16
Abbildung 4: Motivationstransfer nach Anton (2008 a, S. 33).....	23
Abbildung 5: 3 Säulen der Nachhaltigkeit.....	25
Abbildung 6: gewichtetes Drei-Säulen-Modell (verändert nach Stahlmann 2008, S. 61) .....	27
Abbildung 7: Verhaltensentstehung nach Kaiser .....	41
Abbildung 8: Entstehung von Umwelthandlungskompetenz nach Roczen (2011, S. 77) .....	42
Abbildung 9: Entwicklung von Naturverbundenheit nach Roczen .....	42
Abbildung 10: Einflussfaktoren nach Cheng/Monroe.....	43
Abbildung 11: Das verwendete OSGOOD'sche Differential am Beispiel des Naturbegriffs (Auszug aus dem Fragebogen) .....	56
Abbildung 12: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Chemiedefinition .....	64
Abbildung 13: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Naturdefinition .....	67
Abbildung 14: Häufigkeiten der verwendeten Kategorien bei der Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“ .....	71
Abbildung 15: Ergebnis des semantischen Differentials.....	73
Abbildung 16: Naturverbundenheit der Schüler/-innen.....	75

Abbildung 17: Modalwertverteilung der exzerpierten Naturverbundenheitsskala .....	75
Abbildung 18: Prozentuale Häufigkeit bestimmter Kategorien in Abhängigkeit von der Naturverbundenheit .....	78
Abbildung 19: Prozentuale Häufigkeit bestimmter Kategorien in Abhängigkeit von der Chemiebewertung .....	79
Abbildung 20: Prozentuale Häufigkeit der Qualität der Definition nachhaltiger Entwicklung in Abhängigkeit vom Grad der Naturverbundenheit.....	80
Abbildung 21: Logo des Unterrichtskonzepts .....	82
Abbildung 22: Vereinfachtes Reaktionsschema zur Synthese von ASS (schwarz Gedrucktes ist im Schema vorgegeben, grau Gedrucktes muss von den Schüler/-innen aus dem Text übertragen werden).....	97
Abbildung 23: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Zu Risiken und Nebenwirkungen...“ ....	99
Abbildung 24: Ausschnitt aus dem Schülerarbeitsblatt zur Kristallisation von Honig; Aufgabe: "Zeichne, was man unter dem Mikroskop während der Kristallisation sehen würde"......	117
Abbildung 25: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Honig im Fokus der Chemie“ der Sekundarstufe I.....	119
Abbildung 26: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Honig im Fokus der Chemie“ der Sekundarstufe II.....	124
Abbildung 27: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Die Milch macht’s!“ für die Sekundarstufe I.....	143
Abbildung 28: Exemplarische Arbeitsblätter des Moduls „Die Milch macht’s!“ für die Sekundarstufe II.....	146
Abbildung 29: Einordnung der Schülerantworten bei der Definition des Begriffs „nachhaltige Entwicklung“ .....	155

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Studien zur Einstellung von Schüler/-innen zum Chemieunterricht	18
Tabelle 2: Anschlussfähigkeit der Gestaltungskompetenz an die OECD-Vorgaben	30f
Tabelle 3: Übersicht über das Kategoriensystem mit kurzer Erklärung	62f
Tabelle 4: Exzerpierte Naturbewusstseinskala	74
Tabelle 5: Wirkstoffe aus der Natur (verändert nach Lößner 2012, S. 306f)	90
Tabelle 6: Übersicht über die thematischen Schwerpunkte der Stationen des Moduls	92f
Tabelle 7: Unterrichtsverlauf und mögliche Stationen zum Thema Honig in der Sekundarstufe I	111
Tabelle 8: Mögliche Stationen zum Thema Honig in der Sekundarstufe II	112
Tabelle 9: Unterrichtsverlauf der Einheit Milch der Sekundarstufe I	135f
Tabelle 10: Alternative Stationen der Einheit Milch der Sekundarstufe II	137

## Anhang

### 1. Fragebogen

	<h1>Didaktik der Chemie</h1>	
---	------------------------------	---

Wir brauchen deine Hilfe!!!  
 Bitte fülle den folgenden Fragebogen spontan, gewissenhaft und zügig aus.  
 Es gibt keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten.  
 Deine persönliche Meinung ist uns wichtig – und nicht die deines Nachbarn.  
 Alle Daten werden von uns selbstverständlich anonym und vertraulich behandelt.  
 Vielen Dank!!!

Geschlecht:       männlich       weiblich

Dein wievielles Schulhalbjahr Chemie besuchst du im Moment?       Schulhalbjahr

**Was verstehst du unter Chemie?**  
*Bitte gib eine kurze Definition!*

---



---



---



---

**Was verstehst du unter nachhaltiger Entwicklung?**  
*Bitte gib eine kurze Definition!*

---



---



---



---



**Bitte kreuze an!**  
**(Fortsetzung auf der nächsten Seite!)**

		selten	gelegentlich	häufig	Sehr oft	weiß nicht
1	Ich ahme das Verhalten von Tieren (z.B. ihren Gang) nach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ich stehe früh auf, um den Sonnenaufgang zu betrachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Ich sammle Pilze oder Beeren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ich ahme Tierstimmen nach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Ich laufe barfuß über eine Wiese.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Ich spreche mit Pflanzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Ich helfe Kröten beim Überqueren der Straße.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Ich sehe Fernsehsendungen, die Tiere als Hauptfiguren haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Ich habe CDs oder Aufnahmen mit Naturgeräuschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ich verbringe Zeit in einem Park.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Ich sammle Dinge aus der Natur, z.B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Zimmerpflanzen sind ein Teil der Familie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Ich würde es immer vorziehen, Zeit mit meinen Freunden anstatt Zeit alleine in der Natur zu verbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Ich gehe auch dann draußen spazieren, wenn es kalt oder regnerisch ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Ich spreche mit Tieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Etwas in einen Baum zu schnitzen ist, als würde ich mich selbst schneiden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Wenn eine meiner Pflanzen stirbt, mache ich mir Vorwürfe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Wenn ein Insekt, z.B. eine Fliege, in meiner Wohnung ist, versuche ich, sie zu fangen und raus zu lassen, statt sie zu töten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	Das Gequake von Fröschen ist angenehm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Ich genieße Gartenarbeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Ich ziehe es vor, in der Stadt zu wohnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	Ich habe das Bedürfnis, draußen zu sein.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

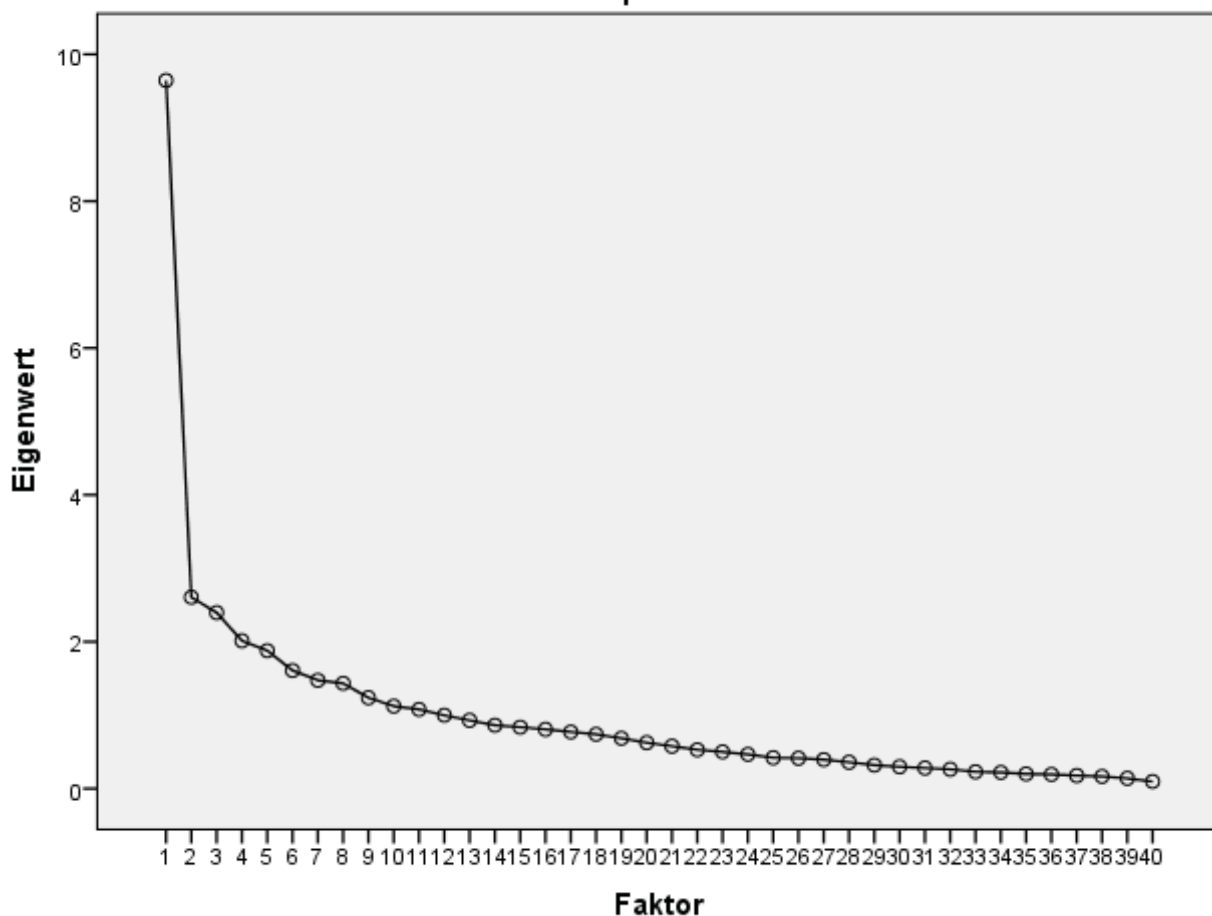


## 2. Faktorenanalyse aller 40 Items zur Naturverbundenheit auf einen Faktor

KMO- und Bartlett-Test

Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin.		,771
Bartlett-Test auf Sphärizität	Ungefähres Chi-Quadrat	1989,147
	df	780
	Signifikanz nach Bartlett	,000

Screplot



Komponentenmatrix<sup>a</sup>

	Komponente
	1
Ein abgeholzter Wald bedrückt mich.	,720
Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.	,713
Tiere beobachten ist spannend.	,696
Ein Spaziergang im Wald hilft mir, meine Sorgen zu vergessen.	,677
Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.	,676
Den Geräuschen der Natur zuzuhören entspannt mich.	,654
Ich spreche mit Tieren.	,640

Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.	,638
Ich kümmere mich um Pflanzen.	,570
Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.	,562
Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.	,556
Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.	,544
Ich sammle Dinge aus der Natur, z.B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.	,543
Etwas in einen Baum zu schnitzen ist, als würde ich mich selbst schneiden.	,541
Es macht mich unglücklich, einen von einem Auto angefahrenen Igel zu sehen.	,530
Ich habe CDs oder Aufnahmen mit Naturgeräuschen.	,511
Ich habe das Bedürfnis, draußen zu sein.	,507
Ich gehe auch dann draußen spazieren, wenn es kalt oder regnerisch ist.	
Ich sammle Pilze oder Beeren.	
Wenn ein Insekt, z.B. eine Fliege, in meiner Wohnung ist, versuche ich, sie zu fangen und raus zu lassen, statt sie zu töten.	
Wenn eine meiner Pflanzen stirbt, mache ich mir Vorwürfe.	
Ich verbringe Zeit in einem Park.	
Ich stehe früh auf, um den Sonnenaufgang zu betrachten.	
Ich ziehe einen Waldspaziergang einem Stadtbummel vor.	
Ich helfe Kröten beim Überqueren der Straße.	
Das Gequake von Fröschen ist angenehm.	
Das Zirpen der Grillen geht mir nicht auf die Nerven.	
Ich spreche mit Pflanzen.	
Haustiere sind Teil der Familie.	
Ich bin traurig, wenn ein Haustier stirbt.	
Ich sehe Fernsehsendungen, die Tiere als Hauptfiguren haben.	
Ich ahme Tierstimmen nach.	
Ich genieße Gartenarbeit.	
Zimmerpflanzen sind ein Teil der Familie.	
Ich laufe barfuß über eine Wiese.	
Als Kind verbrachte ich Zeit im Wald.	
Ich würde es immer vorziehen, Zeit alleine in der Natur zu verbringen anstatt Zeit mit meinen Freunden.	
Ich ziehe es nicht vor, in der Stadt zu wohnen.	
Ich ahme das Verhalten von Tieren (z.B. ihren Gang) nach.	
Ich ziehe Sport draußen sportlichen Aktivitäten drinnen vor.	

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 1 Komponenten extrahiert





Ausschnittsvergrößerungen

	Ich sammle Pilze oder Beeren.	Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.	Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.	Ich verbringe Zeit in einem Park.	Ich sammle Dinge aus der Natur, z.B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.	Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.	Ich habe das Bedürfnis, draußen zu sein.	Ich kümmer mich um Pflanzen.	Ich ziehe Sport draußen sportlichen Aktivitäten drinnen vor.	Tiere beobachten ist spannend.	Ich ahme das Verhalten von Tieren (z.B. ihren Gang) nach.	Ich stehe früh auf, um den Sonnenaufgang zu betrachten.	Ich ahme Tierstimmen nach.	Ich laufe barfuß über eine Wiese.	Ich spreche mit Pflanzen.	Ich helfe Kröten beim Überqueren der Straße.	Ich sehe Fernsehsendungen, die Tiere als Hauptfiguren haben.	Ich habe CDs oder Aufnahmen mit Naturgeräuschen.	Ich
Anti-Image-Kovarianz	Ich sammle Pilze oder Beeren.	.527	.019	.043	.048	-.065	-.058	.018	-.059	.030	.064	-.016	.047	-.097	.056	-.041	-.054	-.086	
	Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.	.019	.306	-.077	.006	-.075	-.021	-.020	-.050	.013	-.022	-.023	.038	-.013	-.037	-.019	.002	-.035	
	Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.	.043	-.077	.366	-.006	-.046	-.014	.031	-.062	.069	-.066	.005	.044	-.003	-.006	.098	-.091	-.027	-.029
	Ich verbringe Zeit in einem Park.	.048	.006	-.006	.520	-.096	-.034	.049	.074	.002	-.044	.046	-.028	.014	-.112	-.091	.039	-.011	.027
	Ich sammle Dinge aus der Natur, z. B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.	-.065	-.075	-.046	-.096	.477	-.039	-.060	-.011	.083	.011	-.002	-.026	-.006	.056	.006	-.013	.039	-.107
	Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.	-.058	-.021	-.014	-.034	-.039	.340	-.044	-.018	-.067	.000	-.041	.028	.039	-.015	.020	.017	-.010	-.007
	Ich habe das Bedürfnis, draußen zu sein.	.018	-.020	.031	.049	-.060	-.044	.427	-.036	-.122	-.089	.028	.110	-.015	.018	.015	-.007	-.030	.058
	Ich kümmer mich um Pflanzen.	-.059	-.050	-.062	.074	-.011	-.018	-.036	.355	-.030	-.002	-.037	.060	-.040	-.100	.032	.026	.005	
	Ich ziehe Sport draußen sportlichen Aktivitäten drinnen vor.	.050	.013	.069	.002	.083	-.067	-.122	-.030	.568	.047	.015	-.003	.054	-.001	-.043	.072	-.131	
	Tiere beobachten ist spannend.	.030	.016	-.066	-.044	.011	.000	-.089	-.002	.047	.330	.050	-.100	-.001	-.012	-.033	.017	-.029	.007
	Ich ahme das Verhalten von Tieren (z.B. ihren Gang) nach.	.064	-.022	.005	.046	-.002	-.041	.028	-.037	.015	.050	.423	-.001	-.202	.048	-.020	.015	-.060	.068
	Ich stehe früh auf, um den Sonnenaufgang zu betrachten.	-.016	-.023	.044	-.028	-.026	.028	.110	-.064	-.003	-.100	-.001	.371	.041	.008	.067	.021	-.118	-.065
	Ich ahme Tierstimmen nach.	.047	.038	-.003	.014	-.006	.039	-.015	.060	.054	-.001	-.202	.041	.380	-.020	.009	-.049	-.066	-.070
	Ich laufe barfuß über eine Wiese.	-.097	-.013	-.006	-.112	.056	-.015	.018	.040	-.001	-.012	.048	.008	-.020	.564	.030	-.084	-.018	-.037
	Ich spreche mit Pflanzen.	.056	-.037	.098	-.091	.006	.020	.015	-.100	-.043	-.033	.067	.009	.030	.340	-.101	-.158	-.053	-.053
	Ich helfe Kröten beim Überqueren der Straße.	-.041	-.019	-.091	.039	-.013	.017	-.007	.032	-.004	.017	.015	.021	-.049	-.084	-.101	.469	-.057	.067
	Ich sehe Fernsehsendungen, die Tiere als Hauptfiguren haben.	-.054	.002	-.027	-.011	.039	-.010	-.030	.026	.072	-.029	-.060	-.118	-.066	-.018	-.158	-.057	.481	-.009
	Ich habe CDs oder Aufnahmen mit Naturgeräuschen.	-.086	-.035	-.029	.027	-.107	-.007	.058	.005	-.131	.007	.068	-.065	-.070	-.037	-.053	.067	-.009	.360
	Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.	-.068	-.114	.033	-.041	.055	.043	.029	.064	-.051	-.072	-.064	-.009	.004	.003	-.017	-.003	.023	-.023
	Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.	-.033	-2,840E-5	-.045	-.093	-.020	.041	-.087	-.013	.047	.079	-.017	-.078	-.004	.023	-.024	-.038	.063	-.051
	Zimmerpflanzen sind ein Teil der Familie.	.082	.056	.089	-.001	-.072	-.021	.088	-.167	.003	-.034	.106	.099	-.024	.045	.054	-.062	-.082	.073
	Ich würde es immer vorziehen, Zeit alleine in der Natur zu verbringen anstatt Zeit mit meinen Freunden.	.042	.063	-.053	-.060	-.022	-.061	-.078	-.012	-.035	.087	-.039	-.042	.017	-.091	-.063	.040	.042	-.003
	Ich ziehe es nicht vor, in der Stadt zu wohnen.	.035	.022	-.001	-.005	-.097	.018	.055	-.035	.052	-.054	-.074	.027	.061	-.096	-.023	-.002	.091	.044
	Das Zirpen der Grillen geht mir nicht auf die Nerven.	-.004	-.040	.022	.077	.032	.021	.031	.026	.011	-.109	.033	.080	.029	.051	.065	-.029	-.097	-.021
	Ich gehe auch dann draußen spazieren, wenn es kalt oder regnerisch ist.	.037	.054	-.002	-.030	-.003	-.155	-.032	-.002	-.033	.025	-.003	-.032	-.003	.010	.030	.029	-.057	-.010
	Ich spreche mit Tieren.	-.019	.024	-.083	.087	-.067	-.016	-.036	.006	-.044	-.019	-.003	-.082	-.090	-.034	-.028	-.044	.007	.034
	Etwas in einen Baum zu schnitzen ist, als würde ich mich selbst schneiden.	-.074	-.061	-.105	.036	.088	-.021	-.028	.127	.001	.032	.024	-.082	-.053	.038	-.115	.004	.113	-.022
	Wenn eine meiner Pflanzen stirbt, mache ich mir Vorwürfe.	.088	.011	.105	-.054	-.049	-.024	.025	-.130	.128	.002	.008	.033	.061	.022	.067	-.025	-.028	-.012
	Wenn ein Insekt, z.B. eine Fliege, in meiner Wohnung ist, versuche ich, sie zu fangen und raus zu lassen, statt sie zu töten.	-.019	.017	-.069	-.038	-.069	-.005	.027	-.045	-.131	.024	-.061	-.002	-.008	.005	-.016	-.012	-.010	.100
	Das Gequake von Fröschen ist angenehm.	.029	-.035	.058	-.032	.003	.057	.100	-.117	-.015	-.052	.115	.150	-.082	.000	.073	-.051	-.038	-.029
	Ich genieße Gartenarbeit.	.025	.030	-.009	.032	-.022	.002	-.055	.060	.026	-.050	-.005	.059	-.019	-.039	.068	.005	-.046	
	Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.	-.050	-.008	-.009	-.041	.029	-.029	-.143	-.011	.007	-.026	-.055	-.093	-.022	.028	.037	.002	.051	
	Ein Spaziergang im Wald hilft mir, meine Sorgen zu vergessen.	-.035	-.024	-.041	.057	.045	-.005	-.052	.076	.037	-.012	.005	-.081	-.031	.012	-.131	-.011	.127	.027
	Als Kind verbrachte ich Zeit im Wald.	.016	.052	-.056	.062	-.066	-.002	.029	.024	-.074	.021	-.038	-.057	-.032	.023	-.050	-.108	.107	.000
	Den Geräuschen der Natur zuzuhören entspannt mich.	-.013	-.049	.024	-.081	.034	-.005	.013	-.074	.019	.033	.058	.028	-.056	-.018	.067	.051	-.009	.006
	Ich ziehe einen Waldspaziergang einem Stadtbummel vor.	.010	.027	.023	-.013	.004	-.015	.072	-.029	.021	-.080	-.008	.094	.016	.120	.121	-.061	-.082	-.149
	Haustiere sind Teil der Familie.	.040	-.004	-.013	-.104	.078	-.026	-.039	-.011	.033	-.034	.006	.067	4,817E-5	.030	.006	.021	-.045	
	Ein abgeholzter Wald bedrückt mich.	-.056	-.015	-.061	.040	.012	-.032	-.007	.035	-.032	-.059	-.040	-.020	.001	-.095	-.008	.063	.012	
	Ich bin traurig, wenn ein Haustier stirbt.	-.060	-.004	.067	-.034	-.004	-.013	.033	-.056	.013	-.023	.040	.030	-.059	.099	.070	.005	-.070	-.017
	Es macht mich unglücklich, einen von einem Auto angefahrenen Igel zu sehen.	.029	-.038	.020	-.045	-.006	.076	-.007	-.010	-.044	-.045	.025	.108	.064	-.091	.034	.004	-.031	-.008
Anti-Image-Korrelation	Ich sammle Pilze oder Beeren.	.825 <sup>a</sup>	.048	.097	.091	-.131	-.138	.038	-.136	.091	.072	.136	-.037	.105	-.178	.132	-.083	-.107	-.199

Anti-Image-Matrizen

der it en.	Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.	Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.	Zimmerpflanzen sind ein Teil der Familie.	Ich würde es immer vorziehen, Zeit alleine in der Natur zu verbringen anstatt Zeit mit meinen Freunden.	Ich ziehe es nicht vor, in der Stadt zu wohnen.	Das Zirpen der Grillen geht mir nicht auf die Nerven.	Ich gehe auch dann draußen spazieren, wenn es kalt oder regnerisch ist.	Ich spreche mit Tieren.	Etwas in einen Baum zu schnitzen ist, als würde ich mich selbst schneiden.	Wenn eine meiner Pflanzen stirbt, mache ich mir Vorwürfe.	Wenn ein Insekt, z. B. eine Fliege, in meiner Wohnung ist, versuche ich, sie zu fangen und raus zu lassen, statt sie zu töten.	Das Gequake von Fröschen ist angenehm.	Ich genieße Gartenarbeit.	Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.	Ein Spaziergang im Wald hilft mir, meine Sorgen zu vergessen.	Als Kind verbrachte ich Zeit im Wald.	Den Geräuschen der Natur zuzuhören entspannt mich.	Ich ziehe einen Waldspaziergang einem Stadtbummel vor.	Hausiere sind Teil der Familie.	Ein abgeholzter Wald bedrückt mich.	Ich bin traurig, wenn ein Haustier stirbt.	Es macht mich unglücklich, einen von einem Auto angefahrenen Igel zu sehen.
086	-.068	-.033	.082	.042	.035	-.004	.037	-.019	.042	-.074	.088	-.019	.029	.025	-.050	.016	-.013	.010	.040	-.056	-.060	.029
035	-.114	-2,840E-5	.056	.063	.022	-.040	.054	.024	-.061	.011	.017	-.035	.030	-.008	-.024	.052	-.049	.027	-.004	-.015	-.004	-.038
029	.033	-.045	.089	-.053	-.001	.022	-.002	-.083	-.105	.105	-.069	.058	-.009	-.009	-.041	-.056	.024	.023	-.013	-.061	.067	.020
027	-.041	-.093	-.001	-.060	-.005	.077	-.030	.087	.036	-.054	-.038	-.032	.032	-.041	.057	.062	-.081	-.013	-.104	.040	-.034	-.045
107	.055	-.020	-.072	-.022	-.097	.032	-.003	-.067	.088	-.049	-.069	.003	-.022	.029	.045	-.066	.034	.004	.078	.012	-.004	-.006
007	.043	.041	-.021	-.061	.018	.021	-.155	-.016	-.021	-.024	-.005	.057	.002	-.029	-.005	-.002	-.005	-.015	-.026	-.032	-.013	.076
058	.029	-.087	.088	-.078	.055	.031	-.032	-.036	-.028	.025	.027	.100	-.055	-.143	-.052	.029	.013	.072	-.039	-.007	.033	-.007
005	.064	-.013	-.167	-.012	-.035	.026	-.002	.006	.127	-.130	-.045	-.117	.060	-.011	.076	.024	-.074	-.029	-.011	.035	-.056	-.010
131	-.051	.047	.003	-.035	.052	.011	-.033	-.044	.001	.128	-.131	-.015	.026	.007	.037	-.074	.019	.021	.033	-.032	.013	-.044
007	-.072	.079	-.034	.087	-.054	-.109	.025	-.019	.032	.002	.024	-.052	-.050	.026	-.012	.021	.033	-.080	-.034	-.059	-.023	-.045
068	-.064	-.017	-.106	-.017	-.074	-.039	-.003	-.074	.008	.033	-.061	.115	-.005	-.055	-.038	.005	.058	-.005	-.083	-.040	-.008	.025
065	-.009	-.078	.099	-.042	.027	.080	-.032	-.082	.033	-.002	.150	-.015	-.093	-.081	-.057	.028	.094	.006	-.020	.030	.108	
070	.004	-.004	-.024	.017	.061	.029	-.003	-.090	-.053	.061	-.008	-.082	.059	-.022	-.031	-.032	-.056	.016	.067	-.034	-.059	.064
037	.003	.023	.045	-.091	-.096	.051	.010	-.034	.038	.022	.005	.000	-.019	-.120	.012	.023	-.018	.120	.001	.099	-.091	
053	-.017	-.024	-.063	-.023	-.063	.030	-.023	-.115	.067	-.039	-.073	-.039	-.039	-.131	.028	-.073	-.095	.030	4,817E-5	.030	.070	-.034
067	-.003	-.038	-.062	.040	-.002	-.029	.029	-.044	.004	-.025	-.012	-.051	.068	.037	-.011	-.108	.051	-.061	.006	-.008	.005	.004
009	.023	.063	-.082	.042	.091	-.097	-.057	.007	.113	-.028	-.010	-.038	.005	.002	.127	.107	-.009	-.082	.021	.063	-.070	-.031
360	-.023	-.051	.073	-.003	.044	-.021	-.010	.034	-.022	-.012	.100	-.029	-.046	.051	.027	.000	.006	-.149	-.045	.012	-.017	-.008
023	.395	-.126	-.049	-.094	.052	.025	-.003	-.052	.024	-.035	-.006	.019	-.057	-.023	.029	.008	-.059	.006	.039	.044	.008	.005
051	-.126	.370	-.075	.054	.016	-.126	-.029	.011	-.006	-.029	.034	-.026	.066	.028	-.010	.001	.016	-.032	-.018	.036	.042	-.029
073	-.049	-.075	.457	.025	.082	.014	-.049	-.029	-.147	.073	-.004	.085	-.026	-.058	-.015	-.049	.048	-.010	-.024	-.059	.040	.024
003	-.094	.054	.025	.601	-.075	-.133	.021	.039	.025	-.080	-.003	-.072	.112	.028	-.003	.009	.073	-.102	.058	-.010	-.115	.055
044	.052	.016	.082	-.075	.662	-.094	-.015	-.048	-.054	.092	.025	-.048	-.052	-.034	.015	.003	.012	-.049	-.006	-.010	.016	.006
021	.025	-.126	.014	-.133	-.094	.492	-.041	.027	.001	.011	-.101	.052	-.097	-.044	.020	.009	-.109	.098	.014	-.047	-.011	.057
010	-.003	-.029	-.049	.021	-.015	-.041	.306	-.010	-.051	.061	.043	-.043	-.081	.035	-.098	-.010	-.048	-.004	.051	-.008	.037	-.016
034	-.052	.011	-.029	.039	-.048	.027	-.010	.355	.047	-.072	.041	-.077	-.007	.037	.016	.065	-.031	.019	-.085	.041	-.057	-.082
022	.024	-.006	-.147	.025	-.054	.001	-.051	.047	.366	-.142	-.053	-.055	.000	.003	.047	.093	-.021	.025	-.003	.041	-.071	-.032
012	-.035	-.029	.073	-.080	.092	.011	.061	-.072	-.142	.357	.003	.008	-.025	-.014	-.061	-.056	.036	.014	.079	-.130	.029	.007
100	-.006	.034	-.004	-.003	.025	-.101	.043	.041	-.053	.003	.577	-.088	-.085	-.021	-.027	.099	-.009	-.054	-.003	.008	-.013	-.047
029	.019	-.026	.085	-.072	-.048	.052	-.043	-.077	-.055	.008	-.088	.436	-.105	-.065	-.019	-.093	-.003	.060	-.020	-.043	.082	.046
046	-.057	.066	-.026	.112	-.052	-.097	-.081	-.007	.000	-.025	-.085	-.105	.628	.002	.017	-.028	.039	-.017	.008	.015	-.058	.054
051	-.023	.028	-.058	.028	-.034	-.044	.035	.037	.003	-.014	-.021	-.065	.002	.307	-.048	-.092	-.004	-.114	.017	.019	-.002	-.024
027	.029	-.010	-.015	-.003	.015	.020	-.098	.016	.047	-.061	.020	-.019	.017	-.048	.337	.021	-.062	-.090	-.004	.033	-.036	-.047
000	.008	.001	-.049	.009	.003	.009	-.010	.065	.093	-.056	.099	-.093	-.028	-.092	.021	.642	-.069	.015	-.047	.051	-.100	-.042
006	-.059	.016	.048	.073	.012	-.109	-.048	-.031	-.021	.036	-.009	-.003	.039	-.004	-.062	-.069	.392	-.035	-.031	-.098	.024	.032
149	.006	-.032	-.010	-.102	-.049	.098	-.004	.019	.025	.014	-.054	.060	-.017	-.114	-.090	.015	-.035	.386	-.010	-.022	.060	-.009
045	.039	-.018	-.024	.058	-.006	.014	.051	-.085	-.003	.079	-.003	-.020	.008	.017	-.004	-.047	-.031	-.010	.425	-.041	-.171	.026
012	.044	.036	-.059	-.010	-.010	-.047	-.008	.041	.041	-.130	.008	-.043	.015	.019	.033	.051	-.098	-.022	-.041	.298	-.001	-.106
017	.008	.042	.040	-.115	.016	-.011	.037	-.057	-.071	.029	-.013	.082	-.058	-.002	-.036	-.100	.024	.060	-.171	-.001	.366	-.111
008	.005	-.029	.024	.055	.006	.057	-.016	-.082	-.032	.007	-.047	.046	.054	-.024	-.047	-.042	.032	-.009	.026	-.106	-.111	.402
199	-.149	-.075	.168	.074	.059	-.007	.092	-.044	-.169	.202	-.035	.060	.043	-.125	-.083	.028	-.029	.022	.084	-.141	-.137	.062





### 3. Faktorenanalyse der exzerpierten Skala

#### KMO- und Bartlett-Test

Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin.		,904
Bartlett-Test auf Sphärizität	Ungefähres Chi-Quadrat	948,349
	df	66
	Signifikanz nach Bartlett	,000

#### Komponentenmatrix<sup>a</sup>

	Komponente
	1
Ich nehme mir Zeit, die Wolken zu beobachten.	,709
Ich nehme mir Zeit, bewusst an Blumen zu riechen.	,766
Ich beobachte Vögel bewusst oder höre ihnen zu.	,776
Ich sammle Dinge aus der Natur, z.B. Steine, Schmetterlinge oder Insekten.	,577
Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu betrachten.	,659
Ich mag es, in nahegelegenen Naturschutzgebieten oder Wäldern zu wandern oder zu laufen.	,648
Ich spreche mit Tieren.	,558
Mein Lieblingsplatz ist in der Natur.	,718
Ein Spaziergang im Wald hilft mir, meine Sorgen zu vergessen.	,729
Den Geräuschen der Natur zuzuhören entspannt mich.	,732
Ein abgeholzter Wald bedrückt mich.	,632
Tiere beobachten ist spannend.	,599

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

a. 1 Komponenten extrahiert

## 4. Codierleitfaden

### Codierleitfaden für die MaxQDA-gestützte Codierung der Umfrage im Rahmen der Dissertation von D. Krischer

1. Codiert werden inhaltlich zusammenhängende Phrasen. Dies können in Ausnahmefällen einzelne Wörter sein, meist jedoch mehrwortige Segmente, Wörter mit zugehörigem Nebensatz etc.
2. Im Regelfall kann ein Segment nur einem Code zugeordnet werden. Ausnahme sind Assoziationsreihen, die gerne mehrfach besetzt werden können bzw. sollen, oder Nebensätze, in denen mehrere Aspekte genannt werden.
3. Unstimmigkeiten, Unsicherheiten, Auffälliges, besonders interessante Schüleräußerungen usw. bitte in Form von Memos oder in einer separaten Word-Datei für die spätere Diskussion notieren!
4. **(Beispiele)** zeigen Grenzfälle.

**WICHTIG: Immer in neuer Kopie arbeiten!!!!**

## Codesystem

Frage	Code	Erläuterung	Beispiel
<b>Was verstehst du unter Chemie?</b>			
	Allumfassender Begriff	Chemie als allgegenwärtiges Prinzip	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundaufbau von allem</li> <li>2. Chemie kann man in verschiedenen Bereichen des Alltags finden</li> <li>3. Irgendwie ist alles auf der Welt ein bisschen Chemie</li> </ol>
	Submikroskopische Ebene	Fokussierung der klein(st)en Teilchen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lehre über die Elemente, Atome und Moleküle</li> <li>2. Wenn ich an Chemie denke, kommen mir die Wörter Elemente, Moleküle, Periodensystem, Protonen, Neutronen in den Sinn.</li> </ol>
	Formeln u.Ä.	Bezugnahme auf Formalismen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reaktionsgleichungen aufstellen</li> <li>2. Formeln aufstellen</li> <li>3. <b><u>Das Periodensystem</u></b></li> </ol>
	Reihung verschiedener Assoziationen	Thematisch nicht zusammenhängende Aufzählung von Assoziationen zum Begriff	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Versuche, Formeln, verstehen, Alltagsgegenstände untersuchen...</li> </ol>
	Wissenschaft und Forschung	Fokussierung auf die Wissenschaft Chemie und die Erkenntnisgewinnung	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wissenschaft von Dingen, die man anfassen kann</li> <li>2. Zu analysieren, warum Sie das tun</li> <li>3. <b><u>Sachen kennenlernen, die man vorher nicht kannte</u></b></li> </ol>
	Erforschung von Natur und Umwelt	Zusätzlich zur Betonung des Forschungsaspektes direkte Bezugnahmen auf Natur oder Umwelt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bei Chemie gewinnt man durch Experimente und Überlegungen neue Erkenntnisse über</li> </ol>
	Experimente	Direkte Nennung des Begriffs oder Umschreibung des Vorgangs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Experimentieren; lernen, mit chemischen Stoffen umzugehen</li> <li>2. Das Arbeiten mit Chemikalien</li> <li>3. Dass man verschiedene Stoffe zusammen mischt</li> </ol>



	Stoffchemie	Bezug auf die Betrachtung/ Untersuchung/ Lehre von Stoffen mit Nennung des Stoffbegriffs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Um verschiedene Eigenschaften von Stoffen herauszufinden</li> <li>2. Chemie beschäftigt sich mit Stoffen und Reaktionen und mit ihrem Aufbau</li> <li>3. <b><u>Grundaufbau von Stoffen</u></b></li> </ol>
	Chemische Reaktion	Fokussierung der Stoffumwandlung	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verwandlung von Stoffen</li> <li>2. Lehre von chemischen Reaktionen</li> <li>3. Das Zusammenfügen verschiedener Stoffe, sodass sie miteinander reagieren und neue Stoffe entstehen</li> </ol>
	Schulchemie	Bezugnahme auf schulisches – Lehrer, Unterricht etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chemie ist ein Unterrichtsfach</li> </ol>

Frage	Code	Erläuterung	Beispiel
<b>Was verstehst du unter nachhaltiger Entwicklung?</b>			
	Das Konzept wird im Wesentlichen korrekt wiedergegeben	Bezugnahme auf die drei Aspekte der Nachhaltigkeit	1. Nachhaltige Entwicklung berücksichtigt die ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen von Entscheidungen im Entscheidungsprozess
	Einzelne Aspekte des Konzeptes werden korrekt wiedergegeben	SuS können (mehrere) Teilaspekte des Konzeptes korrekt wiedergeben, die nicht allein unter Generationengerechtigkeit oder ökologische Nachhaltigkeit fallen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dass man Fortschritte in den Wissenschaften mit dem Gedanken daran macht, was sich dadurch für Veränderungen für die Umwelt und die nächsten Generationen ergeben.</li> <li>2. NE ist die Einsparung von Energie, um den Schadstoffausstoß und den Treibhauseffekt zu mindern</li> <li>3. Verantwortungsvoller Umgang mit Natur, Rohstoffen und Energie</li> </ol>
		Ökologische Nachhaltigkeit	1. Wenn man nur so viel abbaut, wie auch wieder nachwachsen kann
		Generationengerechtigkeit	1. Wenn auch für kommende Generationen Rohstoffe und Natur vorhanden sind
	Bruchstücke werden reproduziert	Bei (großzügiger) Interpretation kann davon ausgegangen werden, dass SuS sich schon mal mit dem Konzept beschäftigt haben und Bruchstücke davon noch erinnert und wiedergegeben können	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Entwicklung mit erneuerbaren Energien</li> <li>2. Rücksicht auf Umwelt und Erde nehmen</li> <li>3. Dass wenn wir heute etwas tun, dass es keine schlechten Einflüsse auf die nachfolgenden Generationen hat.</li> </ol>
	Fehlerhafte oder zu verkürzte Interpretation des Konzeptes	Auch bei großzügiger Auslegung ist das Konzept so entstellt, dass wesentliche Merkmale nicht wiedererkannt werden können	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mit so wenig Sachen wie möglich leben können</li> <li>2. Verbesserung...</li> <li>3. Dass sich etwas immer weiter entwickelt</li> </ol>

Frage	Code	Erläuterung	Beispiel
Was verstehst du unter Natur?			
	Abgrenzung zu Mensch/ Kultur	Natur wird ausdrücklich als nicht-menschlich oder nicht-kulturell beschrieben	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nicht vom Menschen beeinflusst</li> <li>2. Was nicht vom Menschen selbst erschaffen/ gebaut wurde</li> <li>3. <b>Alle Orte, die keine Städte sind</b></li> </ol>
	<b>Umfassender Begriff</b>	Irdisches Leben	<p>Es wird Bezug auf „die Erde“ oder das gesamte Leben auf der Erde genommen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erde</li> <li>2. Alles</li> <li>3. Alles, was lebt</li> <li>4. <b>Flora und Fauna</b></li> </ol>
		Die Umwelt	<p>Direkte Nennung des Begriffs Umwelt oder Bezugnahme auf das, was uns umgibt</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die allgemeine Umwelt, weil alles irgendwie damit zusammenhängt</li> <li>2. „Landschaft“, wenn es alleine steht und nicht Teil einer assoziativen Reihe ist</li> <li>3. <b>Natur ist ein Ökosystem</b></li> </ol>
		Was draußen ist	<p>Nennung des Wortes draußen oder Bezugnahme auf Leben außerhalb von Gebäuden</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alles, was man mit dem in Verbindung bringt, wenn man aus dem Haus geht</li> <li>2. Die Natur ist das Leben außerhalb von Gebäuden</li> </ol>
		Lebewesen	<p>Im Rahmen einer umfassenden Definition wird der Begriff Lebewesen explizit genannt</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Das Leben bzw. Lebewesen um uns herum</li> </ol>
	<b>Assoziative Bezüge</b>	Wahllose Reihung	<p>Reihe von Assoziationen ohne erkennbaren Zusammenhang</p>
		Etwas grünes	<p>Nennung des Wortes grün in einer assoziativen Reihe</p>
		Etwas natürliches	<p>Wörtliche Bezug auf Natur/etwas natürliches im Sinne von „ursprünglich“</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Natürliche Produkte ohne unnatürliche Stoffe und ohne Genmanipulation</li> <li>2. Ein Mädchen, das ungeschminkt ist, ist auch Natur</li> </ol>

	Aufzählung von Dingen, die als „Natur“ bezeichnet werden	Aufzählung von Dingen, die allgemein der Natur zugeordnet werden	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiere und Pflanzen</li> <li>2. Natur sind Pflanzen, Tiere, aber auch Meere etc.</li> </ol>
	Positive Wertung	Es werden direkt oder indirekt positive Konnotationen des Naturbegriffs deutlich	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gute Laune</li> <li>2. Ruhe, Freiheit</li> </ol>
	romantisierende Ansätze erkennbar	Wie positive Wertung, zusätzlich aber schon idealisierende Einschätzung erkennbar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Natur ist der wichtigste Ort und Faktor der Welt</li> <li>2. Gesund, glücklich</li> </ol>
	Mensch als Teil der Natur	Der Mensch oder vom Menschen Geschaffenes etc. werden explizit als Teil der Natur benannt bzw. in der Aufzählung mitgeführt	
	Umweltschäden	Es werden Umweltschäden oder Naturzerstörungen benannt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Saurer Regen</li> <li>2. Umweltverschmutzung</li> </ol>
	Religiöser/ göttlicher Bezug	Es wird explizit auf Gott oder ein höheres Wesen verwiesen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Natur ist das, was Gott geschaffen hat</li> <li>2. Das Werk eines Wissenden</li> </ol>

# Zu Risiken und Nebenwirkungen... - Medizin aus der Natur

Handreichung für Lehrkräfte –  
Arbeitsblätter, Folien,  
Experimentiervorschriften



„Abholzung des Regenwaldes zerstört Hoffnung auf Arzneimittel.

Arzneiwirkstoffe im Wert von 109 Mrd. US-\$ in biologischen Ressourcen im Regenwald vermutet.“

Produkt	ursprüngliche Wirkstoffquelle		Anwendung
Aspirin	Weide	Pflanzen	Schmerzmittel
Tubocurarine	Behaarter Knorpelbaum		Muskelrelaxantium
Vincristin & Vinblastin	Rosafarbene Catharanthe		Krebstherapie
Taxol	Europäische & Pazifische Eibe		Krebstherapie
Calcitonin	Lachs	Tiere	Osteoporose
Magainin	Froschhaut		Antibiotika
Tissue Plasminogen Activator	Vampirfledermaus		Anticoagulant
Hirudin	Blutegel		Anticoagulant
Zocor	Aspergillus terreus	Pilze	Cholesterinsenker
Penicillin	Penicillium		Antibiotika
Cyclosporin	Tolyptocladium inflatum		Immunsuppressivum



# Laufzettel

Station	Erläuterung	bearbeitet am
<b>1: Text</b> Aspirin – ein Meilenstein der Medizingeschichte	Geschichtliche Aspekte zum wohl bekanntesten Schmerzmittel Deutschlands	
<b>2: Information und Experiment</b> Mädesüß als Medikament	Mädesüß als Wirkstoffquelle verschiedener Salicylverbindungen und Gewinnung derselben	
<b>3: Text</b> Der Schmerz und seine Bekämpfung	Biologische und chemische Grundlagen der Schmerzentstehung und-bekämpfung	
<b>4a: Schülerexperiment</b> Chemische Synthese des Aspirin	Herstellung von Acetylsalicylsäure	
<b>4b: Hintergrundinformation</b> Chemische Synthese von Aspirin	Grundlagen zur industriellen Herstellung von Acetylsalicylsäure	
<b>4c: Puzzle</b> Mechanismus der Veresterung	(wahlweise) Vertiefung zum Reaktionsmechanismus	
<b>fakultative Ergänzung: Schülerexperiment</b> Titrimetrische Bestimmung des Acetylsalicylsäuregehalts	Vergleich des experimentell bestimmten Gehalts mit den Herstellerangaben	
<b>5: Zeitungsartikel</b> Wirkstoffsuche in der Medizin – Entdeckung neuer Medikamente	Wie findet die Pharmaindustrie eigentlich neue Wirkstoffe?	
<b>6a oder 6b: Zeitungsartikel</b> Wirkstoffsuche in der Medizin – a) Artensterben bedroht Gesundheit <b>oder</b> b) marine Naturstoffe	Je ein Partner <b><u>eines zuvor gefundenen Pärchens</u></b> bearbeitet eine der beiden Stationen; <b><u>anschließender Austausch und Ergänzung der eigenen Notizen hinsichtlich der wichtigen Fachbegriffe!</u></b>	



# Aspirin – ein Meilenstein der Medizingeschichte

Die Geschichte des Aspirins geht bis in das Altertum zurück. Auszüge aus der Rinde von Weiden und Pappeln wurden bereits damals als Heilmittel verwendet. Die Heilkraft der Weiden geriet jedoch in Europa im Mittelalter in Vergessenheit, bis der Engländer Edmund Stone (1702-1768) nach einem Ersatzstoff für die für ihn zu teure Chinarinde suchte. Er stieß auf die Weidenrinde, da diese den gleichen bitteren Geschmack hatte. Er ging davon aus, dass die Weidenrinde wie die Chinarinde eine fiebersenkende Wirkung aufweise.



Bereits im Alten Rom (Relief ca. 100 n.Chr.) wurden Weidenrinde-Pasten verwendet.

Stone konnte sich jedoch glücklich schätzen, dass die Weidenrinde eine fiebersenkende Wirkung zeigte, da ihre Bestandteile keine chemische Verwandtschaft mit der Chinarinde aufweisen.

Da die Wirkung der Weide unumstritten war, machte es sich Johann Buchner (1783-1852), Professor für Pharmazie an der Universität München, zur Aufgabe, den Wirkstoff aus der Weidenrinde zu isolieren. Diesen Stoff nannte er nach dem lateinischen *Salix* (dt. Weide) *Salicin* und wies drei Jahre später die fiebersenkende Eigenschaft des *Salicins* nach. Der italienischen Chemiker Raffaele Piria stellte 1883 aus dem *Salicin* die *Salicylsäure* her, die als Schmerzmittel verwendet wurde.

Dem deutschen Chemiker Hermann Kolbe (1818-1884) gelang es, aus Phenol und Kohlenstoffdioxid *Salicylsäure* zu synthetisieren. 1874 begann in Dresden die industrielle Produktion der *Salicylsäure* nach dem Syntheseverfahren von Kolbe. Diese *Salicylsäure* kostete in der Herstellung nur noch ein Zehntel der *Salicylsäure*, die man aus *Salicin* gewonnen hatte.

Die Verwendung der *Salicylsäure* wurde jedoch von schweren Nebenwirkungen, z.B. einer Reizung der Magenschleimhaut und Brechreiz, begleitet. Im Jahre 1897 fand der deutsche Chemiker Felix Hoffmann (1868-1946) im Werk der Firma Bayer in Wuppertal ein Verfahren zur Herstellung von reiner und haltbarer *Acetylsalicylsäure* (kurz ASS), einer geringfügigen Modifikation der *Salicylsäure*. Hoffmann gelang es hiermit, den bitteren Geschmack der *Salicylsäure* sowie die zuvor aufgetretenen Nebenwirkungen zu minimieren. Damit war die Grundlage für das erste Fertigarzneimittel geschaffen. 1899 brachte Bayer *Acetylsalicylsäure* unter dem Handelsname *Aspirin* als Medikament auf den Markt.

1. Fertigen Sie einen Zeitstrahl an, an dem die Geschichte des Aspirins abgelesen werden kann. Machen Sie die unterschiedliche Bedeutsamkeit der Punkte grafisch (Farbe, Größe...) sichtbar.
2. Notieren Sie, welche Präparate Sie kennen, die *Acetylsalicylsäure* enthalten. Wann und warum werden diese verwendet?

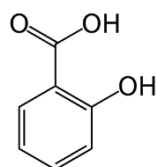


Bild: <http://pamaki.hotnewsblog.net/2013/10/aus-omas-nahkastchen-alte-hausmittelchen.html>

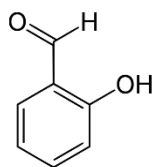


## Mädesüß als Medikament?

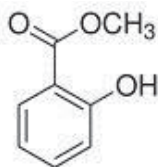
Kein Mensch leidet gerne unter Schmerzen, obwohl sie Teil eines lebenswichtigen Warnsystems unseres Organismus' sind. Heiler, Kräuterfrauen und Ärzte waren daher von jeher bestrebt, Mittel zur Schmerzlinderung zur Verfügung zu haben. Im alten Griechenland beispielsweise nutzte man hierfür einen Saft aus Weidenrinde. Heute weiß man, dass diese Rinde Salicin enthält, eine Vorform der heute in vielen Schmerzmitteln vorkommenden Acetylsalicylsäure (Station 1). Da die Weidenzweige im Mittelalter jedoch für die Korbflechtereie gebraucht wurden, wurde es verboten, diese zu Pflücken. Kräuterfrauen entdeckten damals, dass auch Extrakte aus den Blüten des Mädesüß (auch Spierstaude, lat. *Filipendula*) eine schmerz- und fiebersenkende Wirkung zeigten. Später fand man heraus, dass diese unter anderem Methylsalicylat, Salicylaldehyd und Salicylsäure enthalten.



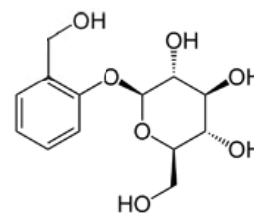
Salicylsäure



Salicylaldehyd



Methylsalicylat



Salicin

### Experiment: Herstellung von Mädesüßtee

#### Chemikalien:

4 -5 g Mädesüßblüten (getrocknet oder frisch, möglichst krautfrei), Wasser, Eisen(III)-Chlorid-Lösung (GHS 05,07)

#### Geräte:

Becherglas, Filter, Filterpapier, Heizplatte, Thermometer, Waage

#### Durchführung:

Blüten abwägen und in einem Becherglas mit 100 ml Wasser bedecken. Den Sud kurz aufkochen und anschließend etwa zehn Minuten ziehen lassen. Den Tee anschließend durch einen Filter geben. Eine kleine Probe des klaren Filtrats wird mit einigen wenigen Tropfen Eisen(III)-Chlorid-Lösung versetzt. Ein dunkler Niederschlag zeigt das Vorhandensein von Salicylverbindungen an.



- Fertigen Sie einen Steckbrief des Mädesüß an. Einige Quellen sind beispielsweise die Informationen zu Mädesüß auf den Internetseiten der BUND-Ortsgruppe Wunsiedel, der Apotheken Umschau oder der Badischen Zeitung. Reflektieren Sie im Steckbrief auch die Entstehung des Markennamen ASPIRIN. Beziehen Sie auch eine morphologische Untersuchung des Mädesüß in den Steckbrief mit ein (Mädesüßprobe wird in Aufgabe 2 verwendet!).
- Führen Sie das obige Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch! Notieren Sie die Beobachtungen und werten Sie diese aus. Gehen Sie dabei besonders auf den Geruch des Tees ein und reflektieren Sie ihn vor dem Hintergrund der oben genannten Wirkstoffe und ihrer Struktur.
- Im Mittelalter schrieb John Gerard (englischer Chirurg und Botaniker), dass man die Blüten des Mädesüß in Wein kochen und den Sud gegen das Viertagefieber trinken solle. Erörtern Sie vor dem Hintergrund der Wirkstoffe, inwieweit Wasser oder Wein aus chemischer Sicht das geeignetere Lösungsmittel für Mädesüßblüten sind.



# Der Schmerz und seine Bekämpfung



Heute gibt es unzählige Präparate gegen Schmerzen

Jeder Mensch kennt Schmerzen, sie sind Teil des menschlichen Lebens. Akute Schmerzen werden durch eine Gewebeschädigung oder eine Störung des Gewebestoffwechsels ausgelöst. Sie dienen so quasi als Warnsignal für den Menschen und können unterschiedlich stark sein.

Schmerzentstehung und Schmerzwahrnehmung sind komplexe Prozesse, an denen viele Stoffe beteiligt sind.

Vereinfacht kann man den Prozess folgendermaßen beschreiben:

Geschädigte oder gereizte Körperzellen setzen *Arachidonsäure* frei. Diese wird mit dem Enzym *Cyclooxygenase* zu *Prostaglandinen* umgebaut. *Prostaglandine* sind Botenstoffe, die zur Entstehung von Fieber, Schmerzen und Entzündungen beitragen. Gleichzeitig entstehen auch andere *Schmerzmediatoren* (Schmerzen erregende Stoffe). Die Schmerzmediatoren erregen dann die *Nozizeptoren*, die auf Schmerzen spezialisierten Nervenzellen eines Organs (lat.: nocere = Schaden, rezeptor = Empfänger). Die von den *Nozizeptoren* aufgefangenen Schmerzinformationen werden über Nervenfasern zum *Schmerzzentrum* im Gehirn weitergeleitet. Die Menge der gebildeten Schmerzmediatoren bestimmt, wie unangenehm ein Schmerz empfunden wird.

## Wirkungsweise von Acetylsalicylsäure

Lange bevor all diese Zusammenhänge bekannt waren, wurde Weidenrindensud oder später Acetylsalicylsäure (ASS) verwendet, ohne dass man genau wusste, warum die Substanz gegen Schmerzen wirkt. Erst JOHN ROBERT VANE (1927-2004), ein Londoner Professor für Pharmakologie, konnte aufklären, wie ASS im Körper wirkt: die Acetylsalicylsäure hemmt die Prostaglandinsynthese. Sie überträgt einen Acetylrest auf die Arachidonsäure, sodass die enzymatisch katalysierte Umwandlung zu Prostaglandinen nicht mehr erfolgen kann (Schlüssel-Schloss-Prinzip wird gestört). Da keine Prostaglandine mehr gebildet werden, gehen Schmerzen und Entzündungsreaktion zurück. Für die Aufklärung des Wirkmechanismus erhielten VANE und seine Mitarbeiter 1982 den Nobelpreis für Medizin.

1. Recherchieren Sie die Formel der Arachidonsäure sowie die Entdeckung, Namensgebung und Anzahl der bekannten Prostaglandine. Geben Sie die Formel der Arachidonsäure sowie eines Prostaglandins an. Nutzen Sie diese für Aufgabe 2.
2. Tauschen Sie sich mit einem Mitschüler über ihre Erkenntnisse aus. Stellen Sie auf der Grundlage des Textes gemeinsam schematisch dar, wie Schmerzen im Körper entstehen und wie ASS diese Entstehung verhindert (z.B. mit einem Pfeildiagramm oder einer schematischen Zeichnung).



verändert nach: Pirincci, Melda (2009): Acetylsalicylsäure als Leitsubstanz durch den Chemieunterricht von Klasse 7 bis zum Abitur. Dissertation, Duisburg.  
Bild: <http://www.runnersworld.de/gesundheit/schmerzmittel-beim-laufen.137860.htm>

# Chemische Synthese von Acetylsalicylsäure

## Experiment:

## Herstellung von ASS







**Chemikalien:** Salicylsäure (GHS05, 07), Essigsäureanhydrid (GHS02, 05, 07), konzentrierte Schwefelsäure (GHS05), Eiswasser, Eisen(III)-Chlorid-Lösung (GHS05, 07)

**Geräte:** Waage, 2 Erlenmeyerkolben 250 ml, Heizplatte, Wasserbad, Eisbad, 2 Pipetten, Thermometer, Saugflasche, Nutsche, Rundfilter, Wasserstrahlpumpe, Vakuumschlauch, Petrischale, 3 Reagenzgläser mit Ständer

### Durchführung:

- 10 g Salicylsäure werden mit 20 g Essigsäureanhydrid gemischt und so lang geschüttelt, bis eine möglichst homogene Mischung entsteht.
- Der Erlenmeyerkolben wird in ein Wasserbad auf eine Heizplatte gestellt. Nach Zutropfen von 20 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure wird die Lösung unter ständigem Rühren vorsichtig auf 45° C erwärmt (Kontrolle mit einem Thermometer im Reaktionsgefäß).
- Das Gemisch wird so lange bei 45° C gerührt, bis weiße Kristalle entstehen.
- Anschließend wird der Erlenmeyerkolben zunächst in kaltem, dann in Eiswasser abgekühlt.
- Nun werden die Kristalle mit Saugflasche, Nutsche und Wasserstrahlpumpe abgenutscht und drei mal mit ca. 10 ml Eiswasser gewaschen.
- Das Produkt wird im Trockenschrank (ca. 15 Minuten bei 80° C) getrocknet.
- Nach dem Trocknen werden in je einem Reagenzglas eine Spatelspitze Salicylsäure, Aspirin-tablette und Reaktionsprodukt in 5 ml Wasser gelöst und mit 5 Tropfen Eisen(III)-Chlorid-Lösung versetzt.

1. Führen Sie das Experiment in einer Kleingruppe durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen. 
2. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung. Wozu dient die konzentrierte Schwefelsäure? 
3. Vergleichen Sie den vorliegenden Reaktionsmechanismus mit anderen Reaktionen dieses Typs (z.B. in einer Tabelle). Kann man sagen, dass es sich bei dieser Reaktion auch um eine Kondensationsreaktion handelt? Begründen Sie! 
4. Erläutern Sie die Funktion von Schritt 7 der Durchführung. 



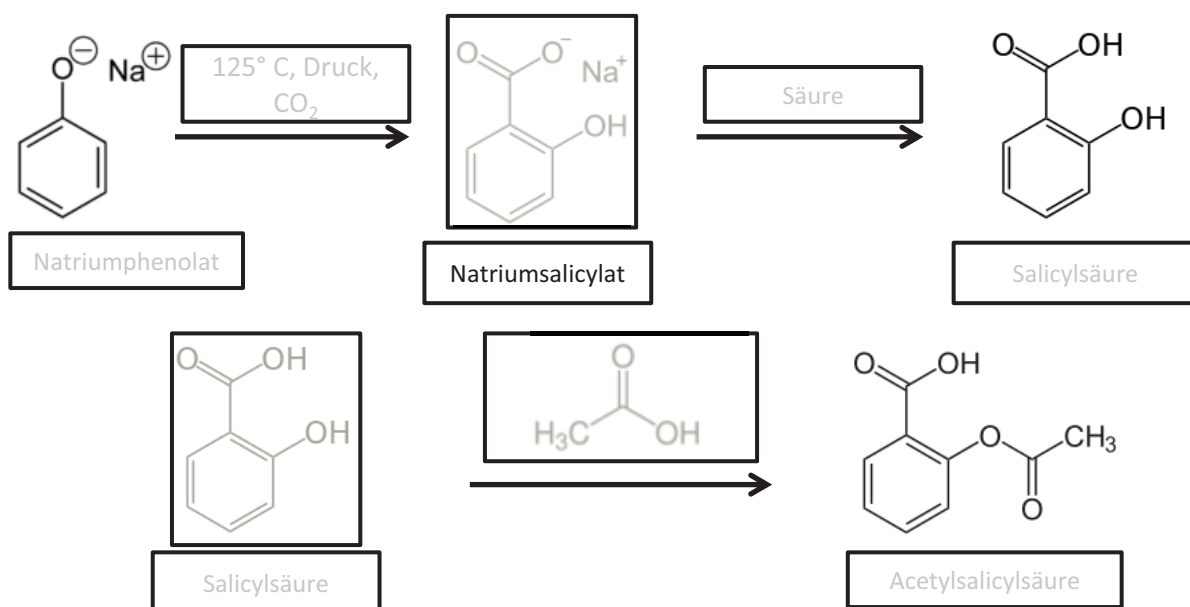
# Chemische Synthese von Acetylsalicylsäure

Im Jahre 1859 hat der Marburger Professor Hermann Kolbe die Struktur der Salicylsäure aufgeklärt. Er war in der Lage, den Naturstoff, der bis dahin aus der Weide gewonnen wurde, synthetisch herzustellen. Bis 1874 hat er die Synthese weiter verbessert, sodass sie auch in den industriellen Maßstab übertragen werden konnte.

Rudolph Schmitt entwickelte die Methode 1885 weiter und verbesserte sie erneut zu der Synthese, die heute genutzt wird. Zu Ehren der beiden Begründer der Acetylsalicylsäuresynthese wurde der erste Schritt dieser Synthese nach ihnen benannt.

Bei der Kolbe-Schmitt-Synthese reagiert Natriumphenolat bei 125 °C und unter Druck mit Kohlenstoffdioxid zu Natriumsalicylat. Hierbei erfolgt eine direkte Einfügung des Kohlenstoffdioxids am aromatischen Ring. Durch eine anschließende Protonierung mit einer Säure entsteht die Salicylsäure, welche auch bekannt ist als ortho-Hydroxybenzoesäure.

Ein Problem war jedoch der schlechte Geschmack und die schlechte Verträglichkeit der Salicylsäure, die die Schleimhäute angreift. Der Chemiker Dr. Felix Hoffmann, dessen Vater an Rheuma litt, machte sich daran, die Salicylsäure zu veredeln, um die unerwünschten Nebenwirkungen zu verringern. Heute wird daher bei der Herstellung von Aspirin<sup>®</sup> und ähnlichen Schmerzmitteln im zweiten Schritt der Synthese die vorher gebildete Salicylsäure mit Essigsäure an der phenolischen Hydroxygruppe verestert.

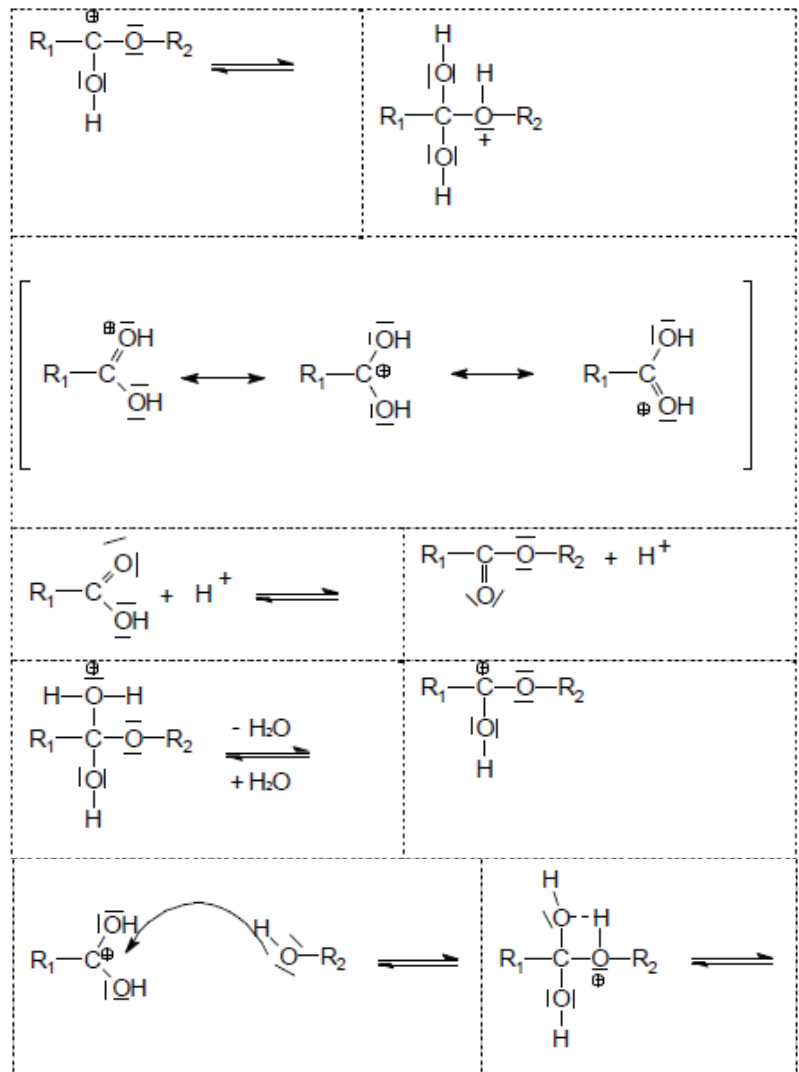




- Erläutern Sie in einem Satz, was man unter der Veredelung von Salicylsäure versteht.
- Vervollständigen Sie die Reaktionsgleichungen der Synthese von Acetylsalicylsäure (ASS) hinsichtlich Namen und Strukturformeln der beteiligten Stoffe mithilfe des Textes.



# Chemische Synthese von Acetylsalicylsäure- Mechanismus der Veresterung

- Schritt 1:  
Protonen, Katalysator,  
Carboxy-Gruppe,  
delokalisiert,  
mesomeriestabilisiert,  
Carbenium-Ion, dienen als
- Schritt 2:  
nucleophil, partiell negativ  
geladen, angreifen,  
Kohlenstoff-Atom der  
Carboxy-Gruppe,  
Sauerstoff -Atom in der  
Hydroxy-Gruppe
- Schritt 3:  
Carbenium-Ion, wandern,  
intramolekular, positive  
Ladung,  
Wasserstoffbrückenbindung,  
abspalten
- Schritt 4:  
abspalten, instabil, entsteht,  
Katalysator, Ester, Proton,  
Carbenium-Ion,  
Gesamtreaktion



1. Schneiden Sie die gegebenen Strukturformeln aus und ordnen Sie die Edukte und Produkte den jeweiligen Reaktionsschritten der Veresterung zu. 
2. Schreiben Sie unter Verwendung der gegebenen Stichworte einen erklärenden Text zum Mechanismus der Veresterung. 

nach: Pirincci, Melda (2009): Acetylsalicylsäure als Leitsubstanz durch den Chemieunterricht von Klasse 7 bis zum Abitur. Dissertation, Duisburg.



# Titrimetrische Bestimmung des Acetylsalicylsäuregehalts

## Experiment :

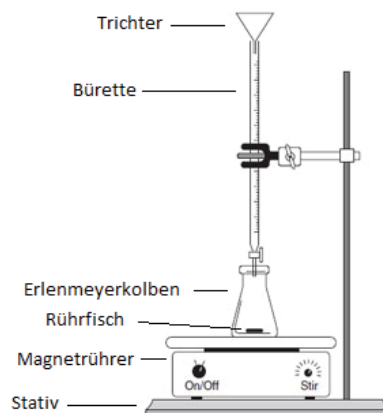


## Chemikalien:

1 Aspirin-Tablette; Natronlauge (  $c = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$  ) (GHS05); Ethanol 96 % (GHS02); dest. Wasser; Phenolphthaleinlösung (Indikator, GHS02).

## Geräte:

Stativ mit Klemme; Bürette (50 ml); Trichter; Erlenmeyerkolben (500 ml); Magnetrührer mit Rührfisch, Mörser mit Pistill.



## Durchführung:

In dem Erlenmeyerkolben wird die gemörserte Aspirin-Tablette in Ethanol gelöst. Wichtig ist, dass die Aspirin-Tablette vollständig gelöst wird und keine Reste im Mörser zurück bleiben. Beim Lösen der Tablette sollte darauf geachtet werden, dass nur so viel Ethanol dazugegeben wird, bis eine völlig homogene Lösung vorliegt. Anschließend werden 20 ml destilliertes Wasser und ca. 0,1 ml Phenolphthalein hinzugegeben. Nun füllt man 40 ml Natronlauge in die Bürette. Anschließend tropft man die Natronlauge langsam und unter ständigem Rühren in den Erlenmeyerkolben, bis der Indikator umschlägt. Man liest die verbrauchte Menge an Natronlauge an der Bürette ab.

## Beobachtung:

---



---



---



---



---



---

1. Führen Sie das nachfolgende Experiment in einer Kleingruppe durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen.
2. Berechnen Sie die Masse der Acetylsalicylsäure in einer Aspirin-Tablette.
3. Bestimmen Sie die prozentuale Abweichung Ihres Ergebnisses aus Aufgabe 2 zu den Angaben auf dem Beipackzettel. Wie viel Prozent Abweichung würden Sie als Käufer einer Aspirin-Tablette tolerieren? Begründen Sie!



Quelle: [www.beipackzettel.de](http://www.beipackzettel.de)



### Hinweise:

- Die molare Masse von Acetylsalicylsäure beträgt  $180,16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$
- Acetylsalicylsäure ist eine einprotonige Säure, das heißt, dass pro Molekül Acetylsalicylsäure genau ein  $\text{OH}^-$ -Ion zur Neutralisation notwendig ist.

Skizze verändert nach <http://foodrecap.net/manufacture/analysis/ph-ta-analysis/>



# Wirkstoffsuche in der Medizin – Entdeckung neuer Medikamente

## Planung statt glücklicher Fügung

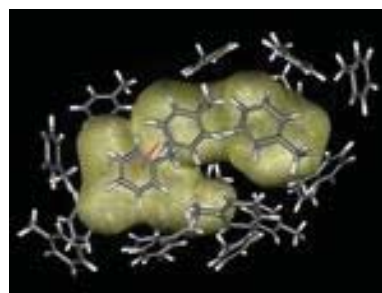
Bei der Entdeckung neuer Arzneimittel spielte in der Vergangenheit der Zufall oft eine entscheidende Rolle - zum Teil ist das heute noch so. Man testete Tausende von Molekülen, zum Beispiel Produkte chemischer Synthesen oder Pflanzenextrakte, in biologischen Systemen auf möglicherweise interessante pharmakologische Wirkungen. [...] Im Englischen gibt es dafür das von dem Schriftsteller und Politiker Horace Walpole (1717-1797) geprägte Wort „Serendipity“ (etwa: glückliche Fügung, Zufallstreffer) nach einem persischen Märchen von drei Prinzen, die sich nach Serendip (persisch für das heutige Sri Lanka) aufmachen und nie dort ankommen, aber unterwegs die interessantesten Entdeckungen machen.

Große Anstrengungen werden unternommen, um bei dem Prozess der Entdeckung und Entwicklung neuer Wirkstoffe fort von der Serendipity und hin zur rationalen Planung zu gelangen. Möglich wird dies, wenn die molekularen Mechanismen, die das Krankheitsbild verursachen, zumindest teilweise bekannt und die Zielmoleküle (Targets), an denen das Medikament angreifen soll, definiert sind. Gegen diese Targets werden dann Stoffbibliotheken, die Zehn- oder Hunderttausende von Molekülen umfassen können, gescreent. Das Prinzip Zufall ist bei diesem modernen Ansatz also keineswegs völlig verschwunden, aber die Chancen werden erhöht.

## Analyse der Bindungsstellen

Targets für Arzneistoffe sind in der Regel Proteine: Enzyme, Rezeptoren, Ionenkanäle, Transporter oder Signalproteine. Wenn der Chemiker ihre dreidimensionale Struktur kennt, kann er spezifische Bindungsstellen für die natürlichen Liganden identifizieren. Gesucht wird dann ein Arzneimittel, das mit einer höheren Bindungskapazität den natürlichen Liganden verdrängt und die biologische Aktivität (kompetitiv) inhibiert, aktiviert oder modifiziert. [...]

Wenn die Bindungstasche für den Liganden bis in die atomare Dimension hinunter bekannt ist, können aus der Strukturdatenbank jene Moleküle selektioniert werden, die aufgrund ihrer Raumstruktur und Bindungseigenschaften als künstliche Liganden und Arzneimittelkandidaten in Frage kommen. Mehr noch: Man kann die chemischen Eigenschaften dieser Moleküle schrittweise verändern, um ihre Bindungsfähigkeit oder ihre pharmakologischen Eigenschaften (Verträglichkeit, Zugänglichkeit, Bioverfügbarkeit etc.) zu verbessern. Für diese als „molecular modeling“ bezeichneten Prozesse gibt es leistungsfähige Computerprogramme. [...]



Molecular modeling (© TU Clausthal)

1. Lesen Sie den obigen Zeitungsartikel zur Wirkstoffsuche in der Pharmaindustrie.
2. Stellen Sie in geeigneter Form dar, wie die Chemie bei der Suche nach und Modifizierung von Wirkstoffen nützen kann.



Textquelle: <http://www.bio-pro.de>, Artikel vom 09.08.2010



# Wirkstoffsuche in der Medizin – Artensterben bedroht Gesundheit

## Medikamente aus der Natur Artensterben bedroht Gesundheit

**Tiere und Pflanzen besitzen viele Wirkstoffe, die auch dem Menschen helfen könnten - etwa in Medikamenten. Doch bei vielen dieser Substanzen kommt die Forschung kaum hinterher. Das Artensterben schreitet zu schnell voran.**

Millionen Menschen mit Magengeschwüren hätten womöglich geheilt werden können: Tief im australischen Regenwald waren Forscher vor Jahren auf einen Frosch gestoßen, der vermutlich ein Geheimnis zur Therapie von Magengeschwüren in sich barg. Die seltene Art (*Rheobatrachus vitellinus*), braungefleckt mit gelbem Bauch, schluckte ihre befruchteten Eier und brütete sie im Magen aus. Wenn die Zeit kam, kletterten die Froschkinder aus dem Maul der Mutter. US-Mediziner glauben, dass die Froscheier über eine Substanz verfügten, die sie vor der Magensäure der Mutter schützte.



Derzeit leben auf der Erde schätzungsweise 5500 verschiedene Arten von Fröschen, die meisten von ihnen sind bedroht.  
(Foto: picture alliance/dpa)

Wahrscheinlich hätten einmal ungezählte Patienten mit Reizmagern und Magengeschwüren von diesem Stoff profitieren können, sagt der Mediziner Eric Chivian von der Harvard-Universität in Boston. Aber der Frosch ist mittlerweile ausgestorben - und mit ihm das Geheimnis seiner widerstandsfähigen Eier. Nirgendwo verliert die Natur so viele Arten wie in den Tropen, warnte jüngst die Weltnaturschutzunion IUCN in einem Bericht zur UN-Konferenz für biologische Vielfalt [...].

### Verlorene Naturgeheimnisse

Das Bostoner Zentrum für Gesundheit und globale Umwelt unter Leitung des Harvard-Professors Chivian vergleicht das Ausmaß des heutigen Artensterbens mit dem vor rund 65 Millionen Jahren. Damals hatte eine Naturkatastrophe, vermutlich der Einschlag eines Asteroiden (!), die Dinosaurier und weite übrige Teile des Lebens auf der Erde ausgelöscht. Mit jeder Art gehe ein Naturgeheimnis verloren, das Mittel gegen Krankheiten des Menschen verheiße, betont das Team um Chivian.





Beispiel Eisbären: Von ihnen hofft die Forschung, Neues über Knochenschwund, Nierenversagen und gewichtsbedingten Diabetes Typ II lernen zu können. Doch Eile ist geboten: Die weißen Kolosse aus der schmelzenden Arktis werden nach Experteneinschätzung noch bis Ende dieses Jahrhunderts aussterben. Eisbären bewegen sich gut die Hälfte des Jahres nicht, büßen aber dennoch keine Knochensubstanz ein. Sie halten den Urin im Winterschlaf monatelang [an], ohne ihren Nieren zu schaden - und fressen sich zuvor dicke Speckrollen an, bleiben aber von Diabetes verschont.



Knochenschwund, Nierenversagen und gewichtsbedingten Diabetes: Eisbären könnten Aufschluss geben.

(Foto: dpa)

### **Kegelschneckengift als Schmerzmittel**

Kegelschnecken, die ihre Beute im Meer mit körpereigenem Gift töten, faszinieren Mediziner ganz besonders. Jede Art produziert einen anderen Gift-Cocktail, der sich aus verschiedenen kleinen Eiweißmolekülen (Peptiden) zusammensetzt. Diese Gifte blockieren die elektrischen Signale an Muskel- und Nervenzellen bei Tieren und Menschen und lähmen auf diese Weise. Nach Angaben der Harvard-Forscher produzieren die 700 bisher bekannten Kegelschneckenarten insgesamt etwa 140.000 verschiedene Peptide.

Von diesen Stoffen werden derzeit 100 auf ihre Wirkung als Schmerzmittel und zum Schutz von Nervenzellen bei Schlaganfall und Herzinfarkt getestet. Ob weitere Peptide der Kegelschnecken im Labor und später in einer Apotheke landen, hängt auch vom Überleben der Schnecken ab. Sie sind in tropischen Korallenriffen zu Hause, die zu den am meisten bedrohten Ökosystemen der Erde gehören.

### **Gesundheit hängt von biologischer Vielfalt ab**

Die Mehrheit aller verschreibungspflichtigen Medikamente in Industrieländern wird aus pflanzlichen oder tierischen Substanzen sowie von Mikroben gewonnen, schreibt das Harvard-Team in "How Our Health Depends On Biodiversity". Darunter sind etablierte Mittel wie Morphine aus Schlafmohn, das Schmerzmittel ASS (Acetylsalicylsäure) aus der Silberweide und die Krebsbekämpfer Vinblastin und Vincristin aus Madagaskar-Immergrün. [...] Von Stoffen eines Meeresschwammes kopierten Pharmakologen Mittel AZT gegen den Aidsreger HIV. Und ohne Mikroben gäbe es weder Antibiotika wie Penizillin noch die als Statine bekannten Cholesterinsenker.

- Fassen Sie den Text in Form einer Mind-Map zusammen.
- Führen Sie eine Recherche zu den Begriffen „Biodiversität“ und „Nachhaltige Entwicklung“ durch. Stellen Sie Ihre Ergebnisse sowie ein gängiges Nachhaltigkeitsmodell in Form einer Tabelle dar.
- Beziehen Sie Ihre Ergebnisse aus Aufgabe 2 auf den obigen Zeitungsartikel. Stellen Sie begründet dar, inwiefern der Schutz der Biodiversität bezogen auf alle drei Säulen nachhaltiger Entwicklung nachhaltig wäre.



Textquelle: <http://www.n-tv.de>, Artikel vom 28.10.2010



# Wirkstoffsuche in der Medizin – marine Naturstoffe

## Die Natur als Apotheke

Die Redewendung, gegen ein Leid sei ein Kraut (oder eben kein Kraut) gewachsen, illustriert sehr anschaulich, dass historisch die Pflanzenwelt die erste Apotheke der Menschheit war. [...] Seit Paracelsus weiß man, dass die Inhaltsstoffe der Pflanzen für die beobachtete medizinische Wirkung verantwortlich sind. [...] Die wissenschaftlichen Fortschritte innerhalb der Chemie ermöglichten es in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die isolierten Inhaltsstoffe chemisch zu modifizieren, um beispielsweise unerwünschte Nebenwirkungen zu reduzieren.

## Synthetische Wirkstoffe

Die Entwicklung neuer Wirkstoffe blieb jedoch nicht bei diesen modifizierten Naturstoffen stehen. Bald schon wurden vollständig synthetische Wirkstoffe wie z.B. Salvarsan® (ein Mittel gegen die Syphilis) entdeckt und vermarktet. Der Erfolg solcher vollständig synthetisch hergestellten Wirkstoffe war so groß, dass die Natur als Apotheke fast in Vergessenheit geriet. Weil aber die Chemiker im Laufe des 20. Jahrhunderts so viele Substanzen hergestellt hatten, wurde es zunehmend schwierig, aus dieser Vielzahl jene heraus zu finden, die als Wirkstoffe geeignet waren. Man verringerte die Vielzahl an Substanzen jetzt dadurch, dass man gezielt solche als Ausgangspunkt für die Wirkstoffsynthese untersuchte, die bereits ihren biologischen Wert unter Beweis gestellt hatten: Naturstoffe. [...]

## Strukturelle Diversität

Die meisten pflanzlichen Naturstoffe, die isoliert werden, gehören einer schon bekannten Naturstoffklasse an. Neuartige Strukturen werden hingegen selten gefunden. Wenn man neue Wirkstoffe sucht, ist aber gerade eine strukturelle Diversität wichtig. Man hat deshalb in den letzten Jahrzehnten verstärkt zwei neue potentielle Quellen für Naturstoffe genutzt: Mikroorganismen aus Bodenproben sowie Meeresbewohner. Da mehr als 70 % der Erdoberfläche mit Wasser bedeckt ist, spricht die statistische Wahrscheinlichkeit dafür, dass man im Meer zahlreiche verschiedene Naturstoffe finden kann. Die Artenvielfalt (Biodiversität) ist im Meer sehr hoch. Man kann daher davon ausgehen, dass auch die chemische Diversität der produzierten Naturstoffe sehr hoch ist. [...]

## Gewinnung mariner Naturstoffe

Obwohl marine Naturstoffe so interessant sind, sind mit der Entwicklung eines Medikamentes auf der Basis dieser Naturstoffe auch Probleme verbunden. Die Lebensräume der produzierenden Organismen sind oft schwer zugänglich, man muss die gesetzlichen Bestimmungen der Anrainerstaaten einhalten und die Umwelt soll beim Sammeln der Organismen so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Moderne Analyse- und Screening-Verfahren sorgen dafür, dass man nur kleinste Mengen der Naturstoffe isolieren muss[,] um seine Wirkung zu untersuchen sowie seine Struktur aufzuklären.



Jedoch: für die Isolierung von 13,8 mg Spongistatin 1 mussten 400 kg des Meeresschwammes *Spongia* sp. eingesammelt werden. Es wird daher nicht möglich sein, die marinen Naturstoffe in ausreichenden Mengen aus den natürlichen Quellen zu isolieren.






© Islands in the Sea 2002, NOAA/OER

Tiefseeschwamm *Discodermia dissoluta*

## Wirkstoffgewinnung

Prinzipiell gibt es drei Auswege aus diesem Dilemma:

- Man züchtet die Organismen in Aquakulturen. Es ist hierbei jedoch schwierig, die Lebensräume genau nachzubilden. Eine Lösung hierfür könnte sein, dass in vielen Fällen der marine Naturstoff nicht vom Organismus selber, sondern von Bakterien, die mit ihm in Symbiose leben, produziert wird. Die Wirkstoffproduktion durch Fermentation scheint hier also möglich.
- Die Naturstoffe werden durch Totalsynthese gewonnen. Das bedeutet, dass sie komplett chemisch hergestellt werden. Da hierfür oft sehr viele Einzelschritte nötig sind, ist die Totalsynthese, vor allem wenn man größere Mengen benötigt, ökonomisch nicht sinnvoll. Für die Totalsynthese von 120 g (+)-Discodermolid (ursprünglich aus dem Tiefseeschwamm *Discodermia dissoluta*), welches eine Aktivität gegenüber Krebszellen zeigt, wurden z.B. 33 Tonnen organische Lösungsmittel verbraucht. 100 Mitarbeiter arbeiteten über drei Jahren an dem Projekt. Als dann die ersten klinischen Untersuchungen zeigten, dass das Medikament für den Menschen toxisch ist, wurde das Projekt, welches sehr viel Geld gekostet hatte, abgebrochen.
- Der Naturstoff dient als Vorbild für einen strukturell weniger komplexen Wirkstoff. Oft braucht man für den Wirkstoff nicht das ganze Molekül, sondern nur den Teil, der biologisch aktiv ist. Ein aktuelles Beispiel ist der Wirkstoff Eribulinmesylat. Ausgehend von Halichondrin B, das 1986 aus dem Meeresschwamm *Halichondria okadai* isoliert wurde, wurde dieser Wirkstoff, welcher unter dem Handelsnamen Halaven® auf den Markt kam, entwickelt. 2010 wurde er in den USA zur Behandlung von metastasierendem Brustkrebs zugelassen. Etwas später wurde er in der gesamten EU ebenfalls zugelassen.

- Fassen Sie den Text in Form einer Mind-Map zusammen 
- Führen Sie eine Recherche zu folgenden Begriffen durch: Naturstoff, modifizierter Naturstoff und synthetischer Wirkstoff. Stellen Sie Ihre Ergebnisse (mit Beispielen) in Form einer Tabelle dar. 
- Nehmen Sie begründet Stellung zu folgender Aussage: „Ein natürlicher Wirkstoff ist einem synthetischen Wirkstoff in jedem Fall vorzuziehen!“ Gehen Sie dabei auf Wirkung und Herstellung des Medikamentes sowie ökologische Aspekte ein. 



geringfügig verändert nach: Hermanns, Jolanda; Schmidt, Bernd (2013): Marine Naturstoffe. Ein Sachtext für die Sekundarstufe II, Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule 62 (2), S. 29 – 31.

# Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie

Handreichung für Lehrkräfte der  
Sekundarstufe I –  
Arbeitsblätter, Folien,  
Experimentiervorschriften



# Folie zur Besprechung der Abschlussuntersuchung

**Sorte:** Rapshonig

**Farbe:** weiß bis hellbeige

**Konsistenz:** fest oder durch  
Bearbeitung cremig

**Aroma:** dezent

**Elektrische Leitfähigkeit:** ca 0,2 mS/cm

**pH-Wert:** 3,6 – 4,5

**Sorte:** Lindenhonig

**Farbe:** hell/dunkelbeige mit Grünstich

**Konsistenz:** flüssig oder cremig

**Aroma:** sehr kräftig, Pfefferminz, Menthol

**Elektrische Leitfähigkeit:** große Schwankungen  
zwischen 0,3 – 0,9 mS/cm

**pH-Wert:** 3,6 – 4,5

**Sorte:** Waldhonig

**Farbe:** braun bis rotbraun, manchmal grünlich schimmernd

**Konsistenz:** zähflüssig bis weich

**Aroma:** würzig, malzig

**Elektrische Leitfähigkeit:** mind. 0,8 mS/cm

**pH-Wert:** 4,0 – 5,4



# Laufzettel

Station	Erläuterung	bearbeitet am
<b>1: Schülerexperimente</b> Was isst du da? Honig untersuchen	Herstellung von Kunsthonig und vergleichende Untersuchung der Eigenschaften von Honig und Kunsthonig	
<b>2: Schülerexperimente</b> Zucker im Honig?	Vergleich von Imkerhonig, Supermarkthonig und Kunsthonig hinsichtlich ihrer Zucker-Zusammensetzung	
<b>3: Text</b> Honig – Balsam für Leib und Seele	Erläuterung geschichtlicher Aspekte zum Honig	
<b>4: Text und Schülerexperiment</b> Konservierung durch Honig	Erläuterung und Untersuchung von Notwendigkeit und Funktion der Konservierung	
<b>5: Information und Schülerexperiment</b> Halsschmerzen adé?	Kritische Betrachtung der Verwendung von Honig als Hausmittel bei Erkältungskrankheiten	
<b>6: Text und Modell</b> Fest oder cremig – nicht nur eine Geschmacksfrage	Erarbeitung der Grundlagen der Kristallisation von Honig	
<b>7: Zeitungsartikel</b> Geheimnisvolles Bienensterben	Erörterung des weltweiten Phänomens des massenhaften Bienensterbens	
<b>8: Abschlussuntersuchung</b> Wie entsteht deine Lieblingshonigsorte?	Informationen und Experimente zur Unterscheidung verschiedener Sortenhonige	



# Was isst du da? Honig untersuchen



Ein Bienenvolk kann bis zu 50 Kilogramm Honig pro Jahr erzeugen.

Bienen sammeln Nektar oder Honigtau mit ihrem Rüssel ein und speichern ihn in ihrer Honigblase im Körperinneren für den Transport zum Stock. Im Volk angekommen, übergibt die Sammelbiene den Inhalt der Blase an die Bienen im Stock, die ihn weiterverarbeiten. Bei der Übergabe des Honigs werden diesem verschiedene wertvolle Enzyme zugegeben. Außerdem wird ihm beim Transport und der Weiterverarbeitung Feuchtigkeit entzogen. Hat er einen Wassergehalt von unter 20 Prozent erreicht, wird er in Zellen eingelagert und mit einer luftundurchlässigen Wachsschicht überzogen. Für die Biene ist der Honig die Nahrungsquelle für den Winter oder für eine lange Schlechtwetterperiode. Für den Menschen ist Honig schon sehr lange ein leckeres Lebensmittel. Außerdem wird er für medizinische Zwecke verwendet.

Invertzuckercreme oder Kunsthonig ist eine industriell hergestellte, zähflüssige Creme, die ähnlich aussieht und schmeckt wie Bienenhonig. Früher war sie ein wichtiges Ersatzprodukt als Brotaufstrich oder zum Backen. Für die Herstellung von Kunsthonig wird Saccharose, also gewöhnlicher Haushaltszucker, unter Zuhilfenahme von Säuren in kleinere Zuckerteilchen gespalten und mit Wasser zu einer homogenen Masse vermischt. Auch bei der Herstellung des Bienenhonigs wird Saccharose in kleinere Zucker zersetzt, hier sind dafür jedoch Enzyme der Biene zuständig.

## Experiment 1: Herstellung von Kunsthonig



### Geräte und Chemikalien:

500 ml Glas, Heizplatte, Honigglas, 50 g Saccharose, destilliertes Wasser, Milchsäure oder Zitronensäure (GHS05), Glukoseteststäbchen

### Versuchsdurchführung:

50 g Haushaltszucker werden in 80 ml Wasser gelöst und mit ein paar Tropfen Milchsäure oder Zitronensäure versetzt. Die Mischung wird auf ihren Glukosegehalt getestet. Das Gemisch wird zum Kochen gebracht und auf etwa ein Drittel des Anfangsvolumens eingedampft. Wenn das Gemisch anfängt, sich gelb zu färben und zu verdicken, wird die entstandene Zuckercreme in das Honigglas abgefüllt. Der Glukosegehalt wird erneut bestimmt.

1. Erkläre in einem Satz den Unterschied zwischen Honig und „Invertzuckercreme“.
2. Stelle einen Kunsthonig gemäß Experiment 1 in einer Dreier- oder Vierergruppe her. Diesen brauchst du für die folgenden Versuche!



# Was isst du da? Honig untersuchen

## Experiment 2: pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit von Honig und Kunsthonig

### Chemikalien:

20 g Honig (wenn möglich verschiedene Sorten), 20 g Kunsthonig, 80 g destilliertes Wasser

### Geräte:

Bechergläser, Waage, pH-Messgerät oder Teststäbchen, Leitfähigkeitsmessgerät

### Durchführung:

Mische in je einem Becherglas 20 g der Honige oder 20 g Kunsthonig mit 80 g Wasser unter ständigem Rühren, bis der Honig sich aufgelöst hat. Miss dann den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit der Lösung.

## Experiment 3: Wassergehalt von Honig und Kunsthonig

### Geräte und Chemikalien:

20 g Honig bzw. Kunsthonig, 2 Petrischalen, Waage

### Durchführung:

- 20 g Honig bzw. 20 g Kunsthonig werden in eine Petrischale gegeben und das Gesamtgewicht von Honig und Schale bestimmt. Nun werden die Proben an einem warmen Ort (auf der Heizung, sonnige Fensterbank oder im Trockenschrank bei 40°C) bis zur nächsten Woche offen stehen gelassen.
- Die Schale mit der Probe wird erneut gewogen. Um wieviel Prozent hat das Gewicht des Honigs und des Kunsthonigs abgenommen?

## Experiment 4: Hygroskopie von Honig und Kunsthonig

### Chemikalien:

15 g Honig, 15 g Kunsthonig, 200 g Wasser

### Geräte:

drei Porzellanschalen, Waage, Kristallisierschale

### Durchführung:

Fülle 15 g Honig bzw. 15 g Kunsthonig in je eine Porzellanschale und notiere das Gewicht. Die Schalen stellst ihr nun zusammen mit einer mit Wasser gefüllten Schale unter eine große Kristallisierschale oder ein großes Becherglas. Nach einer Woche entnehmt ihr die Porzellanschalen mit dem Honig und dem Kunsthonig aus der Kristallisierschale und wiegt sie erneut. Bestimmt die Differenz zu eurem ersten Messwert!

- Führe die Experimente zu den Eigenschaften des Honigs und des Kunsthonigs in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
- Notiere deine Beobachtungen. Du brauchst diese wieder bei Station 2b!





# Zucker im Honig?

## Experiment: Untersuchung der Zucker in Honig und Kunsthonig



### Chemikalien:

Lösungen von Honig, Kunsthonig, Glucose (Traubenzucker), Fructose (Fruchtzucker) und Stärke

Nachweisreagenzien: Benedict-Reagenz (GHS07, 09), Seliwanoff-Reagenz (GHS07, 09), Lugol'sche Lösung

### Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten, Brenner, Reagenzglaslammer

### Durchführung:

1. Gib nacheinander jeweils 5 – 10 Tropfen Benedict-Reagenz und einige Tropfen der zu testenden Lösungen auf einen Teelöffel. Erhitze das Gemisch anschließend kurz über einer Kerzenflamme.
2. Gib etwa einen Daumen breit der jeweils zu testenden Lösungen in ein Reagenzglas und füge einige Tropfen Seliwanoff-Reagenz hinzu. Kannst du eine Veränderung beobachten? Erhitze nun das Gemisch vorsichtig über dem Brenner (Halteklammer benutzen) und beobachte weiter.
3. Gib in 5 Reagenzgläser je etwa einen cm der zu testenden Lösung. Füge nun drei Tropfen Lugol'scher Lösung hinzu.

Beobachtung: \_\_\_\_\_

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

1. Führe die Experimente zu den Bestandteilen von Honig und Kunsthonig in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Notiere deine Beobachtungen. Kannst du feststellen, welche Stoffe in Honig und Kunsthonig enthalten sind?



# Zusammenfassung der Honiguntersuchung

	Honig	Kunsthonig
Farbe		
Konsistenz		
Geruch		
Geschmack	nur testen, wenn bei der Herstellung des Kunsthonigs lebensmittelecht gearbeitet wurde!	
pH-Wert		
elektrische Leitfähigkeit		
Wassergehalt		
Hygroskopie		
Seliwanoff-Test		
Fehling-Test		
Iod-Kaliumiodid-Test		

Ich/Mir \_\_\_\_\_

---





---



---



---

1. Notiere in der Tabelle die Erkenntnisse aus den Versuchen der Stationen 1 und 2! **Wichtig:** Wiederhole nicht einfach deine Beobachtungen, sondern notiere, was dir diese Beobachtungen verraten (z.B. Was kannst du aus dem Wert für die Leitfähigkeit oder aus dem Ergebnis des Fehling-Test schließen?)! 
2. Bewerte: Würdest du lieber Honig oder Kunsthonig auf deinem Frühstücksbrot essen? Begründe mit den Ergebnissen deiner Untersuchung. 



# Honig – Balsam für Leib und Seele

Honig ist der älteste Süßstoff in reiner Form. Seit der Entdeckung des süßen Bienenerzeugnisses vor etwa 250 000 Jahren ist er eines der wichtigsten und köstlichsten Gaben der Natur. Der Urmensch war damals ein Jäger und Sammler. Er beutete jedoch nur bei den Wildbienen, die Bienenzucht wurde erst sesshaften Menschenvölkern nachgesagt. Die Destillation des Zuckers aus Zuckerrohr entdeckte man erst mehrere hundert Jahre später. Der Steinzeitmensch verdankte die Fundstellen des Honigs meist den Bären, auf deren Speiseplan der Honig bereits seit jeher steht. Für die damaligen Menschen bedeutete es große Mühe, an die süße Köstlichkeit heran zu kommen. Die Bienenstöcke befanden sich meistens hoch oben auf Bäumen oder Felsspalten.



Höhlenmalerei einer Honigsammlerin in Spanien

Wissenschaftler vermuten, dass die vor etwa 10 000 Jahren lebenden Menschen bereits damals um die konservierende Wirkung des Honigs wussten. Nur war ihnen diese Bezeichnung nicht bewusst. Sie könnten Früchte sowie frisch erlegtes Fleisch in Honig eingelegt haben, um es länger haltbar zu machen.

Anhaltspunkte aus einer jüngeren Zeit (ca. 490 bis 420 v. Chr.) belegen, dass die Menschen damals ihre Toten in Honig konservierten. Die Leichen assyrischer Prinzen beispielsweise wurden mitunter jahrelang in Honig aufbewahrt – sie durften nicht vor ihrem Vater beerdigt werden.

Zur Zeit der Römer verfasste der Koch *Apicius* ein Kochbuch, indem unter anderem die Lebensmittel mit Honig konserviert wurden. Oft wurde dem Honig etwas Heiliges zugesprochen, da er die bösen Geister der verderbenden Lebensmittel besiegte. Aus dem ersten Lehrbuch der Pharmazie (ca. 1440 n. Chr.), das von Professor Saladin von Ascoli verfasst wurde, geht hervor:

*"Merke, daß Honig mehr als Zucker die Eigenschaft hat, alles in ihn Gelegte zu erhalten, mehr als irgendeine Sache der Erde, deshalb halten sich confecta und electuaria aus Honig länger als solche aus Zucker."*

1. Fasse den Text auf den folgenden Zeilen zusammen:

Honig \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

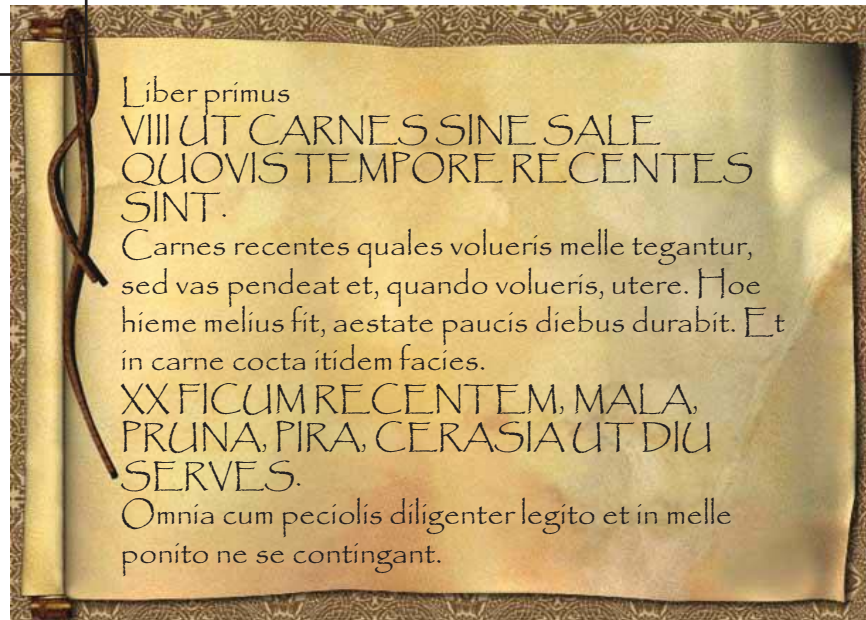


Bild: <http://www.federseemuseum.de/2013/04/28-04-honig-und-bienen/>



# Konservierung durch Honig?

Marcus Gavius Apicius  
DE RE COQUINARIA  
Liber I - Epimeles  
230 p. Chr.n.



Dt. Übersetzung (nach Richard Gollmer)

VIII Fleisch ohne Salz auf eine begrenzte Zeit frisch zu erhalten. Lege zu diesem Zweck das frische Fleisch in Honig, dass es ganz bedeckt ist, hänge das Gefäß auf und verwende das Fleisch wie gewöhnlich. Im Winter hält sich das Fleisch länger, im Sommer nur einige Tage. Mit gekochtem Fleisch kannst du ebenso verfahren.

XX Um frische Feigen, Äpfel, Pflaumen, Birnen und Kirschen lange zu halten, pflücke sie sorgsam mit ihren Stielen und lege sie in Honig, dass sie sich nicht berühren.

Hier seht ihr zwei Rezepte aus dem Kochbuch des Apicius, einem der ältesten bekannten Kochbücher überhaupt.

1. Überlegt euch ein Experiment, mit dem ihr die beschriebene konservierende Wirkung überprüfen könnt. Fertigt eine Versuchsskizze an.
2. Besprecht eure Überlegungen mit eurem Lehrer und führt den Versuch anschließend durch. Notiert über einen Zeitraum von ca. 10 Tagen (spätestens alle zwei Tage) eure Beobachtungen.
3. Erklärt eure Beobachtungen mithilfe des Textes von Station 4b.



## Konservierung durch Honig?

Konservierungsstoffe sind Substanzen, die den Verderb von Lebensmitteln verzögern oder für sehr lange Zeit unterbinden. Es gibt physikalische Konservierungsmethoden, wie zum Beispiel das Erhitzen von Lebensmitteln, aber auch chemische Konservierungsmethoden, wie beispielsweise das Zusetzen von Salz, Zucker oder Essig. Doch warum verderben Lebensmittel nach einer Weile?

Schuld sind Mikroorganismen, vor allem Schimmelpilze und Bakterien. Chemische Konservierungsstoffe hindern diese Mikroorganismen an der Vermehrung, physikalische töten sie direkt ab.

Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten der Konservierung:

1. Herabsetzen des Wassergehaltes  
Bestimmte Umgebungsbedingungen sind für Mikroorganismen besonders vorteilhaft. So brauchen sie beispielsweise eine bestimmte Menge Wasser (für gewöhnlich mindestens 30%) um sich herum. Entzieht man einem Lebensmittel Wasser, z.B. durch Erhitzen, können die Mikroorganismen nicht mehr wachsen.
2. Veränderung des pH-Wertes  
Mikroorganismen sind außerdem nur bei bestimmten pH-Bereichen aktiv. Fügt man einem Lebensmittel Säure zu (z.B. Essiggurken), können die Mikroorganismen sich nicht mehr vermehren.
3. Änderung der Temperatur  
Auch die Umgebungstemperatur muss in einem bestimmten Bereich liegen, damit Mikroorganismen wachsen und sich vermehren können. Viele Lebensmittel sind deshalb im Kühlschrank oder gar der Gefriertruhe viel länger haltbar.

Honig wird für gewöhnlich bei Raumtemperatur gelagert und enthält viele Stoffe, die einen guten Nährboden für Mikroorganismen bilden. Trotzdem ist er noch nach Jahren genießbar und weist keine Gärungserscheinungen auf. Einerseits geben die Bienen bei der Honigproduktion sogenannte Inhibine in den Honig, die das Wachstum von Mikroorganismen hemmen. Andererseits sorgen der geringe Wassergehalt bzw. die hohe Zuckerkonzentration des Honigs und die Tatsache, dass Honig Säuren enthält, dafür, dass Honig sehr lange haltbar ist.

1. Erkläre kurz und knapp, warum Honig auch ohne Kühlung so lang haltbar ist. Gehe dabei auch auf die Grundlagen des Verderbens von Lebensmitteln ein.




---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



# Halsschmerzen adé?

Viele kennen den Tipp von Eltern oder Großeltern, dass eine Tasse Tee oder heiße Milch mit Honig gegen Halsschmerzen helfe. Doch ist dieser Tipp aus wissenschaftlicher Sicht hilfreich?



Allseits ist bekannt, dass Honig angeblich eine heilende Wirkung bei Erkältungskrankheiten wie bakteriellen Infektionen im Rachenraum besäße. In alten Texten lassen sich sogar Belege dafür finden, dass die Ägypter um das Jahr 300 n. Chr. Honig als Heilmittel kannten und ihn auf ihre Wunden salbten. Sollte Honig tatsächlich in dieser Hinsicht wirksam sein, müsste er antibakterielle Eigenschaften aufweisen. Doch was ist dran an diesem Mythos? Ist es Aberglaube und es ereignet sich ein Placebo-Effekt oder kann wissenschaftlich auch eine antibakterielle Wirkung des Honigs nachgewiesen werden?

Tatsächlich gibt es ein Enzym im Honig, das den Zucker abbaut und dabei Wasserstoffperoxid freisetzt – quasi als Abfallprodukt. Dieses Wasserstoffperoxid ist ein keimhemmender Stoff. Substanzen, die solche antibakteriellen Wirkungen aufweisen, nennt man allgemein Inhibine. Doch wie steht es jetzt mit dem Honig im Tee als Hausmittelchen?

## Experiment: Nachweis von antibakteriellen Substanzen im Honig

### Geräte und Chemikalien:

Drei Reagenzgläser, Reagenzglasklammer, Bunsenbrenner, Eiswasser, Thermometer, Stoppuhr, destilliertes Wasser, Honig, Wasserstoffperoxid-Teststäbchen

### Durchführung:

1. Löse 2 g Honig in einem Reagenzglas in 10 ml destilliertem Wasser. Erwärme das Reagenzglas mit dem Bunsenbrenner auf 37°C und schüttele es dabei regelmäßig. Miss nach etwa 2 min mit einem Teststäbchen die Wasserstoffperoxid-Konzentration. Dazu wird das Stäbchen 1 Sekunde in die Lösung gehalten, nach 15 Sekunden ist das Ergebnis auf der Farbskala ablesbar.
2. Erhitze das Gemisch nun auf 60°C und anschließend auf 90 ° C. Wiederhole den Test bei beiden Temperaturen.
3. Löse in einem weiteren Reagenzglas 2 g Honig in 10 ml Eiswasser und teste erneut.

1. Führe das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch und notiere deine Beobachtungen in Form einer Tabelle (Temperatur/Gehalt an Wasserstoffperoxid)
2. Erkläre: Ist es bei bakteriellen Infektionen sinnvoll, Tee mit Honig zu trinken? Worauf muss man achten?



Bild: [http://img.malvorlagenwelt.com/gro%25C3%259Fmutter-lehre-enkelin-\\_4a0d1ad315049-p.gif](http://img.malvorlagenwelt.com/gro%25C3%259Fmutter-lehre-enkelin-_4a0d1ad315049-p.gif)



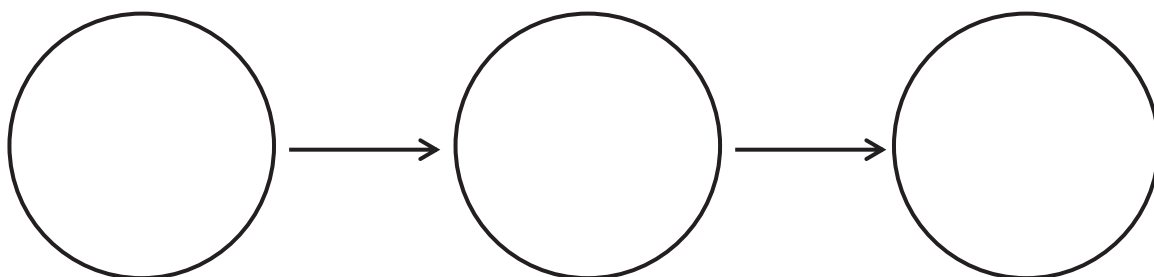
# Fest oder cremig – nicht nur eine Geschmacksfrage

## Kristallisation von Honig

Honig ist eine stark konzentrierte Zuckerlösung aus Glucose (Traubenzucker) und Fructose (Fruchtzucker). Wird der Honig aus den Waben frisch geschleudert, ist er flüssig. Wäre er zu diesem Zeitpunkt bereits fest, könnte er auch nicht aus den dünnen Wachsschichten der Waben heraus geschleudert werden. Erst nach einiger Zeit, je nach Honigsorte unterschiedlich, beginnt der Honig zu erstarren und wird fest. Die Kristallisation ist keine chemische Veränderung, es finden also keine chemischen Reaktionen statt. Sie ist auf rein physikalischer Ebene zu erklären. Doch warum wird etwas zunächst flüssiges einfach fest?

Im geschleuderten Honig befinden sich natürlicherweise immer noch kleine Bestandteile wie zum Beispiel Pollen, Wachsreste, Bienenbestandteile oder Staubteilchen. Diese sind so klein, dass man sie mit dem bloßen Auge nicht sehen kann. Erst mit einer Betrachtung unter dem Mikroskop werden sie für uns Menschen sichtbar.

Zunächst liegen die Zuckermoleküle einzeln vor, sie sind von Wasser frei umgeben. Die kleinen makromolekularen Bestandteile des Honigs bewirken, dass sich die Zuckermoleküle an diese anlagern. Hat sich eine kleine Schicht Zuckermoleküle an diese Kristallisationskeime angelagert, kommen die nächsten und bauen mit den anderen umliegenden Zuckermolekülen langsam eine feste Masse, bis schließlich der gesamte Honig zu einem Kristall geworden ist. Das im Honig enthaltene Wasser haben die Kristalle in ihr Gitter eingeschlossen, es ist quasi dort drinnen gefangen. Rührt man den Honig nach der Kristallisation in gewissen Zeitabständen, kann eine streichfeste Konsistenz erzielt werden.



Probe direkt nach dem Schleudern

Probe während der Kristallisation

Probe nach Abschluss der Kristallisation

1. Zeichne, was man unter dem Mikroskop während der Kristallisation sehen würde.
2. Einige große Firmen möchten eine langfristig flüssige Konsistenz des Honigs herbeiführen, da der Verbraucher diese gegenüber dem festen, auskristallisierten Honig bevorzugt. Der flüssige Honig ist leichter auf dem Brot zu verstreichen und dem Gefäß besser zu entnehmen. Was könnten diese Firmen machen?




---



---



---



# Geheimnisvolles Bienensterben

## Der leise Tod

*(Auszug aus dem gleichnamigen Artikel von Claudia Fäßler vom 15.03.2011; Süddeutsche Zeitung)*

**Seit Jahren versuchen Biologen, das Massensterben der Bienen zu ergründen. Die Insekten sterben nicht nur in Europa und Amerika – auch im Nahen Osten sind bis zu 85 Prozent aller Kolonien verendet.**

Eingeschleppte Parasiten, neue Pflanzenschutzmittel, zerstörte Lebensräume und der Klimawandel – sie alle stehen im Verdacht, dem Leben der Honigbienen ein vorzeitiges Ende zu bereiten.

Und das in immer größerem Ausmaß: In den vergangenen Jahren ist die Bienenpopulation in Europa um zehn bis 30 Prozent zurückgegangen, in den USA um 30 Prozent und im Nahen Osten sogar um 85 Prozent. Das geht aus einem Bericht hervor, den Experten von Unep, dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen, jüngst in Genf vorgestellt haben. [...]



Noch immer rätseln Wissenschaftler, warum in vielen Teilen der Welt Honigbienen plötzlich in Massen sterben. [...] (Foto:dpa)

Seit Jahren schon versuchen Biologen und Ökologen das geheimnisvolle Massensterben zu ergründen, das als „Colony Collapse Disorder“ (CCD) bezeichnet wird. Als ein großes Bienensterben in den 2000er-Jahren in Nordamerika und wenig später auch in Europa begann, herrschte großes Rätselraten über die Ursachen. Als potentielle Kandidaten wurden neben der in den 1970er-Jahren aus Asien eingeschleppten Varroamilbe und Insektiziden [...] auch Elektrosmog oder gentechnisch veränderter Mais gehandelt.

Sowohl Mobilfunk- als auch Gentechnikgegner lagen mit ihren Anschuldigungen falsch, in verschiedenen Studien konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Auch die Varroamilbe – der gefährlichste Parasit für Bienen – wurde nicht bei jedem verendeten Volk gefunden. Der Schluss liegt deshalb nahe, dass es sich um einen Mix aus mehreren Faktoren handelt. [...]

Die Honigbiene ist nach Rind und Schwein das dritt wichtigste Nutztier. Zwar sorgen auch Schmetterlinge, Motten oder Fliegen mit ihrem Flug von Blüte zu Blüte dafür, dass Pflanzen befruchtet werden und sich fortpflanzen können. Die Biene aber ist der bedeutendste Bestäuber. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) schätzt, dass von 100 Nutzpflanzen wie Früchten, Nüssen und Getreiden, [...] 71 hauptsächlich von Honigbienen bestäubt werden.

Damit die Biene ihren Job erledigen kann, muss sie bei Kräften sein. Ein geschwächtes Volk übersteht den Winter nicht. „Die zunehmenden Monokulturen sind nicht als Bienenweiden geeignet, einseitige Ernährung schwächt die Bienen und vor allem ihre Larven“, sagt Bienenforscher Dieter Wittmann von der Universität Bonn. Wie der Mensch braucht auch die Biene eine gesunde Mischkost, um Angreifer abwehren zu können.








Davon gibt es inzwischen mehr als vor zehn, zwanzig Jahren: Pflanzenschutzmittel beispielsweise, die aufgrund ihrer erhöhten Komplexität viel toxischer auf die Bienen wirken. Aber auch neue Schädlinge wie Pilze, Viren oder Milben, die über die globalisierten Handelswege eingeschleppt worden sind. „Bienen sind geplagte Tiere“, sagt Wittmann. „Wir kennen allein zehn verschiedene Viren, die sich gern in Völkern festsetzen, dazu kommen mehrere Bakterien und natürlich die Varroamilbe.“

Aber: Eine geplagte Biene muss nicht unbedingt eine tote Biene sein. Hier liegt ein großer Teil der Verantwortung beim Imker. „Früher war es ein eher ruhiges Geschäft, sich Bienen zu halten. Im Vergleich dazu erfordern Pflege und Behandlung eines Volkes heute viel mehr Aufwand und Know-how“, sagt Wittmann. Ein Imker aber, der seine Bienen fachgerecht einwintert und Krankheiten mit den richtigen Methoden – zum Beispiel Ameisensäure gegen Varroamilben – zu Leibe rückt, hat gute Chancen, seine Tiere über die kalte Jahreszeit zu bringen.

Keinen Einfluss haben Imker hingegen auf drei Faktoren, die die UN-Experten – wenn auch mit vielen Einschränkungen – als mitverantwortlich für das Bienensterben sehen: die Luftverschmutzung, die Zerstörung von Lebensräumen und damit Nahrungsgrundlagen sowie den Klimawandel, der sich auf die Blühzeiten der Pflanzen auswirkt.

Textquelle: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/geheimnisvolles-bienensterben-der-leise-tod-1.1072108>

### Spickzettel

1. Lies den Text gründlich und notiere dir die wichtigsten Stichworte auf dem Spickzettel. 
2. Gestalte in einer Dreier- oder Vierergruppe ein Plakat oder einen kurzen Text für die Schülerzeitung, mit dem du deine Mitschüler über die dargestellte Problematik informierst. Dabei sollten folgende Fragen beantwortet werden: 
  1. Was ist „CCD“ und welche Ursachen vermuten Wissenschaftler dafür?
  2. Warum ist das ein Problem für den Menschen? 
  3. Was könnte gemacht werden, um „CCD“ zu verhindern?



## Wie entsteht deine Lieblingshonigsorte?

Honigbienen sind blütenstet, das bedeutet, dass eine Biene während des Honigsammelns nur Blüten der gleichen Pflanzenart besucht. Bietet diese Pflanzenart genügend Nektar und ist zahlreich vorhanden, bleibt die Honigbiene auch auf weiteren Flügen dieser treu. Dies gilt auch für das Sammeln von Honigtau. Nach ihrer Rückkehr zum Stock informiert die Biene andere Arbeiterinnen über die gefundene Futterquelle. Gleich darauf sind mehrere Honigbienen im Anflug auf diese Nahrungsquelle.

Herrscht in dem Flugareal eine Pflanzenart stark vor, kann das Ergebnis des oben beschriebenen Sammelverhaltens der Bienen ein Sortenhonig sein. In der Honigverordnung heißt es, dass ein Sortenhonig „... vollständig oder überwiegend der angegebenen Pflanze entstammt und die entsprechenden organoleptischen, physikalisch-chemischen und mikroskopischen Merkmale aufweist...“. Für Honigtauhonig gilt hier, dass er „... vollständig oder überwiegend aus auf lebenden Pflanzenteilen befindlichen Exkreten von an Pflanzen saugenden Insekten oder aus Sekreten lebender Pflanzenteile stammt. ...“.



Honigbiene auf einer Rapsblüte

Blütenhonige weisen je nach Blütensorte besondere physikalische, chemische, aromatische, farbliche sowie mikroskopische Merkmale auf. Waldhonig hat ebenfalls typische physikalische, chemische, aromatische, farbliche sowie mikroskopische Merkmale. Er besteht aber nur zu einem geringen Teil aus Blütennektar, den weitaus größeren Anteil macht der Honigtau aus. Honigtau ist eine zuckerhaltige Ausscheidung von Schildläusen auf Blättern, insbesondere auf Nadelbäumen wie der Fichte und der Tanne. Die Honigtauerzeuger stechen die Leitungsbahnen (Phloem) der Pflanzen an. In den Leitungsbahnen transportieren die Pflanzen Nährstoffe und durch Photosynthese gebildete Stoffe, wie zum Beispiel Zucker (Phloemsaft). Die Schildläuse ernähren sich von diesem Saft und scheiden das, was sie nicht brauchen (überwiegend Zucker), aus.

1. Beantworte folgende Frage: Wie können verschiedene Honigsorten entstehen?

---



---



---



2. Dein Lehrer hat verschiedene Honigsorten mitgebracht. Erstelle in einer Dreier- oder Vierergruppe mit den im Stationenlernen gelernten Methoden einen Steckbrief für jede Sorte und versuche, die Honigsorte zu bestimmen.



3. Überlege: Gibt es noch andere Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Honigsorte? \_\_\_\_\_

---



---



# Süß – und spannend! Honig im Fokus der Chemie

Handreichung für Lehrkräfte der  
Sekundarstufe II –  
Arbeitsblätter, Folien,  
Experimentiervorschriften



## Was sagt man dazu...???

### Enzyme

Glucoseoxidase, Phosphatase, Invertase, Diastase, Katalase

### Vitamine

Vitamin C, Vitamin B<sub>1</sub>, Vitamin B<sub>2</sub> – Komplex, Vitamin B<sub>6</sub>,  
Vitamin H

### Mineralien

Kalium, Natrium, Calcium, Phosphor, Schwefel, Chlor, Eisen,  
Magnesium, weitere Spurenelemente

### Säuren

Gluconsäure und andere organische Säuren

### Aminosäuren

Prolin, Leucin/Isoleucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure,  
Phenylalanin, Theonin, Alanin, Arginin, Histidin, Glycin...

### Hormone

Acetylcholin

### Inhibine

Flavonoide, Glucoseoxidase/Wasserstoffperoxid...

### Aromastoffe

Carbonsäuren & Ester, z.B. Phenylelessigsäureester

### Kohlenhydrate

Einfachzucker: Glucose, Fructose

Mehrfachzucker: Disaccharide, Trisaccharide

### Wasser



# Was sagt man dazu...???

<p><b>Enzyme</b> (Fermente), Glucoseoxidase, Phosphatase, Invertase, Diastase, Katalase</p>
<p><b>Vitamine</b> Vitamin C, Vitamin B<sub>1</sub>, Vitamin B<sub>2</sub>-Komplex, Vitamin B<sub>6</sub>, Vitamin H</p>
<p><b>Mineralien</b> Kalium, Natrium, Calcium, Phosphor, Schwefel, Chlor, Eisen, Magnesium, weitere Spurenelemente</p>
<p><b>Säuren</b> Gluconsäure und andere organische Säuren z.B. Apfel-, Citronen- und Milchsäure</p>
<p><b>Aminosäuren</b> Prolin, Leucin/Isoleucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Phenylalanin, Threonin, Alanin, Arginin, Histidin, Glycin, Lysin, Serin, Valin, Cystin</p>
<p><b>Hormone</b> Acetylcholin</p>
<p><b>Inhibine</b> Flavonoide, Glucoseoxidase/Wasserstoffperoxid und weitere Bactericide</p>
<p><b>Aromastoffe</b> Carbonsäuren und Ester z.B. Phenyllessigsäureester</p>
<p><b>Kohlenhydrate</b> Einfachzucker: Traubenzucker (Glucose), Fruchtzucker (Fructose) Mehrfachzucker: Disaccharide (z.B. Maltose), Trisaccharide (z.B. Erlose)</p>
<p><b>Wasser</b></p>

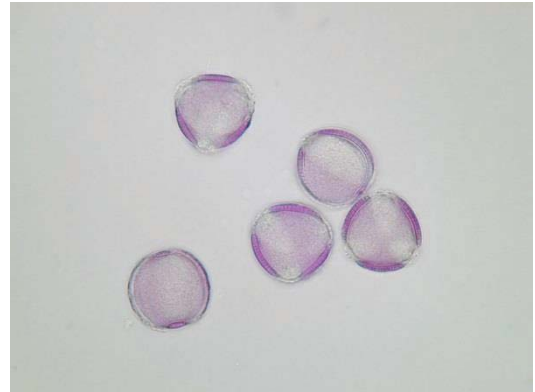


Bild: <http://www.deutscherimkerbund.de/index.php?auf-den-inhalt-kommt-es-an>

# Pollenkarte



**Akazie** (*Acacia spec.*)



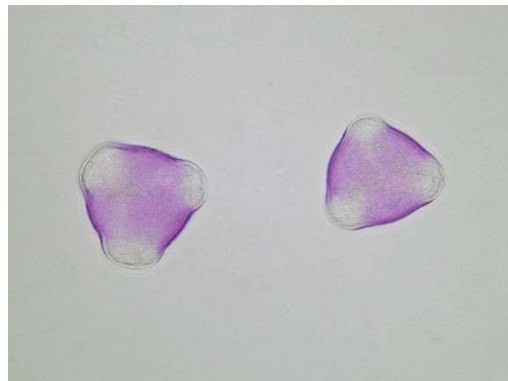
**Raps** (*Brassica napus*)



**Löwenzahn** (*Taraxacum officinale*)



**Linde** (*Tilia cordata*)



**Apfelbaum** (*Malus spec.*)

Zusammengestellt nach <https://www.pollenwarndienst.at/DE/de/allergie-infos/fuer-aerobiologen/pollenatlas.html>



# Bienensterben, verseuchter Honig – was hat das mit mir zu tun?!?

**Süddeutsche.de** Wissen

Politik Panorama Kultur Wirtschaft Sport München Bayern Digital Auto Reise Video mehr

Home > Wissen > Bienen > Geheimnisvolles Bienensterben - Der leise Tod

Süddeutsche.de als Startseite einrichten Hinweis n

15. März 2011 12:59 Geheimnisvolles Bienensterben

## Der leise Tod

Seit Jahren versuchen Biologen, das Massensterben der Bienen zu ergründen. Die Insekten sterben nicht nur in Europa und Amerika – auch im Nahen Osten sind bis zu 85 Prozent aller Kolonien verendet.

Von Claudia Füssler

Diskutieren  
Versenden  
Drucken

Eingeschleppte Parasiten, neue Pestizide, zerstörte Lebensräume und der Klimawandel – sie alle stehen im Verdacht, dem Leben der Honigbienen ein vorzeitiges Ende zu bereiten.

Facebook  
Twitter  
Google+

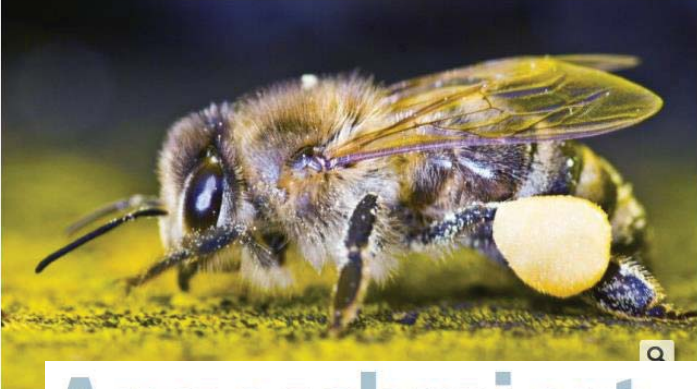
Feedback

ANZEIGE

Die Null mu  
Jetzt unsere  
60 Monaten  
Modelle sich

FEEL SAFE.  
EIZO FlexSc  
und fünf Jaf  
Austauschs

5,2% Zinss  
Sichere Rei  
Wohnimmo  
Euro und nu



<http://www.sueddeutsche.de/wissen/geheimnisvolles-bienensterben-der-leise-tod-1.1072108>

## Angeschmiert

**Honig** Naschkatzen lieben Honig. In unserem Test schnitt mehr als die Hälfte der Honige schlecht ab:



<https://www.test.de/Honig-Kein-reiner-Genuss-1167499-2167499/>



Honig im Fokus der Chemie

Folie zum Rollenspiel

# Mutarotation und Rohrzuckerinversion

**Experiment:** polarimetrische Untersuchung von Glucose und Saccharose

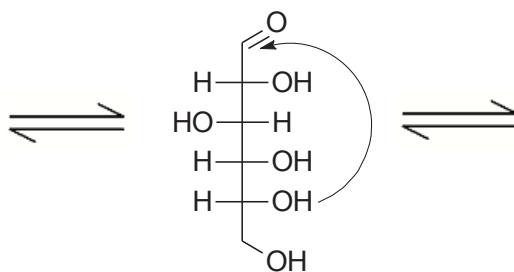


**Geräte und Chemikalien:**

Glucose, Saccharose, Salzsäure (halbkonz.) (GHS05), Wasser, Messzylinder, Waage, Polarimeter, Stoppuhr

**Durchführung:**

- 10g Glucose werden in 80 ml Wasser gelöst, anschließend wird die Lösung im Messzylinder auf 100ml aufgefüllt. Die Probe wird in der dafür vorgesehenen Küvette in das Polarimeter eingebracht, die Stoppuhr gestartet und der Drehwert in regelmäßigen Abständen bestimmt, bis er konstant bleibt.
- Analog zu V1 wird eine Saccharose-Lösung hergestellt. Die Probe wird im Polarimeter vermessen und der Drehwert notiert.
- 10 g Saccharose werden in 40ml Wasser gelöst, anschließend wird die Lösung im Messzylinder mit Salzsäure auf 100ml aufgefüllt. Die Lösung wird kurz verrührt und sofort in das Polarimeter eingebracht. Die Stoppuhr wird gestartet und der Drehwert in regelmäßigen Abständen notiert, bis er konstant bleibt.



$\alpha$ -D-Glucopyranose

Aldehydform

$\beta$ -D-Glucopyranose

36,4 %

0,003 %

63,6 %

1. Informieren Sie sich in Ihrem Chemiebuch oder im Internet über „Mutarotation“ und „Rohrzuckerinversion“.
2. Tauschen Sie Ihre Informationen mit einem Partner aus und klären Sie evtl. Verständnisschwierigkeiten.
3. Führen Sie die obigen Versuche in einer Dreier- oder Vierergruppe durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen und erklären Sie diese. Vervollständigen Sie dazu die oben abgebildete Reaktionsgleichung der Mutarotation und fertigen Sie eine entsprechende schematische Darstellung für die Rohrzuckerinversion an.
4. Recherchieren Sie den Literatur - Drehwert von Glucose in kristalliner Form und in Lösung. Erklären Sie den Unterschied! Gehen Sie dabei auch auf den Begriff „Gleichgewicht“ in diesem Zusammenhang ein.





## Bienen als Honigsammlerinnen

Die westliche Honigbiene (*Apis mellifera*) ist die verbreitetste Art der Bienen in Mitteleuropa. Sie gilt als die friedfertigste Vertreterin und ist daher bei den Imkern sehr beliebt. Ihr Nachteil ist jedoch die geringe Resistenz gegenüber Krankheitserregern und Parasiten, wie zum Beispiel der aus Asien eingeschleppten Varroamilbe.

Die Bewohner des Bienenstocks unterliegen einer strengen, angeborenen Organisation. Der Bienenstaat besteht hauptsächlich aus weiblichen Bienen, den Arbeiterinnen und der Königin. Die Arbeiterinnen sammeln Nektar oder Honigtau zur Honigerzeugung und bestäuben dabei die Blüten. Die Königin legt Eier und sichert so den Erhalt des Staates. Die männlichen Bienen, die Drohnen, dienen dem Volk ausschließlich zur Begattung der Königin. Sie entstehen aus unbefruchteten Eiern der Königin.

Die jungen Arbeiterbienen sammeln den Nektar der Blüten, der meist tief unten im Blütenstand zu finden ist. Die Nektartröpfchen werden von den Nektarien aus dem Siebröhrensaft, den Leitungsbahnen der Pflanzen für Wasser und Nährstoffe, abgeschieden. Der Nektar besteht aus Wasser und verschiedenen Zuckern. Der mengenmäßig häufigste Zucker ist die Saccharose, gefolgt von Glucose und Fructose. Dabei unterscheidet sich das Zuckerspektrum von jeder Pflanzenart.

Die Bienen nehmen den Nektar mit ihrem Rüssel auf und speichern ihn in ihrem Honigmagen, der etwa 50  $\mu\text{l}$  fasst (1000  $\mu\text{l}$  = 1 ml). Dort wird er mit Enzymen angereichert, wie der Saccharase und der Glucoseoxidase. Aus 1,7l Nektar (1,5kg) entstehen 500 g Honig (etwa 1 Glas).



Honigbiene auf einer Rapsblüte

Neben dem Blütenhonig gibt es noch den Honigtau, auch Waldhonig genannt. Er wird meist von Bienenvölkern eingetragen, die in der Nähe eines Waldes stehen oder sogar im Wald platziert sind. Nadelbaumgewächse wie Fichte und Tanne, aber auch einige Laubbäume, sind von kleinen Untermietern besiedelt, den Blattläusen. Sie stechen die Siebröhren der Pflanzen an, nehmen den Siebröhrensaft der Blätter auf und verwerten ihn. Die überschüssigen Zucker scheiden die Blattläuse in Form von Honigtau aus, der von den Arbeiterbienen eingesammelt wird.

1. Fassen Sie die wichtigsten Informationen in Form einer Mind-Map zusammen.
2. Wie oft muss eine Arbeiterbiene fliegen, bis sie 500 ml Honig für ein Glas gesammelt hätte? Berechnen Sie!
3. Bereiten Sie mit den anderen Experten Ihrer Gruppe den Vortrag für den Besuch des Imkerstandes vor. Notieren Sie sich alle relevanten Stichpunkte auf einer Karteikarte.
4. Was ist die Hauptkomponente des Nektars? Zeichnen Sie die Strukturformel auf!



## Honig im Bienenstock

Die Arbeiterinnen tragen den gesammelten Nektar der Pflanzen in den Bienenstock ein. Dort warten bereits ihre Kolleginnen und nehmen ihnen den Nektar ab. Da dieser noch zu viel Wasser enthält, um ihn einzulagern, müssen die Arbeiterinnen dafür sorgen, dass er dieses verliert. Doch er sollte nicht zu fest sein, da er sonst nicht mehr von den Bienen aufgenommen werden kann.

Die Arbeiterinnen entfernen das überflüssige Wasser durch Verdunsten, indem sie beispielsweise den Nektar von anderen Bienen über ihre Rüssel entgegen nehmen und wieder weiter geben oder die Honigtropfen in den Zellen im warmen Brutnestbereich aufhängen. Durch diese verschiedenen Prozesse wird der Wassergehalt von 80% auf 20% verringert.

Der Nektar besteht zum größten Teil aus dem Disaccharid Saccharose, die Bienen benötigen jedoch die für sie besser verwertbaren Monosaccharide Glucose und Fructose. Bei der Weitergabe des Nektars, die jedes Mal durch den Honigmagen der Bienen führt, werden dem Nektar daher Enzyme zugeführt, beispielsweise Saccharase und Glucoseoxidase. Während der Lagerung in den Waben macht der Honig weitere chemische Veränderungen durch, bis er zum Endprodukt, so wie wir ihn kennen und beim Imker kaufen können, gereift ist. Der fertige Honig besteht zum größten Teil aus Glucose und Fructose, es sind nur noch geringe Mengen an Saccharose vorhanden.

Im Bienenvolk herrscht ebenfalls eine strenge Organisation auf den Waben. Im unteren Teil des Bienenstocks befinden sich die Brutwaben, im oberen die Honigwaben. Die Arbeiterinnen bringen den Honig in die oberen Waben, nach einer gewissen Zeit wird er zur Lagerung mit Wachs aus den Wachsdrüsen der Bienen verdeckelt. Der Honig dient als Futter für die Brut und die Königin und in den kalten Monaten, wenn sich alle Bienen im Stock befinden, als Nahrungsvorrat für alle Bienen.



Bienen auf einer fast vollständig verdeckelten Honigwabe

In den Wintermonaten bilden die Bienen eine Bienentraube und zittern dabei mit ihren Muskeln, um sich zu wärmen. Dabei umschließen die Arbeiterinnen die Königin zu deren Schutz. So können die Bienen eine Stocktemperatur von ca. 24°C aufrecht erhalten.

1. Fassen Sie die wichtigsten Informationen in Form einer Mind-Map zusammen.
2. Was sind die Hauptkomponenten des Honigs? Zeichnen Sie die Strukturformeln auf!
3. Bereiten Sie mit den anderen Experten Ihrer Gruppe den Vortrag für den Besuch des Imkerstandes vor. Notieren Sie sich alle relevanten Stichpunkte auf einer Karteikarte.



# Imkern

Die Bundesrepublik ist in Europa führend im Honigkonsum (ca. 1,3 kg/Person/Jahr), daher können nur etwa 20% des Honigbedarfs durch ansässige Imker gedeckt werden. Der Rest wird aus vielen unterschiedlichen Ländern importiert, daher ist es möglich, dem Verbraucher ein großes Spektrum an Honigsorten anzubieten. Stellt man sich einmal ein Honigregal im Supermarkt vor, wird einem gleich klar, dass so große Mengen Akazienhonig wohl kaum aus der Region stammen können. Die wichtigsten Importländer sind Brasilien und Argentinien. Viele Länder, die Honig exportieren, gehören nicht zu den Industrieländern, daher ist der Honighandel für sie ein wichtiges Einkommen im Bruttoinlandsprodukt.




Das Imkerjahr beginnt bereits im März, jetzt werden die Honigräume auf die Bruträume aufgesetzt, die gefüllt werden sollen. Bei den ersten warmen Temperaturen im April beginnen die Arbeiterbienen mit ihrem Rundflug, um Nektar einzutragen. Dabei sind die Bienen die ersten Bestäuber des Jahres in der Pflanzenwelt und dank ihres großen stehenden Heeres besser als andere Insekten wie Hummeln oder Wildbienen verfügbar. Da sie mit dem gesamten Volk überwintern, können sie sofort mit einer großen Anzahl an Bestäubern losziehen. Daher sind die Bienen nicht nur wegen des leckeren Honigs, sondern auch wegen ihrer erstaunlichen Arbeit als Bestäuber eine der wichtigsten Insektenarten. Hummelköniginnen beispielsweise überwintern alleine in Erdmulden und bauen sich ihr Volk selbst auf, was durchaus einen Monat dauern kann.



Bienenstand in einem Rapsfeld

Je nach Wetterlage kann der Imker im Mai oder Juni mit dem ersten Schleudergang beginnen. Er erkennt dies an den Waben im Honigraum, die fast oder vollständig mit Wachsdeckeln versehen sind. Die Waben werden aus dem Honigraum entnommen, dabei bleiben einige zur Versorgung des Volkes zurück. In einer Honigbeute transportiert der Imker die vollen Waben in seine Werkstatt, um sie zu schleudern.

Zunächst werden die Wachsdeckel mit der Entdeckelungsgabel abgehoben, damit der Honig entweichen kann. Der geschleuderte Honig läuft aus der Schleuder durch ein Sieb in einen Auffangbehälter, aus dem er in ein Lagergefäß aus Stahl verfrachtet wird. Anschließend wird er in 500 ml Gläser abgefüllt und kann in den Verkauf gehen. Bevor der Honig abgefüllt wird, muss der Imker den Wassergehalt des Honigs bestimmen.

1. Fassen Sie die wichtigsten Informationen in Form einer Mind-Map zusammen. 
2. Welche Honigsorten können in Deutschland produziert werden? Notieren Sie! 
3. Bereiten Sie mit den anderen Experten Ihrer Gruppe den Vortrag für den Besuch des Imkerstandes vor. Notieren Sie sich alle relevanten Stichpunkte auf einer Karteikarte. 



## Abfüllung und Verkauf des Honigs

Nach dem Schleudervorgang läuft der Honig aus der Schleuder heraus durch ein grobmaschiges Sieb. Der Vorgang erfolgt bei Raumtemperatur. Der Aufdruck „kaltgeschleudert“ auf einigen Honiggläsern in vergangener Zeit ist mittlerweile verboten, da dies eine Selbstverständlichkeit ist. Aus dem Auffangeimer unter dem Sieb wird der Honig anschließend in einen Aufbewahrungsbehälter gegeben. Hier kann der Honig gelagert werden, bis er in Gläser abgefüllt werden soll. Dem Honig dürfen keine honigeigenen Stoffe entzogen oder honigfremde Stoffe hinzugefügt werden.

Honig sollte grundsätzlich kühl (15°C), dunkel und trocken gelagert werden. Der Honig sollte jedoch noch im flüssigen Zustand in die Gläser abgefüllt werden, da ein fester Honig in einem Lagergefäß zunächst erwärmt werden müsste. Bevor Honig in den Verkauf kommen darf, muss er sich einer genauen Analyse durch den Imker unterziehen.



Honigschleuder und Sieb

Stichprobenartig werden Honigproben vom Lebensmittelprüfungsamt nach bestimmten Kriterien untersucht. Dabei wird bestimmt, ob dem Honig Stoffe entzogen oder zugeführt wurden, der Honig zu stark erwärmt wurde oder sich Schadstoffe wie Pestizide oder Arzneistoffe im Produkt befinden. Die beschriebenen Kriterien sind in der Honigverordnung sowie in den Leitsätzen für Honig nachzulesen. Nur Produkte, die diese Anforderungen erfüllen, dürfen den Namen Honig offiziell tragen. Der deutsche Imkerbund (DIB) gewährleistet diese Qualität mit seinem Siegel und dem speziellen Glas. Die Welthonigproduktion betrug 2002 etwa 1 268 000 Tonnen im Jahr, in Deutschland isst jeder durchschnittlich 1,3 kg im Jahr. Honig ist also nicht nur lecker, sondern stellt auch weltwirtschaftlich ein bedeutendes Handelsprodukt dar.

1. Fassen Sie die wichtigsten Informationen in Form einer Mind-Map zusammen.
2. Warum sollte Honig bei so geringen Temperaturen gelagert und geschleudert werden? Erläutern Sie!
3. Bereiten Sie mit den anderen Experten Ihrer Gruppe den Vortrag für den Besuch des Imkerstandes vor. Notieren Sie sich alle relevanten Stichpunkte auf einer Karteikarte.



# Tagesplan für den Imkereibesuch

1. Der Imker führt Sie durch seine Arbeitsstelle. Die verschiedenen Gruppen schauen sich ihre Station genauer an und stellen dem Imker eventuell einige Fragen, wenn Unklarheiten auftreten!
2. Der Kurs wird vom Imker und den Gruppenmitgliedern der Stationen durch die Imkerei geleitet. Der Imker beantwortet Fragen und ergänzt die Vorträge!
3. In Gruppen werden die Honigproben zunächst nach Anleitung entnommen (s.u.).
4. Soweit nicht anders auf den Arbeitsblättern vermerkt, werden die Versuche nur mit einer Honigprobe durchgeführt!
5. Anschließend beginnt Arbeit an den Stationen. Beginnen Sie mit den organoleptischen Versuchen!!! (Warum?)
6. Denken Sie daran, dass Sie sich ihre Honigproben einpacken, um sie mit in die Schule zu nehmen.
7. Bearbeiten Sie die Aufgaben auf den Arbeitsblättern! Zur weiteren Hilfe steht Ihnen Literatur zur Verfügung!

## Richtige Entnahme von Honigproben

Geben Sie von den zwei Honigproben mit einem gereinigten Löffel jeweils so viel in das Probenglas, bis nur noch 5 mm Platz bis zum Rand sind. Vergessen Sie nicht, die Proben mit dem genauen Inhalt sowie Gruppennamen und Sorte zu beschriften. Vor jeder Entnahme aus dem Probenglas muss der Löffel gereinigt werden, um eine Verschmutzung der Probe zu vermeiden!

Die Proben sollten am Ende des Tages für die anschließenden Unterrichtsstunden erneut aufgefüllt werden!



Probengefäße

1. Lesen Sie den Tagesplan und die Anleitung zur Probennahme gut durch.
2. Nehmen Sie zu Beginn des Imkereibesuchs zwei Honigproben aus unterschiedlichen Sortengläsern.



# Laufzettel

Station	Erläuterung	bearbeitet am
<b>1: Informationen und Schülerexperimente</b> Organoleptische Untersuchungen des Honigs	Einführung und Anwendung der Qualitätskriterien des DIB (Deutscher Imkerbund)	
<b>2: Informationen und Schülerexperiment</b> Honig vs. Invertzuckercreme	Unterscheidung von Honig und Invertzuckercreme sowie Herstellung eines Kunsthonigs	
<b>3: Schülerexperimente</b> Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen	Vergleich von Imkerhonig, Supermarkthonig und Kunsthonig hinsichtlich ihrer Zucker-Zusammensetzung, Aminosäure-, Carbonsäure- und Vitamin C-Gehalt sowie dem Vorhandensein antibakterieller Substanzen	
<b>4: Text</b> Honig – Stoff für Lebende und Tote <u>oder</u> Konservierung durch Honig	Erarbeitung historischer und anwendungsorientierter Aspekte des Honigs <b><u>Suchen Sie sich vorab einen Partner, der den Alternativtext bearbeitet!</u></b>	
<b>5: Information und Schülerexperiment</b> Augen in der Farbe flüssigen Honigs...	Erarbeitung der nichtenzymatischen Bräunungsreaktion	
<b>6: Information und mikroskopische Bestimmung</b> Pollenanalyse – Ist auch drin was drauf steht?	Information zur Entstehung von Sortenhonig mit anschließender Pollenanalyse	



## Organoleptische Untersuchungen des Honigs: Qualitätskriterien des DIB (Deutscher Imkerbund)

Jeder, der das Warenzeichen des deutschen Imkerbundes benutzt, ist verpflichtet, die in den Kriterien ausgesprochenen Anforderungen zu erfüllen. Der DIB gibt also die Gewähr, dass Honig mit seinem Markenzeichen qualitativ hochwertig ist.

Honiguntersuchungen verkaufsfertiger Proben dienen dem Zweck, sich zu vergewissern, ob die „Qualitätsanforderungen für deutschen Honig“ auch erfüllt werden.

Bei der Sinnesprüfung werden Geruch, Geschmack, Sauberkeit und Konsistenz nach einem System von 0 bis 5 Punkten bewertet.

### Geruch / Geschmack:



honigtypisch	⑤
abgeschwächt honigtypisch	③
nicht honigtypisch	②
Gärung, Fremdaroma	①
nicht bewertbar	①

### Konsistenz

gleichmäßige, feine Kandierung, einheitliches Farbbild, einheitlich flüssiger Zustand	⑤
Honig etwas zu hart, Kristalle etwas zu grob	④
Kandierung ungleichmäßig	③
grobe Kristalle, Oberfläche schaumig	②
Honig schaumig gerührt, Entmischung	①

### Sauberkeit:

ohne Beanstandung, unbedeutende Verunreinigungen	⑤
sehr schwache Verunreinigungen	④
schwache Verunreinigungen	③
deutliche Verunreinigungen	②
grobe Verunreinigungen	①
nicht bewertbar	①

1. Lesen Sie sich den Text zunächst durch und untersuchen Sie anschließend die Proben. 
2. Kreuzen Sie die zutreffenden Werte für die beiden Honigsorten mit unterschiedlichen Farben in den Kästen an. 



# Honig vs. Invertzuckercreme



Ein Bienenvolk kann bis zu 50 Kilogramm Honig pro Jahr erzeugen.

Bienen sammeln Nektar oder Honigtau mit ihrem Rüssel ein und speichern ihn in ihrer Honigblase im Körperinneren für den Transport zum Stock. Im Volk angekommen, übergibt die Sammelbiene den Inhalt der Blase an die Bienen im Stock, die ihn weiterverarbeiten. Bei der Übergabe des Honigs werden diesem verschiedene wertvolle Enzyme zugegeben. Außerdem wird ihm beim Transport und der Weiterverarbeitung Feuchtigkeit entzogen. Hat er einen Wassergehalt von unter 20 Prozent erreicht, wird er in Zellen eingelagert und mit einer luftundurchlässigen Wachsschicht überzogen. Für die Biene ist der Honig die Nahrungsquelle für den Winter oder für eine lange Schlechtwetterperiode. Für den Menschen ist Honig schon sehr lange ein leckeres Lebensmittel. Außerdem wird er für medizinische Zwecke verwendet.

Invertzuckercreme oder Kunsthonig ist eine industriell hergestellte, zähflüssige Creme, die ähnlich aussieht und schmeckt wie Bienenhonig. Früher war sie ein wichtiges Ersatzprodukt als Brotaufstrich oder zum Backen. Für die Herstellung von Kunsthonig wird Saccharose, also gewöhnlicher Haushaltszucker, unter Zuhilfenahme von Säuren in kleinere Zuckerteilchen gespalten und mit Wasser zu einer homogenen Masse vermischt. Auch bei der Herstellung des Bienenhonigs wird Saccharose in kleinere Zucker zersetzt, hier sind dafür jedoch Enzyme der Biene zuständig.

## Experiment 1: Herstellung von Kunsthonig



### Geräte und Chemikalien:

500 ml Glas, Heizplatte, Honigglas, 50 g Saccharose, destilliertes Wasser, Milchsäure oder Zitronensäure (GHS05), Glukoseteststäbchen

### Versuchsdurchführung:

50 g Haushaltszucker werden in 80 ml Wasser gelöst und mit ein paar Tropfen Milchsäure oder Zitronensäure versetzt. Die Mischung wird auf ihren Glukosegehalt getestet. Das Gemisch wird zum Kochen gebracht und auf etwa ein Drittel des Anfangsvolumens eingedampft. Wenn das Gemisch anfängt, sich gelb zu färben und zu verdicken, wird die entstandene Zuckercreme in das Honigglas abgefüllt. Der Glukosegehalt wird erneut bestimmt.

1. Erklären Sie in einem Satz den Unterschied zwischen Honig und „Invertzuckercreme“.
2. Stellen Sie einen Kunsthonig gemäß Experiment 1 in einer Dreier- oder Vierergruppe her. Diesen brauchen Sie für die folgenden Versuche!
3. Erklären Sie die ablaufende chemische Reaktion.





# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

## Experiment: Untersuchung der Zucker in Honig und Kunsthonig



### Chemikalien:

Lösungen von Honig, Kunsthonig, Glucose (Traubenzucker), Fructose (Fruchtzucker) und Stärke

Nachweisreagenzien: Benedict-Reagenz (GHS07, 09), Seliwanoff-Reagenz (GHS07, 09), Lugol'sche Lösung

### Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pipetten, Brenner, Reagenzglaslammer

### Durchführung:

1. Geben Sie nacheinander jeweils 5 – 10 Tropfen Benedict-Reagenz und einige Tropfen der zu testenden Lösungen auf einen Teelöffel. Erhitzen Sie das Gemisch anschließend kurz über einer Kerzenflamme.
2. Geben Sie etwa einen Daumen breit der jeweils zu testenden Lösungen in ein Reagenzglas und fügen Sie einige Tropfen Seliwanoff-Reagenz hinzu. Können Sie eine Veränderung beobachten? Erhitzen Sie nun das Gemisch vorsichtig über dem Brenner (Halteklammer benutzen) und beobachten Sie weiter.
3. Geben Sie in 5 Reagenzgläser je etwa einen cm der zu testenden Lösung. Fügen Sie je drei Tropfen Lugol'scher Lösung hinzu.

Beobachtung: \_\_\_\_\_

---



---



---



---






---



---



---

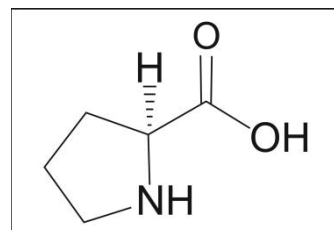
1. Führen Sie das Experiment zu den Zuckern im Honig in einer Dreier- oder Vierergruppe durch! 
2. Welche Erkenntnisse können Sie über die Zusammensetzung von Honig gewinnen? Notieren Sie die Strukturformeln der im Honig enthaltenen Stoffe. Welche Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den enthaltenen Stoffen (z.B. funktionelle Gruppen)? 
3. Eine andere Möglichkeit, einen der Zucker im Honig nachzuweisen, besteht darin, Kaliumpermanganat zu einer Probe zuzugeben. Recherchieren Sie die entsprechende Reaktion und erläutern Sie die Funktionsweise. 



# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

## Aminosäuren im Honig? – Ein Nachweis

Aminosäuren sind bekannterweise die Bausteine der Proteine. Sie kommen natürlicherweise bereits im Nektar vor oder stammen aus dem Honigmagen der Bienen. Betrachtet man sich den Weg des Honigs während seiner Entstehung, fallen einige weitere Proteinquellen auf. Der Nektar wird von den Bienen aus den Blüten eingetragen. Diese produzieren Pollen, die an dem Nektar sowie an der Biene selbst haften bleiben. Pollen bestehen aus zahlreichen Eiweißsubstanzen.



Strukturformel von Prolin

Viele Proteine im Honig sind in Form von Enzymen vorhanden, wie beispielsweise die in dieser Stationenarbeit aufgeführten Enzyme Amylase und Glucoseoxidase. Die im Honig im Mengenverhältnis häufigste Aminosäure ist Prolin. Ihr Nachweis wird in der Honiganalyse genutzt. Ein zu geringer Anteil dieser Aminosäure weist auf eine Vermischung des echten Honigs beispielsweise mit Zuckersirupen hin.

Aminosäuren können über eine Farbreaktion mit dem Farbstoff Ninhydrin nachgewiesen werden. Eine blauviolette Farbe der Reaktionsmischung bedeutet, dass Aminosäuren vorhanden sind. Honig enthält etwa 0,4% Proteine oder Aminosäuren.

## Experiment: Nachweis von Aminosäuren mit Ninhydrin



### Geräte und Chemikalien:

50 ml Becherglas, Heizplatte, Spatel, Honig, Invertzuckercreme, Ninhydrin (GHS07)

### Durchführung:

Ein wenig flüssiger Honig wird unter Erwärmen in einem Becherglas mit weniger Wasser gelöst. Anschließend wird eine Spatelspitze Ninhydrin hinzugegeben und bis zum Sieden erhitzt. Der Versuch wird mit dem selbst hergestellten Kunsthonig als Blindprobe wiederholt. Danach kann die Heizplatte abgeschaltet werden.

1. Erläutern Sie die möglichen Wege, auf denen Aminosäuren in den Honig gelangen! Erstellen Sie dazu ein Diagramm!
2. Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
3. Erklären Sie, welchen Nutzen Aminosäuren für die Bienen haben !
4. Erläutern Sie, warum die Echtheitsbestimmung von Honig über einen Aminosäure-Nachweis erfolgen kann.

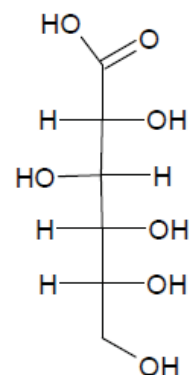


# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

## Ist Honig sauer?

Honig enthält Säuren und besitzt daher einen schwach sauren pH-Wert. Den größten Anteil der Säuren macht die Gluconsäure aus. Daneben sind im Honig geringe Mengen an Essig-, Milch-, Butter-, Bernstein-, Malon-, Äpfel-, Oxal- und Pyrrolodinsäure enthalten. Durch den schwach sauren pH-Wert ist die Aktivität vieler Bakterien unterbunden, was zu einer keimhemmenden Wirkung des Honigs beiträgt.

Durch die Bestimmung des pH-Wertes kann man Honigtauhonige und Blütenhonige unterscheiden. Honigtauhonige besitzen einen höheren Anteil an Proteinen, Mineralstoffen und Salzen, die puffernde Wirkungen besitzen.



Strukturformel von Gluconsäure

## Experiment: Säuren im Honig

### Geräte und Chemikalien:

pH-Teststreifen, pH-Farbskala, 250 ml Becherglas, destilliertes Wasser, Blütenhonig, Honigtauhonig, Invertzuckercreme

### Durchführung:

20 g der Honigproben werden jeweils in 80 ml destilliertem Wasser gelöst. In die entstandene Honiglösung wird der pH-Teststreifen eingetaucht und die Farbe mit der Skala verglichen.

### Beobachtung:

1. Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Beantworten Sie folgende Fragen:
  1. Was haben die Säuren im Honig für einen Nutzen in Bezug auf die Haltbarkeit des Produktes, für den Verbraucher sowie für die Bienen im Stock?
  2. Unterscheiden sich die drei Proben? Wenn ja, wie und warum?



# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

## Honig – eine Vitaminbombe?

Vitamin C (fachchemisch Ascorbinsäure) ist für den Menschen und besonders das menschliche Immunsystem von großer Bedeutung. Es ist vor allem in frischen pflanzlichen Lebensmitteln wie Obst und Gemüse enthalten. Leider ist Vitamin C sehr hitzeempfindlich.

Honige, die reich an Vitamin C sind, können zum Beispiel als Therapie bei Skorbut, einer Vitamin C - Mangelkrankheit, eingesetzt werden.

Im folgenden Versuch sollen zwei Frühstücksbrotaufstriche auf ihren Vitamin C - Gehalt getestet werden.

**Experiment: Der Vergleich von Honig, Invertzuckercreme und Konfitüre**



**Denken Sie daran, Aufgabe 1 zu bearbeiten, bevor Sie den Versuch durchführen!**

### Geräte und Chemikalien:

Ascorbinsäure-Teststäbchen (untere Nachweisgrenze 10 mg/l), Farbskala, Reagenzgläser, Tropfpipetten, Honig, Invertzuckercreme, Erdbeer-Konfitüre, 0,1%-ige rote Blutlaugensalz-Lösung (Kaliumhexacyanoferrat(III)), 0,1%-ige Eisen(III)-chlorid-Lösung (GHS05, 07)

### Durchführung:

1. In jede Probe wird für etwa zehn Sekunden ein Ascorbinsäure-Teststäbchen gehalten. Anschließend kann mit Hilfe der Farbskala der Vitamin C- Gehalt bestimmt werden.
2. In zwei Reagenzgläsern werden gleiche Mengen der Lösungen des roten Blutlaugensalzes und des Eisen(III)-chlorids gemischt. Zu dieser Mischung werden wenige Tropfen der zu untersuchenden Proben geträufelt. Die Mischung der Nachweisreagenzien ist nicht stabil und muss deshalb stets kurz vor dem Versuch gemischt werden!

1. Zunächst eine Schätzung: Was meinen Sie enthält mehr Vitamin C, der Honig oder die Konfitüre? Notieren Sie Ihre Vermutung.
2. Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
3. Erklären Sie Ihre Beobachtung.



# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

Viele kennen den Tipp von Eltern oder Großeltern, dass eine Tasse Tee oder heiße Milch mit Honig gegen Halsschmerzen helfe. Doch ist dieser Tipp aus wissenschaftlicher Sicht hilfreich?



Allseits ist bekannt, dass Honig angeblich eine heilende Wirkung bei Erkältungskrankheiten wie bakteriellen Infektionen im Rachenraum besäße. In alten Texten lassen sich sogar Belege dafür finden, dass die Ägypter um das Jahr 300 n. Chr. Honig als Heilmittel kannten und ihn auf ihre Wunden salbten. Sollte Honig tatsächlich in dieser Hinsicht wirksam sein, müsste er antibakterielle Eigenschaften aufweisen. Doch was ist dran an diesem Mythos? Ist es Aberglaube und es ereignet sich ein Placebo-Effekt oder kann wissenschaftlich auch eine antibakterielle Wirkung des Honigs nachgewiesen werden?

Die im Honig antibakteriell wirkenden Inhaltsstoffe erzeugt ein Enzym namens Glucoseoxidase. Wie sein Name bereits verrät, oxidiert dieses Enzym Glucose in Anwesenheit von Sauerstoff zu Gluconsäure und Wasserstoffperoxid. Das Wasserstoffperoxid ist der eigentlich keimhemmende Stoff. Die Gluconsäure trägt nur zu einem sauren pH-Wert bei, der ebenfalls eine Aktivierung der Bakterien verhindert. Substanzen, die solche antibakteriellen Wirkungen aufweisen, nennt man allgemein Inhibine.

## Experiment: Nachweis von antibakteriellen Substanzen im Honig

### Geräte und Chemikalien:

Drei Reagenzgläser, Reagenzglasklammer, Bunsenbrenner, Eiswasser, Thermometer, Stoppuhr, destilliertes Wasser, Honig, Wasserstoffperoxid-Teststäbchen

### Durchführung:



- 2 g Honig werden in einem Reagenzglas in 10 ml destilliertem Wasser gelöst und das Gemisch unter schütteln auf 37°C erwärmt. Nach etwa 5 Min wird mit einem Teststäbchen die Wasserstoffperoxid-Konzentration bestimmt. Dazu wird das Stäbchen 1 Sekunde in die Lösung gehalten, nach 15 Sekunden ist das Ergebnis auf der Farbskala ablesbar. Der Test wird 60°C und 90° C wiederholt.
  - In einem weiteren Reagenzglas werden 2 g Honig in 10 ml Eiswasser gelöst und der Test wird wiederholt.
- Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen in Form einer Tabelle (Temperatur/Gehalt an Wasserstoffperoxid). 
  - Erläutern Sie, ob und wenn ja wie es bei bakteriellen Infektionen sinnvoll ist, Tee mit Honig zu trinken. 

Bild: [http://img.malvorlagenwelt.com/gro%25C3%259Fmutter-lehre-enkelin-\\_4a0d1ad315049-p.gif](http://img.malvorlagenwelt.com/gro%25C3%259Fmutter-lehre-enkelin-_4a0d1ad315049-p.gif)



# Was essen wir da eigentlich? Honig untersuchen

## Honig ist mehr als eine Zuckerlösung!?

Familie Müller gibt ihren beiden Kindern Luke und Katharina lieber Honig anstatt Zucker. „Das ist ja viel natürlicher und gesünder!“, sagen sie. Da nehmen sie auch gerne etwas mehr. Die Familie trinkt gerne süße Limonade, da diese jedoch viel Zucker enthält, macht sie Mutter Gerlinde selbst aus Früchtetee und viel Honig.

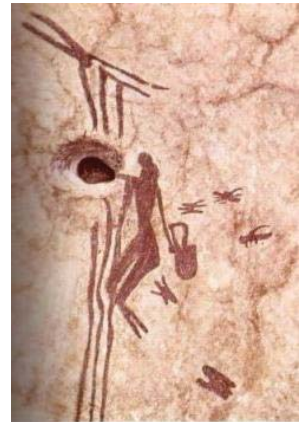


1. Lesen Sie sich den vorgegebenen Sachverhalt gut durch und nehmen Sie auf Basis der Behauptung „Honig ist mehr als eine Zuckerlösung!“ differenziert Stellung !
2. Verfassen Sie eine Definition von Honig für das Lebensmittelhandbuch mit mindestens fünf Sätzen!



# Honig – Balsam für Leib und Seele

Honig ist der älteste Süßstoff in reiner Form. Seit der Entdeckung des süßen Bienenerzeugnisses vor etwa 250 000 Jahren ist er eines der wichtigsten und köstlichsten Gaben der Natur. Der Urmensch war damals ein Jäger und Sammler. Er beutete jedoch nur bei den Wildbienen, die Bienenzucht wurde erst sesshaften Menschenvölkern nachgesagt. Die Destillation des Zuckers aus Zuckerrohr entdeckte man erst mehrere hundert Jahre später. Der Steinzeitmensch verdankte die Fundstellen des Honigs meist den Bären, auf deren Speiseplan der Honig bereits seit jeher steht. Für die damaligen Menschen bedeutete es große Mühe, an die süße Köstlichkeit heran zu kommen. Die Bienenstöcke befanden sich meistens hoch oben auf Bäumen oder Felsspalten.



Höhlenmalerei einer Honigsammlerin in Spanien

Wissenschaftler vermuten, dass die vor etwa 10 000 Jahren lebenden Menschen bereits damals um die konservierende Wirkung des Honigs wussten. Nur war ihnen diese Bezeichnung nicht bewusst. Sie könnten Früchte sowie frisch erlegtes Fleisch in Honig eingelegt haben, um es länger haltbar zu machen.

Anhaltspunkte aus einer jüngeren Zeit (ca. 490 bis 420 v. Chr.) belegen, dass die Menschen damals ihre Toten in Honig konservierten. Die Leichen assyrischer Prinzen beispielsweise wurden mitunter jahrelang in Honig aufbewahrt – sie durften nicht vor ihrem Vater beerdigt werden.

Zur Zeit der Römer verfasste der Koch *Apicius* ein Kochbuch, indem unter anderem die Lebensmittel mit Honig konserviert wurden. Oft wurde dem Honig etwas Heiliges zugesprochen, da er die bösen Geister der verderbenden Lebensmittel besiegte. Aus dem ersten Lehrbuch der Pharmazie (ca. 1440 n. Chr.), das von Professor Saladin von Ascoli verfasst wurde, geht hervor:

*"Merke, daß Honig mehr als Zucker die Eigenschaft hat, alles in ihn Gelegte zu erhalten, mehr als irgendeine Sache der Erde, deshalb halten sich confecta und electuaria aus Honig länger als solche aus Zucker."*

1. Fasse Sie den Text in Form einer Mind-Map zusammen.
2. Tauschen Sie sich mit einem Partner der Station 4b über den Inhalt Ihrer Texte aus.
3. Erklären Sie gemeinsam die in den beiden Texten beschriebene Wirkung bzw. Verwendung des Honigs. Warum verdirbt Honig nicht?



Bild: <http://www.federseemuseum.de/2013/04/28-04-honig-und-bienen/>



## Konservierung durch Honig?

Konservierungsstoffe sind Substanzen, die den Verderb von Lebensmitteln verzögern oder für sehr lange Zeit unterbinden. Es gibt physikalische Konservierungsmethoden, wie zum Beispiel das Erhitzen von Lebensmitteln, aber auch chemische Konservierungsmethoden, wie beispielsweise das Zusetzen von Salz, Zucker oder Essig. Doch warum verderben Lebensmittel nach einer Weile?

Schuld sind Mikroorganismen, vor allem Schimmelpilze und Bakterien. Chemische Konservierungsstoffe hindern diese Mikroorganismen an der Vermehrung, physikalische töten sie direkt ab.

Dabei gibt es verschiedene Möglichkeiten der Konservierung:

1. Herabsetzen des Wassergehaltes  
Bestimmte Umgebungsbedingungen sind für Mikroorganismen besonders vorteilhaft. So brauchen sie beispielsweise eine bestimmte Menge Wasser (für gewöhnlich mindestens 30%) um sich herum. Entzieht man einem Lebensmittel Wasser, z.B. durch Erhitzen, können die Mikroorganismen nicht mehr wachsen.
2. Veränderung des pH-Wertes  
Mikroorganismen sind außerdem nur bei bestimmten pH-Bereichen aktiv. Fügt man einem Lebensmittel Säure zu (z.B. Essiggurken), können die Mikroorganismen sich nicht mehr vermehren.
3. Änderung der Temperatur  
Auch die Umgebungstemperatur muss in einem bestimmten Bereich liegen, damit Mikroorganismen wachsen und sich vermehren können. Viele Lebensmittel sind deshalb im Kühlschrank oder gar der Gefriertruhe viel länger haltbar.

Mikroorganismen sind einzellige Lebewesen, die sich durch Teilung fortpflanzen. Eine Hefezelle teilt sich bei optimalen Temperaturen von etwa 25°C und einem Wassergehalt von mindestens 30% im Durchschnitt jede halbe Stunde. Vermehren sich diese Hefepilze, wachsen sie zu einem nach einiger Zeit sichtbaren Flaum auf dem Lebensmittel, der meist eine gräuliche bis grünliche Farbe aufweist.

Honig wird für gewöhnlich bei Raumtemperatur gelagert und enthält viele Stoffe, die einen guten Nährboden für Mikroorganismen bilden. Trotzdem ist er noch nach Jahren genießbar und weist keine Gärungserscheinungen auf.

1. Fasse Sie den Text in Form einer Mind-Map zusammen.
2. Tauschen Sie sich mit einem Partner der Station 4a über den Inhalt Ihrer Texte aus.
3. Erklären Sie gemeinsam die in den beiden Texten beschriebene Wirkung bzw. Verwendung des Honigs. Warum verdirbt Honig nicht?





## Augen in der Farbe flüssigen Honigs...

Die Farbe des Honigs hat Menschen seit jeher fasziniert. Sogar in der Literatur oder in Liebesgedichten ist von honigfarbenem Haar oder honigfarbenen Augen die Rede. Doch wie kommt diese Färbung und das typische Honigaroma eigentlich zustande?

### Experiment: Die nichtenzymatische Bräunungsreaktion (Maillard – Reaktion)

#### Geräte und Chemikalien:

Zwei Reagenzgläser, Bunsenbrenner, Reagenzglasklemme, Waage, 2 Proteine (z.B. Cystein, Phenylalanin, Prolin, Methionin), Glucose

#### Durchführung:

Zwei Reagenzgläser werden mit jeweils 0,1 g eines Proteins und 0,1 g Glucose (jeweils ca. eine Spatelspitze) befüllt und mit sechs bis acht Tropfen Wasser versetzt. Die Reagenzgläser werden nun vorsichtig (!) über dem Bunsenbrenner schwenkend erhitzt und anschließend auf ihren Geruch getestet.

1. Informieren Sie sich im Internet über die sogenannte „Maillard-Reaktion“ (z.B. unter <http://www.chemieunterricht.de> oder unter <http://www.lci-koeln.de>) und notieren Sie die wichtigsten Zusammenhänge.



2. Tauschen Sie Ihre Informationen mit einem Partner aus und fassen Sie die wichtigsten Erkenntnisse in einer Ihnen geeignet erscheinenden Form zusammen.



Beantworten Sie dabei auch folgende Fragen:



1. Welchen Nutzen hat die Maillard-Reaktion für die Bienen im Stock?
2. Welche anderen Faktoren tragen zur Entstehung von Farbe und Aroma des Honigs bei?

3. Führen Sie den obigen Versuch in einer Dreier- oder Vierergruppe durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen und erklären Sie diese.



## Pollenanalyse – Ist auch drin was drauf steht?

### Auszug aus der Honigverordnung des deutschen Imkerbundes

„Nach § 3 Abs. 3 Nr. 1 der Honigverordnung darf die Bezeichnung „Honig“ nur dann durch die Angabe bestimmter Blüten oder Pflanzen ergänzt werden, d. h. eine botanische Sortenbezeichnung erhalten, wenn er vollständig oder überwiegend den genannten Blüten oder Pflanzen entstammt und entsprechende sensorische, physikalisch-chemische und mikroskopische Merkmale aufweist.“

In der Honigverordnung ist festgelegt, dass Honige mit pflanzlichen Sortenbezeichnungen wie zum Beispiel Rapshonig überwiegend oder vollständig von den genannten Blüten dieser Pflanze abstammen müssen. Ob dies so ist, kann leicht durch eine mikroskopischen Pollenanalyse ermittelt werden. Diese Art der Analyse nennt man Melissopalynologie, sie wird häufig bei der Honigqualitätskontrolle durch ein Labor angewendet. Sie ist eine der wichtigsten Methoden der botanischen Herkunftsbestimmung von Sortenhonigen. Um die Pollen unter dem Mikroskop den unterschiedlichen Pflanzenarten zuordnen zu können, ist ein Pollen - Herbar notwendig.

### Experiment: Untersuchung von Raps- und Akazienhonig

#### Geräte und Chemikalien:

Deckgläser, Objektträger, Mikroskop (bis 1000-fache Vergrößerung), Pollenkarte, Honigproben

#### Durchführung:

Zunächst werden etwa 10 g Honig in der doppelten Menge warmen (bis heißem) Wasser in einem 50 ml Becherglas unter Rühren gelöst. Das Gemisch wird anschließend zentrifugiert.

Die obere klare Lösung wird dekantiert, man erhält einen Sedimentrückstand. Davon nimmt man mit der Pipette einen Tropfen und gibt ihn auf den Objektträger. Anschließend wird mit einem Deckglas abgedeckt. Jetzt können unter dem Mikroskop die Pollen bestimmt werden!

1. Führen Sie das Experiment in Partnerarbeit durch.
2. Welche Honigsorten konnten Sie den verschiedenen Proben zuweisen?
3. Erläutern Sie die Notwendigkeit, Honigproben auf ihre Echtheit bezüglich der Sortenbezeichnung überprüfen zu können.



# Die Position des Biobauern

Viele Länder betreiben auf sehr großen Flächen Landwirtschaft mit bestäubungsabhängigen Kulturpflanzen. Noch immer werden weiter Waldflächen abgeholzt, um Nutzpflanzen anzubauen. Der Wert der Bestäubung als Dienstleistung wurde von einigen Forschern mit einem Betrag von 153 Milliarden US Dollar beziffert. Das Verschwinden der Bienen als wichtigste Bestäuber würde für die Landwirtschaft also unerwünschte Folgen in Milliardenhöhe bedeuten. In China müssen bereits viele tausende Arbeiter die Obstbäume auf den Plantagen per Hand bestäuben. Blütenpollen werden gehandelt wie ein Barren Gold.

Für die Bestäubung der Kulturpflanzen sind nicht nur die von Imkern gehaltenen Honigbienen, meist die Art *Apis mellifera*, wichtig, sondern auch Wildbienenpopulationen. In einigen Gebieten Europas gibt es schon keine überlebensfähigen Wildbienen mehr, da sie die menschliche Bewirtschaftung nicht vertragen. Monokulturen, Herbizide und Pestizide sowie eingeschleppte Parasiten und Krankheitserreger belasten die wildlebenden Bienen zu stark. Durch die zunehmende Bebauung von Landflächen werden deren Lebensräume zerstört, es ist ein starker Rückgang der Habitatsvielfalt zu verzeichnen.

Auch moderne Seuchen bedrohen das Überleben der Bienenvölker. Die ursprünglich aus Asien stammende Varroamilbe beispielsweise lässt viele Bienenvölker zu Grunde gehen: Der Parasit saugt einerseits am Bienenblut der Bienenlarve. Da schwächt die Bienen. Andererseits werden Krankheitserreger übertragen, die Sekundärkrankheiten erzeugen, beispielsweise das Deforming-Wing-Virus, das die Flügel der Bienen verkümmern lässt. So ist die Biene nicht mehr überlebensfähig.

Nicht nur die Landwirtschaft ist von dem Schaden betroffen, wenn die Honigbienen aussterben würden, sondern auch die Honig - Exportländer (z.B. Spanien und Argentinien). Sie sind aufgrund ihrer ansonsten geringen Ressourcen meist auf einen Export von Honig angewiesen.

Um den Rückgang an Wildbienenhabitaten zu vermindern, könnte beispielsweise der Anbau von Pflanzen, die für die Tiernahrung genutzt werden, verringert, und der Anbau an Kulturpflanzen für den Menschen erhöht werden.

Zudem werden momentan für den Anbau an Kulturpflanzen und Weiden einige Millionen Liter an Pestiziden, Herbiziden und Fungiziden eingesetzt. An Orten, wo Pestizide intensiv eingesetzt werden, bestehen oft gleichzeitig wenige Blütenressourcen und Nistplätze für Bienen. Außerdem sind häufig viele Blüten, Nistplätze und die allgemeine Umgebung von Bienen sowie der während landwirtschaftlicher Arbeit aufgewirbelte Staub mit Chemikalien belastet. Diese Insektizide, Herbizide und Fungizide werden auf Äckern ausgebracht, erreichen die Bienen durch Pollen und Nektar, über Luft, Wasser und Boden. Diese Pestizide können entweder einzeln oder in Kombination für Bienen auf kurze Sicht extrem giftig sein und die Bienen schwächen und letztendlich zu ihrem Tod führen. Ein Verzicht ist hier dringend notwendig!

Lesen Sie sich den Informationstext durch und bereiten Sie Ihre Position für die anschließende Diskussion vor!

## AGRAWIRTSCHAFT EU will Bienen mit Verbot von Pestiziden schützen

Landwirte setzen Chemikalien ein, um Schädlinge von ihren Pflanzen fernzuhalten. Drei dieser Mittel gefährden laut EU aber den Bienenbestand. Sie sollen verboten werden.



Artikel über Pestizide und Bienensterben aus der Zeitung "Zeit"

Screenshot nach <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2013-04/bienen-pestizide-verbot-eu>



# Die Position des Greenpeace - Spezialisten

Insektizide sind unter den Pestiziden die für die Bestäubungsinsekten (unter anderem die Bienen) gefährlichste Pestizidklasse. Insektizide wurden speziell entwickelt, um schädliche Insekten auf Nutzpflanzen abzutöten. In bestimmten Dosen gefährden sie jedoch auch nicht - Zielinsekten wie die Honigbienen.

ZEIT ONLINE UMWELT  
 STARTSEITE POLITIK WIRTSCHAFT MEINUNG GESELLSCHAFT KULTUR VOSSSEN DIGITAL STUDIUM  
 Gesundheit Umwelt Geschichte

## AGRAWIRTSCHAFT EU will Bienen mit Verbot von Pestiziden schützen

Landwirte setzen Chemikalien ein, um Schädlinge von ihren Pflanzen fernzuhalten. Drei dieser Mittel gefährden laut EU aber den Bienenbestand. Sie sollen verboten werden.



Artikel über Pestizide und Bienensterben aus der Zeitung "Zeit"

Insektizide und andere Pestizide gelangen, nachdem sie auf dem Feld ausgebracht wurden, in das Grundwasser, in Wasserläufe, in die Luft und damit auch auf die Pflanzen und deren Nektar und Pollen. Von dort gelangen sie zu den Bienen und in den Bienenstock. Hier reichern sich die Pestizide im Wachs der Wabenzellen und im Honig an. Einige Pestizide, die Neonicotinoid-Insektizide, wirken sogar systemisch, das bedeutet, dass sie in das Leitbahnsystem der Pflanzen gelangen. Dies erhöht die Gefahr für die Bestäuber, da sie längerfristig den Pestiziden ausgesetzt sind.

Durch die Pestizide sind physiologische Auswirkungen wie Missbildungen, Störungen des Sammelmusters durch Auswirkungen auf Navigation und Verhalten, sowie eingeschränkte olfaktorische Effekte und neurotoxische Auswirkungen auf eine Störung des Lernverhaltens der Bienen zu beobachten. Bienen werden orientierungslos und finden nicht mehr zu ihren eigenen Bienenstöcken zurück. So verlieren die Völker die Nahrungszufuhr und sterben langsam ab. Auch der Ausfall der Kommunikation durch den Bienentanz kann eine Folge der Pestizidauswirkungen sein.

In einer Studie über Pestizidrückstände in Bienenstöcken (darunter auch Honig), fanden die Forscher nie dagewesene Mengen an Milbenbekämpfungsmitteln und in der Landwirtschaft eingesetzten Pestiziden, ebenso fanden sie vermehrt Fungizide. Die sieben wichtigsten Pestizide, die die Bienenpopulationen gefährden sind Imidacloprid, Thiamethoxam, Clothianidin, Fipronil, Chlorpyrifos, Cypermethrin und Deltamethrin. Diese Stoffe können über die Nahrung natürlich auch in den Stoffwechsel des Menschen gelangen.

Lesen Sie sich den Informationstext durch und bereiten Sie Ihre Position für die anschließende Diskussion vor!

Screenshot nach <http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2013-04/bienen-pestizide-verbot-eu>



## Die Position des regionalen Imkers

Heimische Honige aus der Region zu kaufen bringt gleich mehrere Vorteile. Die regionalen Imker werden unterstützt und die Qualitätskriterien des deutschen Imkerbundes garantieren einen einwandfreien Honig. Pro Jahr isst jeder Deutsche etwa 1,3 kg Honig, so viel wie nirgendwo sonst auf der Welt. Daher müssen auch 80% der hier verzehrten Honige importiert werden. Das kann zu Problemen führen: Die Honigverordnung schreibt vor, dass im Honig keine honigfremden Stoffe zu finden sein dürfen. Daher haben beispielsweise Arzneimittelrückstände nichts darin verloren, doch in Stiftung Warentest 2009 wurden in zwei Honigproben Nitrofurane nachgewiesen.



Bienenstöcke am Rande eines Rapsfeldes

Dieses Antibiotikum ist für die Anwendung an lebensmittelliefernden Tieren in der EU streng verboten. In Honigen aus der Türkei und Argentinien fand man jedoch das als kanzerogen und erbgutschädigend geltende Nitrofurantol.

In zwei Honigen wurden zudem die Antibiotika Streptomycin und Tetracyclin gefunden. Der betroffene Langnese-Honig hätte nicht in den Verkauf gehen dürfen. Des Weiteren wurden erhöhte Oxalsäure-Werte nachgewiesen. Oxalsäure wird eingesetzt, um die Varroamilbe von den Bienen fern zu halten. Thymol, ebenfalls gegen die Varroamilbe eingesetzt, kann einige Honige aufgrund seines starken Eigengeschmackes beeinträchtigen. Phenylacetaldehyd ist ebenfalls ein stark geschmacksbeeinträchtigendes Mittel, es wird bei der Honigernte eingesetzt, um die Bienen aus dem Stock zu vertreiben und sie zu beruhigen.

Die Bienen bestäuben zum größten Teil Nutz- und Kulturpflanzen, dabei unterscheiden sie nicht zwischen biologisch angebauten und konventionellen Pflanzen, die mit Pestiziden behandelt werden. Das kann tödlich sein: Colony Collapse Disorder (CCD), der Völkerkollaps, bezeichnet das plötzliche Verschwinden von ganzen Bienenvölkern. Über die Hintergründe dieses mysteriösen Verschwindens rätselt man noch immer. Man vermutet ein Zusammenspiel von Pestiziden sowie unzureichende Versorgung der Bienenstöcke seitens der Imker.

Wenn die Bienen in den USA weiter so schnell verschwinden wie heute, dann wird es im Jahre 2035 keine Honigbienen dort mehr geben.

Ein weiterer Grund für das Verschwinden der Bienen ist wohl die Verringerung des Genpools. Die meist verbreitetste Honigbiene ist die Art *Apis mellifera*, sie ist besonders friedlich und produziert viel Honig. Da sie auf diese beiden Eigenschaften gezüchtet wurde, ist sie aber auch besonders anfällig für Krankheiten.

Lesen Sie sich den Informationstext durch und bereiten Sie Ihre Position für die anschließende Diskussion vor!



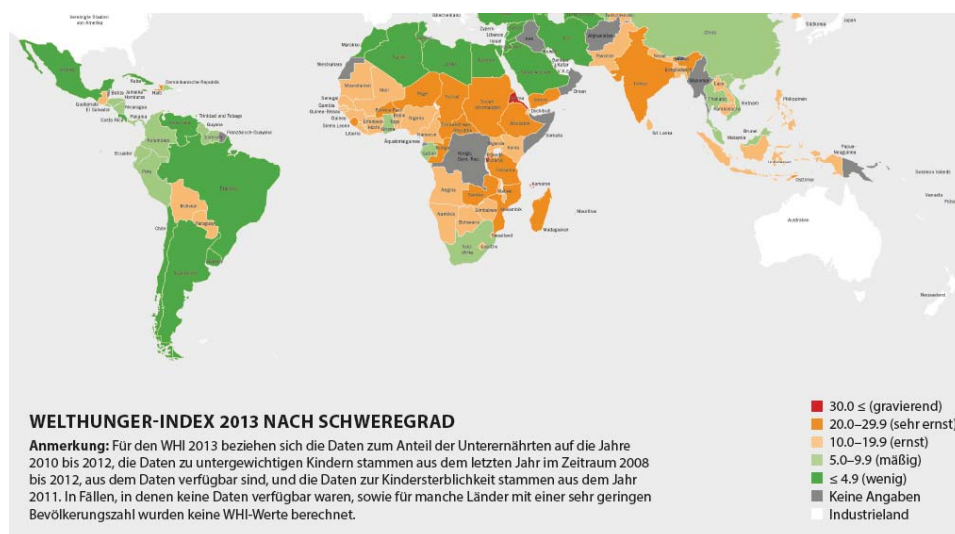
## Vertreter eines großen Chemiekonzerns

Wollen Chemiekonzerne wie BASF oder Bayer ein Pestizid in Europa oder den Vereinigten Staaten auf den Markt bringen, müssen sie es zunächst einigen Tests unterziehen. Dazu gehört beispielsweise der LD<sub>50</sub>-Test, der zur Bestimmung der Giftigkeit einer Substanz dient. Bei diesem Verfahren wird die Dosis ermittelt, bei der die Hälfte der behandelten Tiere (meist Laborratten) sterben.

Wird eine Chemikalie als für Bienen giftig angesehen, untersucht die EPA (Environmental Protection Agency, eine amerikanische Behörde zum Schutz der Umwelt und der Menschheit) diese Tatsache. Sie stuft nach weiteren Tests die Chemikalie auf einer Skala von „nicht toxisch“ bis „extrem toxisch“ ein. Für Honigbienen extrem toxische Substanzen werden aus dem Verkehr gezogen. Studien belegen zwar eine Anreicherung von Pestiziden in den Pflanzen noch Jahre nach der Bewirtschaftung, doch sind die Spuren so gering, dass von ihnen keine Gefahr ausgehen kann. Solche Forschungen hat Bayer sogar mitfinanziert, um Engagement zu zeigen. Das umstrittene Imidacloprid wurde nicht in Pollen oder Nektar nachgewiesen.

Das Problem des Bienensterbens gründet in der Zersiedelung der Landschaft. Die Städte werden immer größer und die Nahrungsgründe für Bienen sinken. Die Wanderimker finden in ihrer Heimat immer weniger Plätze, an denen sie ihre Bienen aufstellen können. Außerdem sind es die falschen Pflanzenarten, die angebaut werden, wie zum Beispiel Mais. Er bietet keine profitable Ausbeute für die Bienen, ist aber unersetzlich für die Viehzucht geworden. Große Monokulturen wie beispielsweise Rapsfelder können den Bienen auch wertvolle Nahrung an einem Platz bieten.

Der Einsatz von Pestiziden sichert der Menschheit eine große Ernte an Kulturpflanzen. Ohne sie würde nicht genügend Nahrung produziert werden können. Laut Welthungerhilfe waren im Jahr 2013 rund 870 Millionen Menschen unterernährt! Um das Welthungerproblem zu lösen, muss auf diese Mittel zurückgegriffen werden. Fungizide töten beispielsweise den Mutterkornpilz ab, der durch seine enthaltenen Alkaloide stark giftig für Mensch und Tier sein kann. Würde er ein gesamtes Feld befallen, wäre der Verlust für die Bauern groß und die Lebensmittelpreise würden steigen. Das Welthungerproblem würde weiter verschärft, immer mehr Menschen würden an Mangelernährung sterben.



Ausschnitt aus dem Welthungerindex der Welthungerhilfe

Lesen Sie sich den Informationstext durch und bereiten Sie Ihre Position für die anschließende Diskussion vor!



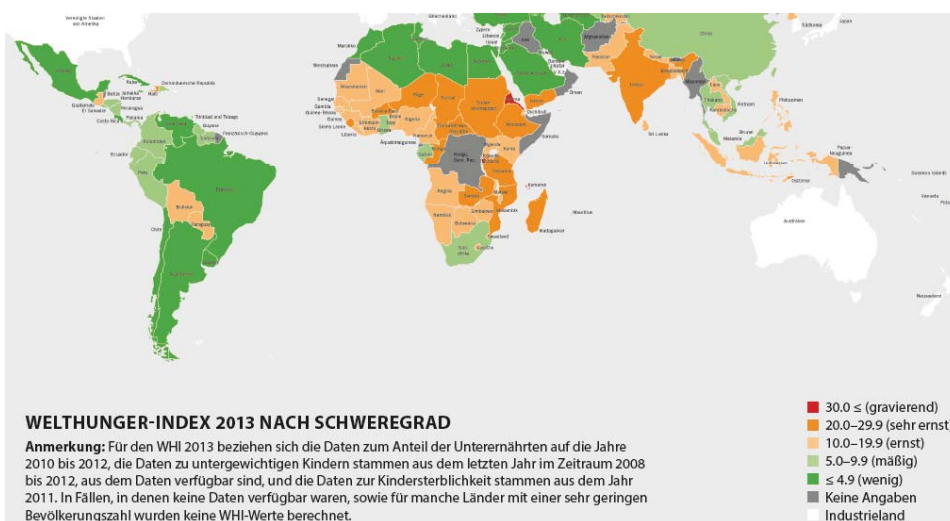
Grafik nach <http://www.welthungerhilfe.de/ueber-uns/mediathek/whh-artikel/pressemappe-welthunger-index-2013.html>

# Verbraucher/Moderatoren

Anhand der Problemstellung sollen Sie versuchen, Meinungen von verschiedenen Experten zu dem Thema Bienensterben und Pestizideinsatz einzuholen, um als Verbraucherschützer die bestmögliche Lösung für das Problem zu finden.

Die Experten sollen die Möglichkeit erhalten, untereinander zu diskutieren und Vor- sowie Nachteile der thematisierten Problemstellung aufzuzeigen.

Sie als Moderatoren haben darauf zu achten, dass die Diskussionsrunde nicht ins Stocken gerät. Bereiten Sie sich also gut mit Fragen und Anregungen vor, um ihre Aufgabe zu erfüllen! Es könnte dafür beispielsweise hilfreich sein, die einzelnen Expertengruppen während der Gruppenarbeit als stummer Zuschauer zu besuchen, um bereits vorab Informationen einzuholen.



## Angeschmiert

**Honig** Naschkatzen lieben Honig. In unserem Test schnitt mehr als die Hälfte der Honige schlecht ab:



**ZEIT ONLINE UMWELT**

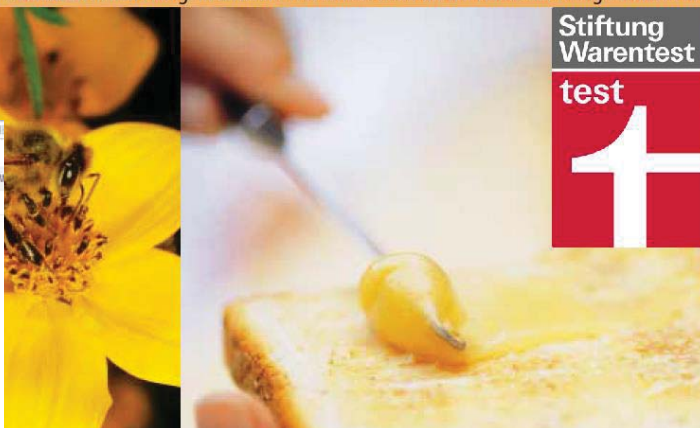
STARTSEITE POLITIK WIRTSCHAFT MEINUNG GESELLSCHAFT KULTUR WISSEN DIGITAL STUDIUM

Gesundheit Umwelt Geschichte

**AGRARWIRTSCHAFT**

**EU will Bienen mit Verbot von Pestiziden schützen**

Landwirte setzen Chemikalien ein, um Schädlinge von ihren Pflanzen fernzuhalten. Drei dieser Mittel gefährden laut EU aber den Bienenbestand. Sie sollen verboten werden.



Grafiken nach  
<http://www.welthungerhilfe.de/ueber-uns/mediathek/whh-artikel/pressemappe-welthunger-index-2013.html>  
<https://www.test.de/Honig-Kein-reiner-Genuss-1167499-2167499/>  
<http://www.zeit.de/wissen/umwelt/2013-04/bienen-pestizide-verbot-eu>



*„Die Milch macht's!“  
Ja, was denn?*

Handreichung für Lehrkräfte der  
Sekundarstufe I –  
Arbeitsblätter, Folien,  
Experimentiervorschriften





# Laufzettel

Station	Erläuterung	bearbeitet am
<b>1: Schülerexperimente</b> Geschmackssensitivität	„Erschmecken“ von Fettgehalt und Milchsorte	
<b>2: Schülerexperimente</b> Inhaltsstoffe der Milch	Test von Milch auf Bestandteile Wasser, Zucker, Eiweiß und Fett; weiterführende Informationen zur industriellen Nutzung und zu optischen Eigenschaften von Milch	
<b>3: Text</b> Die industrielle Behandlung von Milch	Erarbeitung der industriellen Verarbeitung von Rohmilch mittels Informationskarten und eines Bilderrätsels	
<b>4: Text und Schülerexperiment</b> Warum muss Milch homogenisiert werden?	Erklärung der Notwendigkeit einer Homogenisierung von Milch auf der Basis der Bindungseigenschaften der Bestandteile	
<b>5: Text und Schülerexperiment</b> Calcium in der Milch	Erarbeitung der Bedeutung von Calcium und des Calciumgehalts der Milch	
<b>6: Text und Kreuzworträtsel</b> Milch und Milchprodukte	Informationen zur Geschichte der Milchverwendung	
<b>Rausaufgabe</b> Leckereien selbst gemacht	Wahlweise Joghurt oder Frischkäse herstellen	



## „Die Super-Kühe“ Anregungen für die Lehrkraft

Der Beitrag thematisiert in gut sieben Minuten einige Aspekte der modernen Milchproduktion, die mit den Schüler/-innen anschließend besprochen und vertieft werden können. Folgende Fragen können die Schüler/-innen beispielsweise in Gruppen während des Filmschauens schriftlich beantworten:

- Wie funktioniert die Milchproduktion heute? Wie ist die Milchleistung einer Kuh – früher und heute?
- Welche Folgen hat die Milchproduktion für die Kühe?
- Welche ökonomischen Faktoren spielen für den Bauern eine Rolle (z.B. Untergrenze der Milchproduktion)? Was sind die Gründe für den gesteigerten Leistungsanspruch?

In einer anschließenden Diskussion können nach dem Rekapitulieren der Ergebnisse folgende Aspekte vertieft werden:

Wie ist die Milchproduktion gesetzlich geregelt?

Gar nicht. Es gibt lediglich lasche Tierschutzrichtlinien, aber genug Schlupflöcher, um nicht ernsthaft von einer „Regelung“ sprechen zu können.

Was muss man tun, damit die Kühe Milch geben?

Kühe geben wie alle Säugetiere nur Milch, wenn sie Nachwuchs haben. Das bedeutet: die moderne Kuh wird ständig künstlich befruchtet, um Milch zu geben, und direkt nach der Geburt von ihrem Kalb getrennt – die Milch ist für den menschlichen Verzehr bestimmt.

Was ist die „betäubungslose Enthornung“? Warum ist eine Enthornung notwendig?

In der modernen Milchproduktion leben Kühe oft auf engstem Raum und können vielfach ihren Trieben (Liegeplätze frei wählen, wiederkäuen, mit Artgenossen Zärtlichkeiten austauschen) nicht nachgeben. Dadurch werden sie mitunter aggressiv oder unruhig. Aus Angst vor Verletzungen werden die Kälber in den ersten Lebenswochen enthornt – das frische Horn wird bis zum Stumpf ausgebrannt. Eine qualvolle, da sehr schmerzhaftes Prozedur, die in den ersten zwei Lebenswochen ohne Betäubung erlaubt ist.

Im Film fehlt ein Eingehen auf die ökonomische und soziale Seite der Milchproduktion, beispielsweise die Auswirkungen der Preispolitik der Milchindustrie auf die Bauern. Solche Aspekte sollten mit den Schüler/-innen gesammelt und diskutiert werden.



...die Milch macht's!

# Erkennen und Schmecken von Fettgehalt und Milchsorten

## Experiment 1: Geschmackstest 1

### Durchführung:

Nimm einen Trinkbecher und gieße einen Schluck Milch aus der hellblau gekennzeichneten Milchkaraffe ein.

Sieh dir die Milch genau an. Erst danach probierst du, wie sie schmeckt.

Überlege, um welche Milch es sich handeln könnte.

Nun gießt du einen Schluck Milch aus der grün gekennzeichneten Milchkaraffe in deinen Becher.

Auch diese siehst du dir genau an und versuchst, einen Unterschied zur ersten Milchprobe zu finden. Anschließend probierst du auch diese.

Nun überlege, welche Milch 1,5 % und welche 3,5 % Fett enthält.

### Beobachtung:

## Experiment 2: Geschmackstest 2

### Durchführung:

Nimm einen Trinkbecher und gieße einen Schluck aus der orangefarben gekennzeichneten Milchkaraffe ein.

Sieh dir die Milch genau an. Erst danach probierst du wie sie schmeckt.

Überlege dir, um welche Milch es sich handeln könnte.

Verfahre genauso mit der gelben und der roten Karaffe.

Nun überlege, welche Karaffe H-Milch, welche frische Milch und welche die Bio-Milch enthält.

### Beobachtung:

1. Führe die beiden Experimente durch und notiere Aussehen und Geschmack der Milchproben sowie deine Vermutung zu den Milchsorten bzw. dem Fettgehalt der Milch.
2. Nimm dir die fünf farbigen Kärtchen, die bei den Karaffen liegen, und notiere, welche Fettstufe bzw. welche Sorte Milch in der Karaffe ist. Wirf die Kärtchen durch den Schlitz in den Schuhkarton. Zum Abschluss der Stunde wird ausgezählt, wie gut die Klasse die Milchsorten unterscheiden konnte.
3. Überlege: Wie könnten die unterschiedlichen Milcharten und Fettgehalte zustande kommen?



# Inhaltsstoffe der Milch

## Experiment 1: Ist Wasser ein Bestandteil von Milch?



Wasser lässt sich mit wasserfreiem Kupfersulfat nachweisen. Wird Wasser erhitzt, entsteht Wasserdampf. Trifft Wasser oder Wasserdampf auf Kupfersulfat, färbt dieses sich blau.

### Chemikalien & Geräte:

Milch, wasserfreies Kupfersulfat (GHS07, 09), Erlenmeyer-Kolben, Glasrohr, Stopfen mit Loch (passend für den Erlenmeyerkolben), 100 ml Messzylinder, Bunsenbrenner, Reagenzglas

### Durchführung:

Fülle 100 ml Milch in den Erlenmeyer-Kolben. Erhitze die Milch mit dem Bunsenbrenner.

Wenn Dampf entsteht, leite ihn in ein Reagenzglas, das mit einer kleinen Menge Kupfersulfat gefüllt ist.

**Achtung:** Milch brennt leicht an!

### Beobachtung:

### Auswertung:

## Experiment 2: Ist Zucker ein Bestandteil von Milch?



### Chemikalien & Geräte:

Teelicht, Laborbrille, 2 Pasteurpipetten, Bunsenbrenner, Fehling-I-Lösung, Fehling-II-Lösung (GHS05), 1 Spatelspitze Zucker, 5 Tropfen Milch

### Durchführung:

Setze eine Laborbrille auf. Gib je 2 Tropfen Fehling-I-Lösung und Fehling-II-Lösung auf einen Teelöffel (**Achtung: Fehling-II-Lösung ist ätzend**). Gib eine Spatelspitze Zucker dazu und erwärme den Teelöffel kurz über dem Teelicht.

Führe das Experiment noch einmal genauso durch. Gib nun aber statt des Zuckers ca. 5 Tropfen Milch dazu.

### Beobachtung:

### Auswertung:

1. Führe die 4 (!) Experimente zu den Bestandteilen von Milch in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Notiere deine Beobachtungen und deine Schlussfolgerungen (= Auswertung).



# Inhaltsstoffe der Milch

## Experiment 3: Ist Fett ein Bestandteil von Milch?

### Chemikalien & Geräte:

Papier (Löschpapier oder Kaffeefilter), 3 Pipetten, Bleistift, Milch, Sahne, Wasser

### Durchführung:

Nimm dir ein Blatt Löschpapier bzw. einen Kaffeefilter und zeichne mit einem Bleistift drei große Kreise. Kennzeichne den ersten Kreis mit einem M für Milch, den zweiten mit einem S für Sahne und den dritten mit einem W für Wasser.

Nun tropfe mit je einer Pipette etwas Wasser, Milch und Sahne in den jeweiligen Kreis.

Lasse die drei Flecken trocknen. Wenn die Flecken getrocknet sind, halte das Papier gegen das Licht. Von welchem Fleck ist noch etwas zu sehen?

### Beobachtung:

### Auswertung:

## Warum ist die Milch weiß?

Du weißt bereits, dass Milch hauptsächlich aus Wasser besteht – doch warum ist sie nicht durchsichtig wie „normales“ Wasser?

Das liegt am Fett, das ebenfalls in der Milch enthalten ist. Dieses mischt sich nicht gut mit dem Wasser – deshalb wird die Milch homogenisiert (Station 3). Trotzdem löst sich das Fett nicht auf, unter dem Mikroskop erkennst du kleine Kügelchen.

Fällt Licht auf diese Fettkügelchen, wird es gebrochen und zurückgeworfen. In der Milch sind sehr viele Fettkügelchen, zwischen denen das Licht reflektiert und in alle Richtungen gestreut wird. Und aus dem Physikunterricht weißt du, was passiert, wenn Licht in vielen verschiedenen Wellenlängen zusammentrifft – es erscheint weiß.

Ähnliches passiert beim Schnee: während ein einzelner Kristall durchsichtig erscheint, weil das Licht durch ihn hindurchdringen kann, erscheint der Schnee weiß – die unzähligen Kristalle brechen, spiegeln und reflektieren das Licht.

Dieses Phänomen kannst du mit einem ganz einfachen Versuch nachmachen: Gib einen daumenbreit Öl und einen daumenbreit Wasser in ein Reagenzglas. Die Lösung ist klar, deutlich sind zwei Phasen zu sehen. Nun verschließe das Reagenzglas mit dem Daumen und schüttle kräftig – et voilà!



Bild verändert nach  
<http://www.milag.net/nextshopcms/cmsimage.asp?id=46&fkt=3>

...die Milch macht's!

Station 2b

# Inhaltsstoffe der Milch

## Experiment 4: Ist Eiweiß ein Bestandteil von Milch?

Eiweiß lässt sich durch Zugabe von Säure (Essig, Zitronensaft) nachweisen. Es gerinnt und flockt aus. Diesen Vorgang bezeichnet man als Denaturierung.

### Chemikalien & Geräte:

Reagenzglas, Glasstab, Essig oder Zitronensaft, 5 - 10 ml Milch

### Durchführung:

Fülle ein Reagenzglas zur Hälfte mit Milch (5 - 10ml).

Gieße so lange Essig oder Zitronensaft hinein, bis sich die Milch verändert. Rühre evtl. mit dem Glasstab um.

### Beobachtung:

### Auswertung:

## Plastik aus Milch?

Der Stoff, der aus der Milch ausflockt, heißt Kasein. Es ist eine Mischung verschiedener Proteine, die in der Milch enthalten sind. Dieses Kasein ist ein interessanter Grundstoff in der Industrie.

Als Bindemittel wird es beispielsweise bei der Herstellung von Wurst, Joghurt oder Farben eingesetzt. Diese Farben sind besonders leuchtend und lange haltbar.

Es gibt sogar Füllhalter, Dosen, Radiogehäuse, Spielzeug, Knöpfe, Besteckgriffe oder Schmuckstücke aus Kasein. Kasein kann nämlich zu Galalith, einem einfachen Kunststoff, weiterverarbeitet werden. Galalith war bis in die 1930er Jahre ein wichtiger Kunststoff für Technik und Militär in Deutschland.

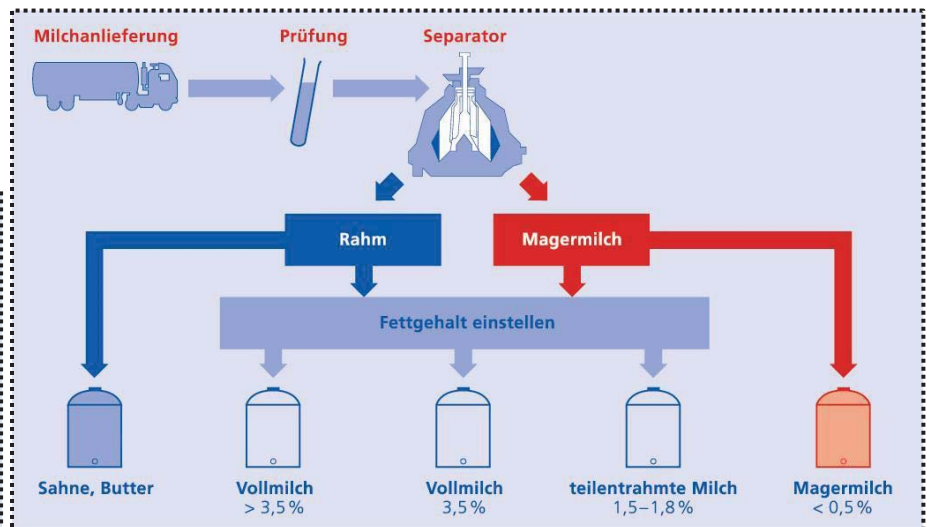
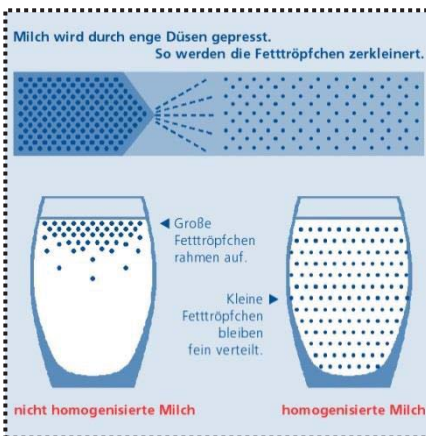
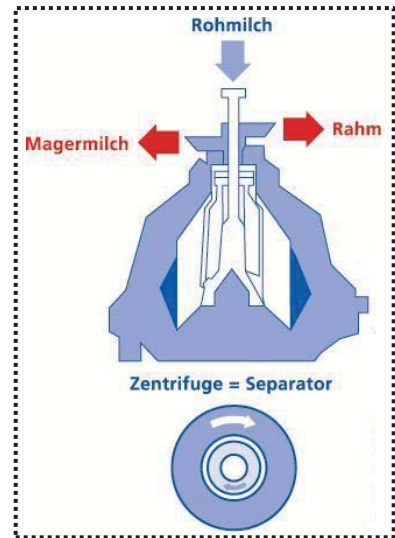
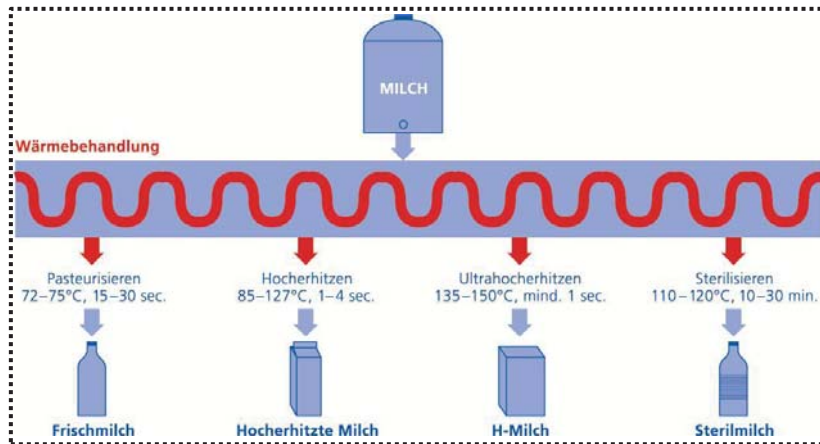
Du kannst die Verarbeitung von Kasein selbst nachprüfen: Wenn du die bei der Denaturierung entstehenden Klumpen aus der Milch abschöpfst, kannst du aus der Masse kleine Figuren formen. Diese kannst du dann im Backofen trocknen – aber Vorsicht: Die Figur darf nicht wärmer als 80°C werden, sonst zerfällt sie.



Bild verändert nach: <http://www.technischesmuseum.at/res/00/00/38/41/0000384124-Teaser-Popout-Crop.jpg>



# Von der Kuh in das Glas – die industrielle Behandlung von Milch



1. Lies dir das Informationsmaterial an Station 3 gründlich durch.
2. Schneide die Abbildungen aus, bringe sie in die korrekte Reihenfolge und klebe Sie auf ein Din-A-4-Papier.
3. Notiere zu jedem Prozess eine Überschrift und eine kurze Beschreibung, was in diesem Schritt der Milchbearbeitung passiert.
4. Bewerte mithilfe des Textes und der Tabelle: Welche Milch ist für dich die beste? Begründe!



# Die industrielle Behandlung von Milch

## Schritt 1: Separieren

Die gemolkene Rohmilch wird in einer Zentrifuge (Separator) geschleudert. Dabei wird die Magermilch nach außen geschleudert, während der Rahm, der eine geringere Dichte hat, im Inneren der Zentrifuge bleibt.

Auch Schwebstoffe (z.B. Schmutzrückstände), die evtl. durch ein nicht ganz sauberes Euter in die Milch gelangt sind, werden so ausgesondert. Sie haben eine noch höhere Dichte als die Magermilch und werden am weitesten nach außen getrieben und abgeschieden.

## Schritt 2: Standardisieren

Je nach gewünschtem Produkt können nun Magermilch und Rahm in unterschiedlichen Anteilen gemischt werden: der Fettgehalt wird „eingestellt“. Es gibt folgende Fettgehaltsstufen:

- Vollmilch mit naturbelassenem Fettgehalt (meist 3,7 bis 4 %)
- Vollmilch mit einem standardisierten Fettgehalt von 3,5 % Fett
- Teilentrahmte = fettarme Milch (Fettgehalt 1,5 bis 1,8 %)
- entrahmte Milch = Magermilch (Fettgehalt höchstens 0,5 % Fett)

## Schritt 3: Homogenisieren

Um das „Aufrahmen“ (Abtrennung von Milch und Rahm) zu verhindern, wird die Milch homogenisiert. Dazu wird die Milch bei +50°C bis +75°C mit hohem Druck durch feine Düsen gepresst. Während dieses Vorgangs verringert sich die Teilchengröße bis unter 1 µm, die Oberfläche wird um etwa das 20-fache vergrößert. Dadurch wird die Verdaulichkeit des MilCHFetts verbessert, die Resorptionsgeschwindigkeit des MilCHFetts erhöht und die Milch vollmundiger. Außerdem können sogenannte Emulgatoren, also Stoffe, die das Mischen zweier an sich nicht mischbarer Stoffe unterstützen, bei dieser großen Oberfläche besser wirken.

## Schritt 4: Wärmebehandlung

Durch das Erhitzen werden möglicherweise vorhandene Krankheitserreger abgetötet und die Haltbarkeit wird verlängert. Man unterscheidet verschiedene Wärmebehandlungsverfahren:

- Beim **Pasteurisieren** wird Milch kurzzeiterhitzt (15 – 30 Sekunden bei 72°C bis 75°C); es ist eines der gebräuchlichsten Verfahren und zugleich ein schonendes, da Nährwert, Geruch und Geschmack der Milch bestmöglich erhalten bleiben.
- Milch wird für 1 bis 4 Sekunden auf 85°C bis 127 °C **hocherhitzt** und ist dann ca. 20 Tage haltbar.
- Beim **Ultrahoherhitzen** erfolgt eine Erwärmung für 1-4 Sekunden auf +135°C bis +150°C. Die „H-Milch“ enthält keine vermehrungsfähigen Keime und ist mindestens 6 Wochen haltbar. Durch die höheren Temperaturen wird das Protein der Milch teilweise denaturiert, aber nicht zerstört. Darüber hinaus nimmt der Gehalt an hitzeempfindlichen Vitaminen ab (5-20 %).
- Bei der **Sterilisierung** wird die Milch vorerhitzt, homogenisiert, in Flaschen abgefüllt und sterilisiert: bis zu 20 Minuten lange Erhitzung auf 110 bis 120°C. In steriler Milch dürfen sich keine lebensfähigen Organismen befinden. Sie ist ca. 6 Monaten bei Zimmertemperatur haltbar, aber Nährstoffe und Geschmack werden stärker beeinträchtigt als bei den anderen Verfahren.



...die Milch macht's!

Station 3 –  
Informationskarten zum  
Verbleib an der Station



Erhitzungsverfahren	Thiamin B 1	Pyridoxin B 6	Cobalamin B 12	Folsäure
Pasteurisierung	< 10 %	0 – 8 %	< 10 %	< 10 %
Ultrahocherhitzung	0 – 20 %	<10 %	5 – 10 %	5 – 10 %
Sterilisierung	20 – 50 %	20 – 50 %	20 – 100 %	30 – 50 %
Kochen (privat)	10 – 20 %	10 %	20 %	15 %

Vitaminverluste der Milch bei verschiedenen Erhitzungsverfahren (Koerber/Männle et al., 1994)

Quelle: Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V.: Projekt Milch Sek I, Düsseldorf 2003, S. 15 - 20.



...die Milch macht`s!

**Station 3 –  
Informationskarten zum  
Verbleib an der Station**

# Warum muss Milch homogenisiert werden?

## Experiment: Wasser-Fett-Emulsionen

Geräte und Chemikalien: Messzylinder (25 ml), Sprühflasche mit Zerstäuber, 2 Schnappdeckelgläser, Speiseöl, Wasser

Durchführung:

1. Gib jeweils 10 ml Wasser und 10 ml Öl in die beiden Schnappdeckelgläser und verschließe diese.
2. Schüttele eines der Gläser für zehn Sekunden kräftig, fülle das geschüttelte Gemisch in die Sprühflasche und sprühe die Emulsion zügig in das Schnappdeckelglas zurück.
3. Ein weiterer Mitschüler deiner Gruppe schüttelt derweil das andere Schnappdeckelglas ebenfalls für zehn Sekunden kräftig.
4. Stellt beide Gläser auf den Tisch und beobachtet für etwa fünf Minuten.

### Info: Warum mischen sich Wasser und Fett nicht?

Je nach Stoffart (Metall oder Nichtmetall) verbinden sich Atome auf unterschiedliche Weise miteinander: mittels einer Ionenbindung (Elektronenübertragung) oder einer Atombindung (Überlappung der Elektronenwolken und gemeinsames Nutzen der Außenelektronen).

Bei der Atombindung zieht jede Atomsorte die Außenelektronen unterschiedlich stark an (Elektronegativität). Die Außenelektronen verschieben sich leicht zu der Atomsorte mit der höheren Elektronegativität – wie beim Tauziehen. Man spricht von einer *polaren Bindung*. Das elektronegravitere Atom weist einen kleinen Überschuss an negativer Ladung auf ( $\delta^-$ ), während das andere Atom einen kleinen Überschuss an positiver Ladung aus dem Atomkern hat ( $\delta^+$ ). Im Wassermolekül sind die bindenden Elektronenpaare beispielsweise in Richtung des Sauerstoffs verschoben, wodurch die Wasserstoff-Atome leicht positiv geladen sind (*Dipol-Molekül*).

Bei geringen Unterschieden in der Elektronegativität werden die Elektronen von den verschiedenen Atomkernen etwa gleich stark angezogen (unpolare Bindung), beispielsweise beim Sauerstoffmolekül ( $O_2$ ) oder bei organischen Stoffen wie den meisten Fetten (bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen).

Für das Mischen von Stoffen gilt: Gleiches mischt sich mit Gleichem – also Stoffe mit polarer Bindung können miteinander gemischt werden, nicht aber ein Stoff mit polarer und ein Stoff mit unpolarer Bindung.

1. Führe das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Notiere deine Beobachtung.
3. Formuliere eine Erklärung für den Versuch. Gehe dabei auf folgende Aspekte ein.
  1. Erkläre die zu beobachtenden Unterschiede in den beiden Gläsern. Nutze dabei auch die Wörter polar, unpolar, Bindung, Anziehung, Dipol & Elektronegativität.
  2. Stelle den Zusammenhang und die Unterschiede zwischen diesem Versuch und der Homogenisierung von Milch dar.
4. Recherchiere die Elektronegativitätswerte für Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel. Zeichne die Moleküle fünf realer Stoffe, die aus diesen Atomsorten bestehen, und kennzeichne, um welche Art von Bindung es sich handelt.



# Warum muss Milch homogenisiert werden?

## Information:

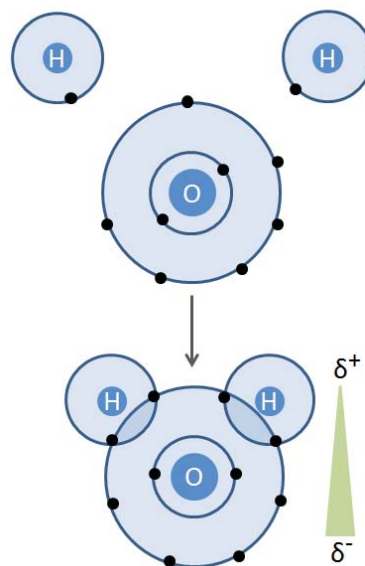
Wie du bereits erfahren hast, müssen die in der Milch enthaltenen Fettkügelchen fein verteilt werden, um die Aufrahmung von Milch zu verhindern. Doch warum mischen sich Wasser und Fett nicht?

Ursache sind die unterschiedlichen Bindungen zwischen den Atomen der einzelnen Stoffe.

Besitzt ein Atom *keine voll besetzte Außenschale*, ist dies energetisch ungünstig (Oktettregel) – das kennst du bereits von der Ionenbindung bei den Salzen. Während jedoch in Ionenverbindungen Elektronen tatsächlich abgegeben oder aufgenommen werden, haben Nichtmetalle die Möglichkeit, ihre *Außenschale durch gemeinsame Elektronenpaare zu füllen*. Dabei *durchdringen sich die die Atome umgebenden Elektronenwolken*, so dass die freien Außenelektronen von allen beteiligten Atomen „genutzt“ werden können. Die bindenden Elektronenpaare werden dabei jeweils beiden beteiligten Atomen zugerechnet. Die Fähigkeit eines Atoms, diese bindenden Elektronen anzuziehen, bezeichnet man als *Elektronegativität*. Die Elektronegativitätswerte der Atome sind dem PSE zu entnehmen; Fluor hat mit 4.0 die stärkste Anziehungskraft, Kalium hat mit 0.8 eine der schwächsten Anziehungskräfte.

Sind an einem Molekül verschiedene Atomsorten beteiligt, werden die bindenden Elektronenpaare von den jeweiligen Atomkernen unterschiedlich stark angezogen. Daher verschieben sich diese Elektronen immer etwas näher zu dem Atom, das die stärkere Elektronegativität hat – wie beim Tauziehen. Man spricht dann von einer *polaren Bindung*, denn das elektronegativere Atom weist einen kleinen Überschuss an negativer Ladung auf ( $\delta^-$ ), während das andere Atom einen kleinen Überschuss an positiver Ladung hat ( $\delta^+$ ). Im Wassermolekül sind die bindenden Elektronenpaare beispielsweise in Richtung des Sauerstoffs verschoben, wodurch die Wasserstoff-Atome leicht positiv geladen sind; man spricht von einem *Dipol-Molekül*. Ist der Unterschied der Elektronegativität in einem Molekül klein, werden die Elektronen von den verschiedenen Atomkernen etwa gleich stark angezogen. Die Bindung ist unpolar, beispielsweise beim Sauerstoffmolekül ( $O_2$ ) oder bei organischen Stoffen wie den meisten Fetten (bestehen hauptsächlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen).

Für das Mischen von Stoffen gilt: Gleiches mischt sich mit Gleichem – also Stoffe mit polarer Bindung können miteinander gemischt werden, nicht aber ein Stoff mit polarer und ein Stoff mit unpolare Bindung. Somit können sich das Wasser der Milch und ihre Fettbestandteile nicht ohne weiteres mischen.



Reaktion zweier Wasserstoff-Atome und eines Sauerstoffatoms zu einem Wassermolekül. Dieses ist aufgrund der unterschiedlichen Elektronegativitäten der beteiligten Atome ein Dipol-Molekül.

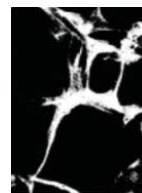


# Calcium in der Milch

Calcium ist der Mineralstoff, der mengenmäßig am stärksten im menschlichen Körper vertreten ist. 99 % des Calciums befinden sich im Skelett und in den Zähnen, 1 % im Blut und im Gewebe. Es ist ein sehr bedeutender Baustein für Knochen und Zähne, es dient der Stabilisierung der Zellmembran, ist zudem an der Erregbarkeit von Nerven und Muskeln beteiligt und ist wichtig für die Blutgerinnung.



Bis zum Ende der Pubertät werden 90 % der maximalen Knochenmasse aufgebaut. Etwa bis zum 30. Lebensjahr werden die Knochen noch weiter aufgebaut, danach bleibt die Knochendichte eine Zeit lang konstant.



Wie „stabil“ der Knochen wird, wird durch die Erbanlagen, Bewegung und Ernährung (speziell Calcium- und Vitamin D-Versorgung) bestimmt. Je fester der Knochen wird, desto belastbarer ist er.

Unterschiedlich dicht gebaute Knochen unter dem Mikroskop

Ab dem 40. Lebensjahr verringert sich die Knochendichte in aller Regel. Nimmt die Knochendichte zu stark ab, kann es zu **Osteoporose** kommen. Dabei verliert der Knochen sehr viel von seiner Masse und wird brüchig.

Die besten Calciumquellen sind Milch und Milchprodukte. Einige grüne Gemüsesorten (Brokkoli, Lauch, Spinat), verschiedene Mineralwässer, Nüsse, Mandeln und Samen enthalten ebenfalls Calcium.

Untersuchungen haben ergeben, dass die tatsächliche Aufnahme von Calcium bei vielen Menschen zum Teil weit unter den empfohlenen Mengen liegt

## Experiment: Wie viel Calcium ist in der Milch?



Geräte und Chemikalien: Calcium-Test-Set (GHS03,05,07), Messzylinder, 100 ml destilliertes Wasser, 1 ml H-Milch (fettarm), Stoppuhr, Laborbrille, Einweghandschuhe

### Durchführung:

Setze die Laborbrille auf und ziehe die Einweghandschuhe an. Fülle 100 ml destilliertes Wasser in den Messzylinder. Gib anschließend 1 ml Milch dazu und vermische die Flüssigkeit durch Umschwenken vorsichtig.

Gib einen gestrichenen Dosierlöffel Reagenz 1 (Wasserstoffperoxid-Harnstoff) zu der Flüssigkeit und schwenke es vorsichtig um. Gib 10 Tropfen Reagenz 2 (Natronlauge) dazu und schwenke es um. Nimm das Analysestäbchen und stelle es für 45 Sekunden in die Lösung.

Vergleiche die Farbe des Teststäbchens mit der Farbskala auf dem Beipackzettel.

1. Führe das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch!
2. Notiere deine Beobachtung.
3. In welchem Verhältnis hast du die Milch verdünnt? Berechne, wie viel mg Calcium in 1 Liter unverdünnter H-Milch enthalten sind!
4. Im Informationstext wird behauptet, Milch sei am besten geeignet, den Calciumbedarf eines Menschen zu decken. Recherchiere: Welche Lebensmittel enthalten wieviel Calcium? Wie viel Gramm musst du an Milch oder anderen Lebensmitteln zu dir nehmen, um deinen Tagesbedarf an Calcium zu decken? Stimmt die Behauptung des Informationstextes?



Text verändert nach: Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V.: Projekt Milch Sek I, Düsseldorf 2003, S. 13f.



# Milch und Milchprodukte

Ursprünglich diente Milch ausschließlich dazu, neugeborene Säugetiere zu ernähren. Sie enthält daher viele Stoffe, die für den Stoffwechsel notwendig sind: Milcheiweiß (Prolin), Vitamine (vor allem B2, B12 und A) und Mineralstoffe (Calcium, Phosphat, Kalium, Natrium und Magnesium).

Erst mit der Zeit wurde die Milch und aus ihr hergestellte Produkte auch für ältere Kinder, Jugendliche und Erwachsene zum Nahrungsmittel. So kamen beispielsweise vor 5000 Jahren die Sumerer auf den Geschmack der Milch.

Eines der ältesten Lebensmittel der Welt ist der Joghurt. Er wurde von Nomadenvölkern entdeckt. Während der langen Wüstenmärsche transportierten sie die Milch in Ziegenhautsäcken, die auf Kamelrücken befestigt wurden. Durch die Schaukelbewegungen der Tiere, die Hitze und die in der Milch enthaltenen, säurebildenden Mikroorganismen entstand ein sauremilchartiges Produkt, das wir heute als Joghurt kennen.




Tontafeln aus der Zeit der Sumerer bestätigen, dass sie Milch verarbeiteten.

Später wussten auch die Ägypter, Griechen, Römer und Germanen die Milch zu schätzen. Frische Milch wurde z.B. in Tongefäße gefüllt und so lange dort aufbewahrt, bis die Milch durch Eigensäuerung „dick“ wurde. Anschließend wurde die Milch durch engmaschige, geflochtene Körbe gegossen. So konnte die Molke abfließen und ein Quark blieb zurück, der mit Honig oder Kräutern verfeinert bei den Germanen als Delikatesse galt.

Auch die asiatischen Reitervölker zeigten sehr viel Fantasie bei der Milchverarbeitung. So ist der uns bekannte Kefir keine Erfindung unserer Zeit, denn das Sauermilcherzeugnis diente schon den mutigen Reitern als Erfrischungsgetränk. Des Weiteren war ihnen die Herstellung von Trockenmilch durchaus bekannt. Dafür wurde der Rahm der Milch abgeschöpft und in flachen Gefäßen an der Sonne getrocknet. Auf ihren Kriegs- und Beutezügen ernährten sie sich von der mit Wasser angerührten Trockenmilch und waren somit nicht auf frische Nahrungsmittel angewiesen. Es wurde aber nicht nur Kuhmilch zu verschiedenen Milchprodukten verarbeitet, sondern auch Ziegen, Schafe, Esel, Pferde und Kamele wurden gemolken.

Eine weitere große Entdeckung in der Geschichte der Milch war das „Pasteurisieren“, benannt nach seinem Entdecker Louis Pasteur. Dieser fand 1875 heraus, dass Milch durch Erhitzen haltbar gemacht werden kann. Heute ist die Wärmebehandlung (z. B. Pasteurisieren, Ultrahocherhitzen) gesetzlich vorgeschrieben, um evtl. vorhandene Krankheitserreger abzutöten. Die Pasteurisierung ist eine schonende Erwärmung der Milch, bei der die Inhaltstoffe weitgehend erhalten bleiben.

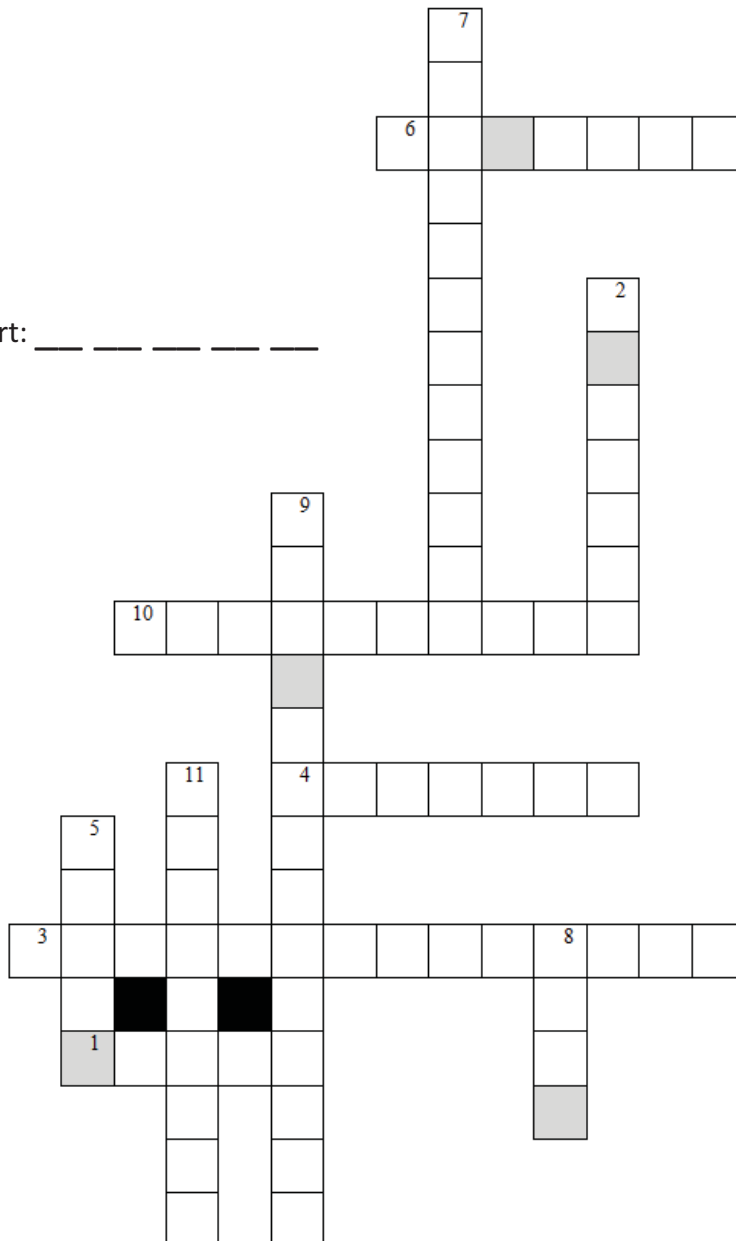
Löse mithilfe des Textes das Kreuzworträtsel auf der nächsten Seite dieser Station. 

verändert nach: Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V.: Projekt Milch Sek I, Düsseldorf 2003, S. 21f.



# Milch und Milchprodukte

Lösungswort: \_\_\_\_\_



1. Milchprodukt der asiatischen Reitervölker
2. Eines der ältesten Lebensmittel
3. Schonendes Milcherhitzungsverfahren
4. Welches Volk begann mit der Milchgewinnung?
5. Delikatesse der Germanen
6. Welches Volk entdeckte den Joghurt?
7. Alternative zu frischen Nahrungsmitteln bei den Reitervölkern
8. Milchproduzierendes Tier
9. Wodurch wird die Milch dick?
10. Die Nomaden transportierten die Milch in Behältern aus ...
11. Wodurch weiß man, dass schon die Sumerer sich mit der Milchgewinnung auskannten?



# Rausaufgabe: Leckereien selbst gemacht

## Rezept 1: Joghurt

**Du brauchst:** 500 ml Milch, 1 EL Naturjoghurt, Topf, 2 saubere Gläser mit Schraubdeckel

### So geht's:

1. Gib die Milch in einen Topf und erhitze diese auf dem Herd, bis sie fast kocht. **Vorsicht:** Milch brennt leicht an – immer gut rühren!
2. Lass die Milch auf ca. 40° C im geschlossenen Topf abkühlen. Fülle sie dann in 2 Schraubdeckelgläser und gib jeweils einen EL Naturjoghurt dazu. Verrühre den Joghurt gut!
3. Anschließend das Glas verschließen, in eine dicke Decke wickeln und an die Heizung stellen (im Sommer kannst du stattdessen eine Wärmflasche mit einwickeln).
4. Lass die Gläser über Nacht ruhen. Anschließend im Kühlschrank aufbewahren oder sobald der Joghurt abgekühlt ist probieren! Schmeckt auch hervorragend mit Obst oder etwas Marmelade!

## Rezept 2: Frischkäse

### Du brauchst:

500 ml Milch, 15 ml (4 EL) Zitronensaft, wenn gewünscht Salz/Pfeffer/Kräuter, Topf, Sieb, Trockentuch, Schüssel, etwas Alufolie, 2 Brettchen, 2 DICKE Bücher

### So geht's:

1. Erhitze die Milch unter ständigem Rühren. Füge, kurz bevor die Milch kocht, den Zitronensaft zu. Lasse das Ganze noch ca. 10-15 Sekunden unter Rühren weiterköcheln und nimm anschließend den Topf von der Herdplatte
2. Stelle ein Sieb auf eine Schüssel und lege es mit einem Trockentuch aus. Gieße nun vorsichtig den Topfinhalt durch das Sieb mit dem Tuch. Lasse das Ganze gut abtropfen und abkühlen.
3. Nimm die Enden des Küchentuchs, dreh das Küchentuch zusammen und presse die Masse gründlich aus. Gib sie nun auf ein Stück Alufolie, falte dieses rechteckig, aber lass die kurzen Seiten offen, damit weitere Molke abfließen kann. Lege das Päckchen zwischen zwei Brettchen, beschwere das Ganze mit den Büchern und lass es bei Zimmertemperatur über Nacht ruhen. Anschließend kannst du den Frischkäse mit Gewürzen oder Kräutern verfeinern oder pur genießen. Er ist im Kühlschrank einige Tage haltbar.

## So funktioniert es

Joghurt entsteht, wenn Bakterien den in der Milch enthaltenen Zucker zu Milchsäure umwandeln. Die entstehende Säure sorgt dann dafür, dass das Eiweiß der Milch ausfällt und das Produkt fest wird. Diese Bakterien kann man als Pulver im Reformhaus kaufen – oder man nimmt etwas Joghurt, entweder aus dem Supermarkt oder in Zukunft deinen selbstgemachten.

Beim Abbau des Zuckers setzen die Bakterien zusätzlich verschiedene Aromen frei, die den Geschmack des Joghurts bestimmen. Um gut arbeiten zu können, brauchen die Bakterien eine Umgebungstemperatur von ca. 38° C – deshalb die Heizung bzw. Wärmflasche und die Decke.

Für den Frischkäse wird mithilfe der Zitronensäure der eiweißreiche Quark von der Molke getrennt und gepresst.

1. Suche dir eines der Rezepte aus. Bevor du mit der Herstellung beginnst, frag deine Eltern um Erlaubnis – vielleicht haben sie auch Lust, dir zu helfen! Viel Spaß!
2. Beschreibe auf ca. einer halben DIN-A-4-Seite, was du gemacht hast. Was war einfach, was schwierig? Gab es Probleme? Wie hat dir dein Produkt geschmeckt? usw...



*„Die Milch macht's!“  
Ja, was denn?“*

Handreichung für Lehrkräfte der  
Sekundarstufe II –  
Arbeitsblätter, Folien,  
Experimentiervorschriften





# Laufzettel

Station	Erläuterung	bearbeitet am
<b>1: Text und Schülerexperimente</b> Der Milch auf der Spur	Inhaltsstoffe der Milch	
<b>2: Information und Schülerexperimente</b> Vitaminbombe Milch	Veränderung des Vitamingehalts der Milch durch die verschiedenen Behandlungsverfahren	
<b>3: Information und Schülerexperimente</b> Kunststoff aus Milch?	Herstellung und Abbau biologisch abbaubarer Werkstoffe	
<b>4: Information und Schülerexperimente</b> schädlicher Milchzucker?	Isolierung, Nachweis und Abbau von Laktose	
<b>5: Text und Kreuzworträtsel</b> Milch und Milchprodukte	Informationen zur Geschichte der Milchverwendung	
<b>Rausaufgabe</b> Leckereien selbst gemacht	Wahlweise Butter, Joghurt oder Frischkäse selbst herstellen	



## Der Milch auf der Spur

„Milch ist ein Naturprodukt und für unsere Ernährung sehr wichtig. [...] So enthält die Milch Milcheiweiß (Protein). Dieses besitzt einen hohen Anteil an essentiellen Aminosäuren. Diese Aminosäuren sind für uns lebenswichtig, können aber nicht von unserem Organismus hergestellt werden. Wir sind also darauf angewiesen, diese Aminosäuren mit der Nahrung zu uns zu nehmen. [...] Der Eiweißgehalt der Milch liegt im Mittel bei 3,5%. Besonders eiweißreich ist Käse (10 – 30%).

Der Fettgehalt der Milch liegt im Mittel bei 3,8%. Dieser Gehalt kann bei der Produktion verschiedener Milchprodukte auf unterschiedliche Werte eingestellt werden. So enthält fettarme Milch nur 1,5% Fett, Kondensmilch hingegen zwischen 7,5 und 10%.

Im Hinblick auf die Versorgung mit Vitaminen liefert die Milch vor allem einen hohen Beitrag bei den Vitaminen B2 und B12 sowie beim Vitamin A (bei Vollmilch). In der Milch sind insgesamt sowohl fettlösliche (A, D, E und K) als auch wasserlösliche (C, B) Vitamine enthalten. Milch besteht nämlich zu knapp 90% aus Wasser. Lactose ist zu 4,8% in der Milch enthalten. Bei der Herstellung von Sauermilchprodukten und Käse wird die Lactose teilweise zu Milchsäure abgebaut. Wenn der Körper Lactose abbauen kann, wirkt diese sich günstig auf die Darmflora aus. [...]

Der wichtigste Mineralstoff, den die Milch liefert, ist Calcium. Daneben enthält die Milch noch Phosphat, Kalium, Natrium, Chlorid und Magnesium. (Die aufgezählten Metalle liegen in der Milch natürlich nicht elementar, sondern in ionischer Form vor.) Calcium ist für den Aufbau von Knochen und Zähnen sowie für Stoffwechselfunktionen von Bedeutung. [...]

Der Herstellungsprozess der Milch beinhaltet verschiedene Schritte. Milch wird homogenisiert[, um ein Aufräumen der Milch zu verhindern]. Das bedeutet, dass die in der Milch enthaltenen Fettkügelchen verkleinert und gleichmäßig verteilt werden. Um die Milch haltbar zu machen, stehen folgende Verfahren zur Verfügung: Pasteurisieren (das Erhitzen der Milch auf weniger als 100° C), Sterilisieren (das Erhitzen der Milch auf 110 – 120° C für ca. 30 Minuten) und das Ultrahoherhitzen (das Erhitzen der Milch auf 135 – 140° C für mind. 2 Sekunden).[...]

Milchprodukte gibt es viele. Im Laden kann man z.B. Buttermilch, Joghurt, Sauermilch, Schlagsahne, saure Sahne, Butter und Käse in vielen Variationen kaufen. Als sogenannte Dauermilcherzeugnisse sind z.B. Kondensmilch sowie Magermilch- und Vollmilchpulver erhältlich.“

1. Lesen Sie den Text gründlich und fassen Sie ihn in einer Mind-Map zusammen.
2. Entwickeln Sie in einer Dreier- oder Vierergruppe möglichst einfache Versuche, mit denen Sie die vier Hauptbestandteile der Milch nachweisen können.
3. Führen Sie die Versuche durch. Notieren Sie die Beobachtungen und eine Deutung.



Text geringfügig verändert nach: Hermanns, Jolanda (2012): Lactose-Intoleranz. Ein Einstieg in das Thema Zucker, in: PdN Chemie in der Schule 61 (1), S. 45.

...die Milch macht's!

Station 1

## Vitaminbombe Milch?

Erhitzungs- verfahren	Thiamin B 1	Pyridoxin B 6	Cobalamin B 12	Folsäure
Pasteurisierung	< 10 %	0 – 8 %	< 10 %	< 10 %
Ultrahocherhitzung	0 – 20 %	<10 %	5 – 10 %	5 – 10 %
Sterilisierung	20 – 50 %	20 – 50 %	20 – 100 %	30 – 50 %
Kochen (im priv. Haushalt)	10 – 20 %	10 %	20 %	15 %

Vitaminverluste der Milch bei verschiedenen Erhitzungsverfahren (Koerber/Männle et al., 1994)

Milch wird nicht zuletzt wegen ihrer angeblich gesundheitsfördernden Wirkung geschätzt. Viele Menschen glauben, dass die Vitamine beim Erhitzen der Milch zerstört werden. Dies stimmt nur bedingt: So bleibt laut Auskunft der Landesvereinigung der Milchwirtschaft NRW der Gehalt an den Vitaminen A, D, E, B2, Niacin, Pantothersäure und Biotin unverändert. Die wasserlöslichen Vitamine B1, B6, B12 und Folsäure dagegen sind sehr wohl hitzeempfindlich (vgl. Tabelle).

Zwei der in der Milch angeblich enthaltenen Vitamine lassen sich mit einem interessanten Versuch nachweisen:

### Experiment: Nachweis von B1 und B2



#### Geräte und Chemikalien:

Vollmilch und sterilisierte Milch, Kaliumhexacyanoferrat(III)-Lösung ( $w = 0,01$ ), Natronlauge ( $w = 0,2$ ; GHS05), Natriumdithionit-Lösung ( $w = 0,01$ ; GHS02, 07), 4 Bechergläser, 2 Reagenzgläser, 4 Pipetten, UV-Lampe

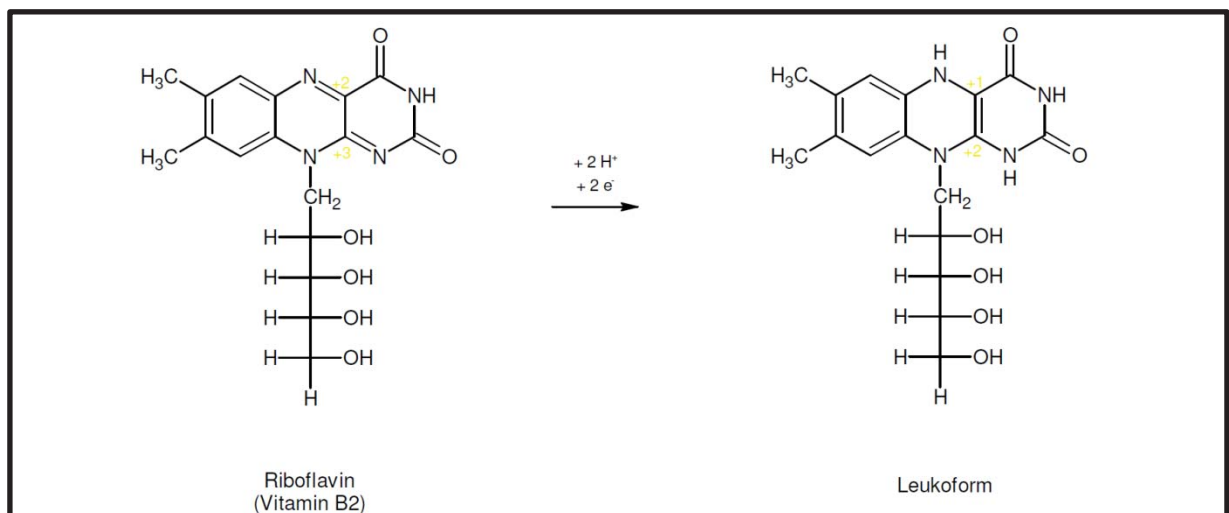
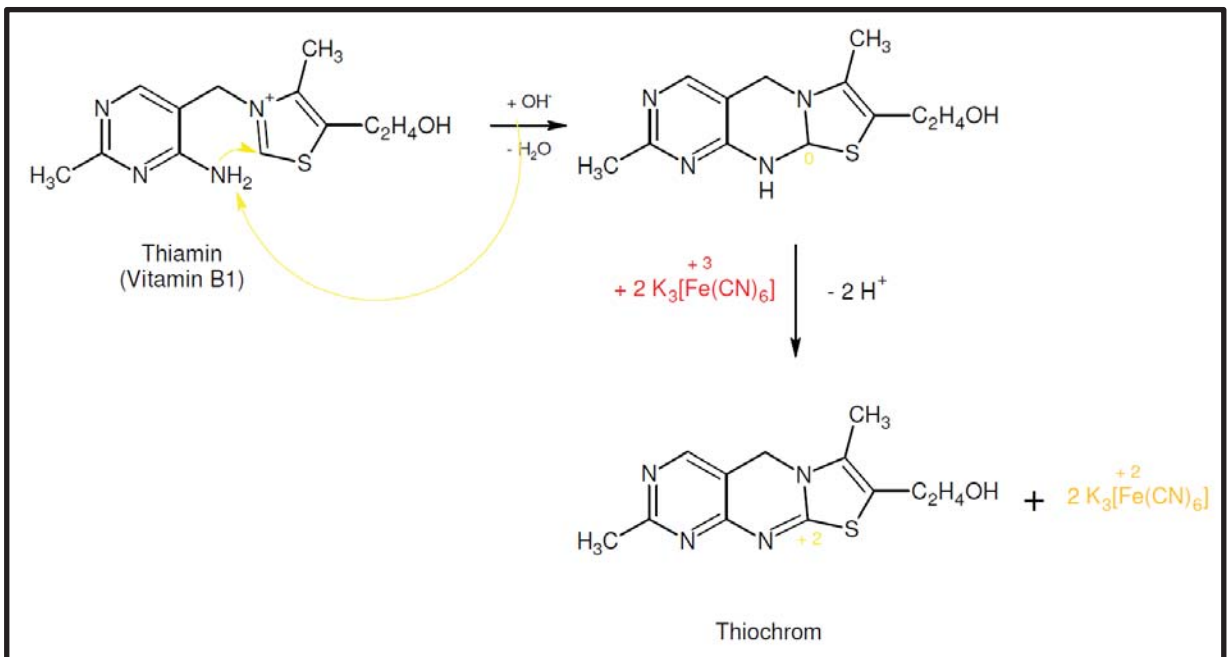
#### Durchführung:

1. Vitamin B1-Nachweis: Man gibt in ein Reagenzglas 3 ml Kaliumhexacyanoferrat(III)-Lösung, 4 ml Natronlauge und 4 ml der Milch. Anschließend wird die Lösung unter einer UV-Lampe beobachtet. Es kann bis zu fünf Minuten dauern, bis eine Veränderung eintritt.
2. Vitamin B2-Nachweis: Man gibt ca. 30 ml Milch in ein Reagenzglas und betrachtet diese unter der UV-Lampe. Nun gibt man einige Tropfen Natriumdithionit hinzu, schüttelt kräftig, wartet einige Minuten und wiederholt den Vorgang.

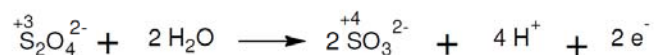
1. Führen Sie das Experiment vergleichend mit beiden Milchsorten in einer Dreier- oder Vierergruppe durch. Notieren Sie ihre Beobachtungen.
2. Formulieren Sie mithilfe der Reaktionsgleichungen auf der nächsten Seite eine Erklärung Ihrer Beobachtungen. Erläutern Sie dabei auch kurz grundlegende Hintergründe der Fluoreszenz.
3. Bewerten Sie mithilfe des Experimentes und der oben stehenden Tabelle, welche Milch Sie für sich im Alltag bevorzugen würden.



# Vitaminbombe Milch?



Die Oxidation findet am Dithionit-Ion statt. Die Schwefelatome geben dabei zwei Elektronen ab.



Gelangt nun genügend Luftsauerstoff an die Lösung, so wird die Leukoform des Riboflavins unter Abgabe von zwei Elektronen und zwei Protonen zurückoxidiert, wodurch wieder das fluoreszierende Riboflavin entsteht. Der Luftsauerstoff reagiert dabei mit den Wasserstoffatomen zu Wasser.

verändert nach [http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0321G11\\_V31\\_Vitamin\\_B1\\_und\\_B2.pdf](http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0321G11_V31_Vitamin_B1_und_B2.pdf).



# Kunststoff aus Milch?

Biologisch abbaubare Werkstoffe sind Stoffe, die durch Mikroorganismen in natürliche Stoffwechselprodukte überführt werden können. Der Werkstoff wird dabei unter Sauerstoffzufuhr in mehreren Schritten zu Kohlenstoffdioxid und Wasser abgebaut oder von den Mikroorganismen in körpereigene Substanzen umgewandelt. Bei Sauerstoffmangel entstehen über andere Abbaumechanismen zusätzlich große Mengen Methan.

Grundsätzlich können biologisch abbaubare Polymere sowohl auf Basis petrochemischer als auch nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden, da nicht die Herkunft eines Stoffes, sondern die chemische Struktur über die biologische Abbaubarkeit entscheidet. Ein Beispiel für einen solchen Wirkstoff auf Basis nachwachsender Rohstoffe ist Polymilchsäure (PLA).

## Experiment 1:

## Herstellung von Polymilchsäure



### Geräte und Chemikalien:

Reagenzglas und -klammer, Bunsenbrenner, Messzylinder, Petrischale, Pinzette, Glasstab, Becherglas, Milchsäure (GHS05), Zinn(II)chlorid (GHS07), Kobaltchloridpapier, Siedesteinchen

### Durchführung:

1. In ein Reagenzglas werden knapp 5ml Milchsäure und einige Zinnchlorid-Kristalle sowie zwei Siedesteinchen gegeben. Unter ständigem Schütteln wird das Reagenzglas ca. 10 Minuten erhitzt, bis eine orangebraune Färbung des Inhalts eintritt. Nach einigen Minuten kann dabei ein kaltes kleines Becherglas über die Reagenzglasöffnung gehalten werden; bildet sich Niederschlag, wird dieser mit Kobaltchloridpapier beprobt.
2. Der heiße und flüssige Inhalt des Reagenzglases wird in eine kalte Petrischale überführt, die Siedesteinchen werden mit der Pinzette entfernt. Während des Abkühlens können aus dem Material Fäden gezogen werden.

1. Recherchieren Sie die Namen einiger herkömmlicher Kunststoffe sowie einiger biologisch abbaubarer Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen und aus petrochemischen Rohstoffen.
2. Führen Sie das Experiment in einer Dreier- oder Vierergruppe durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen.
3. Formulieren Sie eine Erklärung für das Experiment. Notieren Sie dabei die Strukturformel der Milchsäure (2-Hydroxypropansäure), das mit dem Kobaltchloridpapier nachgewiesene Nebenprodukt sowie eine Reaktionsgleichung und benennen Sie die Reaktionsart.



## Kunststoff aus Milch?

Der Abbau biologisch abbaubarer Werkstoffe erfolgt durch die Verstoffwechslung durch Mikroorganismen. Chemisch gesehen wird dabei zunächst die Polymerisierung aus Experiment 1 durch eine Hydrolyse rückgängig gemacht. Die entstehenden Monomere bzw. Bruchstücke des Polymeres können anschließend von den Mikroorganismen verdaut werden.

### Experiment 2: Abbau von Polymilchsäure in normaler Erde und Kompostierung von Polymilchsäure

#### Geräte und Chemikalien:

Petrischalen mit Produkt aus Exp. 1, Erde, Komposterde, Wasser

#### Durchführung:

1. In einige der Petrischalen aus Exp. 1 wird Erde gegeben, leicht angefeuchtet und die Schale verschlossen. Der Inhalt der Petrischalen wird alle zwei bis drei Tage angefeuchtet und die Beobachtungen über einen längeren Zeitraum notiert.
2. Zur Simulation einer Kompostierung wird in einige weitere Petrischalen aus Exp. 1 Komposterde gegeben, diese leicht angefeuchtet und die Schalen bei 60°C in den Wärmeschrank gelegt. Der Inhalt der Petrischale wird jeden Tag leicht befeuchtet und der Ansatz über ca. 10 Tage beobachtet. Vorsicht: Deckel beim Befeuchten nicht zu weit öffnen und am besten im Abzug arbeiten, da bei 60°C evtl. gesundheitsschädliche Schimmelpilze wachsen können. Petrischale daher auch nach Beendigung des Experiments nicht mehr öffnen!






### Experiment 3: Kompostierung von Polyesteramid

#### Geräte und Chemikalien:

Petrischale, Komposterde, Wasser, Kompostmüllbeutel aus Polyesteramidfolie (z.B. von Bayer)

#### Durchführung:

Verfahren Sie mit einem Stück des Müllbeutels so wie in Experiment 2.2 beschrieben.

1. Führen Sie die beiden Experimente in Ihrer Gruppe aus Station 3a durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen. **Sprechen Sie sich mit anderen Gruppen bzgl. der Aufteilung der beiden Teilversuche für Exp. 2 ab!!!** 
2. Formulieren Sie eine Erklärung für das Experiment 2. Erläutern Sie dabei die Ursachen für die zwischen Teil 1 und Teil 2 beobachtbaren Unterschiede. 
3. Recherchieren Sie Herstellung und Verwendung von Polyesteramid und formulieren Sie eine Erklärung für die Beobachtungen bei Experiment 3. 
4. Informieren Sie sich im Internet oder in der Bibliothek über biologisch abbaubare Kunststoffe mit besonderem Augenmerk auf Polymilchsäure. Eine **erste** interessante Quelle ist das Umweltbundesamt; auf den Seiten Des BMEL finden Sie zudem einen kurzen Film „Neue Produkte: Aus Natur gemacht – Aus Pflanzen wird Plastik“. 
5. Fassen Sie die gesammelten Informationen unter folgenden Gesichtspunkten zusammen: Einteilung, Herstellung, Verwendung, Abbaubarkeit, Sonstiges. Gestalten Sie dazu entweder einen Flyer für interessierte Laien, ein Informationsplakat, das für eine Verbraucherzentrale geeignet wäre oder ein anderes geeignetes Präsentationsformat, das Sie individuell mit Ihrer Lehrkraft abstimmen. 



## Schädlicher Milchzucker?

### Laktose-Intoleranz

Milch und damit auch viele Milchprodukte enthalten Laktose (Milchzucker). Dieser kann vom Körper nicht unmittelbar verwertet werden, sondern muss zunächst von dem Enzym Laktase in Glukose und Galaktose gespalten werden, die als Einfachzucker für den menschlichen Körper gut nutzbar sind. Bei Säuglingen, deren Hauptnahrungsmittel Milch ist, funktioniert die Laktaseproduktion und der Abbau der Laktose im Regelfall problemlos. Bei Erwachsenen ist das anders: In Afrika und Asien verträgt ein Großteil der Bevölkerung keine Laktose, in Europa sind es immerhin 10 – 15%. Verzehren diese Menschen laktosehaltige Produkte, kommt es zu unangenehmen Verdauungsbeschwerden. Sie können entweder auf Milch und laktosehaltige Milchprodukte verzichten, industriell vorbehandelte laktosefreie Produkte kaufen oder vor dem Verzehr von laktosehaltigen Speisen technisch hergestellte Laktase in Form von Tabletten oder Kapseln zu sich nehmen. Zwei Dinge gilt es dabei zu beachten:

1. Verzehrt man dauerhaft laktosefreie Produkte, obwohl man Laktose verträgt, fährt der Körper die Produktion von Laktase zurück. Der Betroffene muss dann dauerhaft auf die teureren laktosefreien Produkte zurückgreifen.
2. Viele Produkte wie z.B. Hartkäse enthalten von Natur aus kaum Laktose, da diese bei der Herstellung des Produktes nahezu vollständig abgebaut wird. Trotzdem gibt es immer wieder Produkte, die speziell mit dieser Eigenschaft werben und dann oft auch teurer sind. Hier lohnt sich ein Blick auf die Nährwertangaben verschiedener Produkte, um zu sehen, wo der Kauf speziell laktosefreier Produkte sinnvoll ist.

### Experiment 1: Isolierung von Laktose aus Milch

**Geräte und Chemikalien:** Heizplatte, Wasserbad, Thermometer, 100ml-Becherglas, Glasstab, Pipette, Trichter, Filterpapier, 2 50ml-Bechergläser, 25ml-Messzylinder, Spatel, Essig, Milch, Calciumcarbonat, Ethanol

#### Durchführung:

1. 50 ml Milch werden in dem 100ml-Becherglas im Wasserbad auf 40°C erhitzt. 5ml Essig wird tropfenweise zugegeben, die Lösung wird jeweils nach einigen Tropfen umgerührt. Der ausgefallene Feststoff wird anschließend mithilfe des Trichters abfiltriert.
2. Die übrige Lösung wird auf einer Heizplatte für einige Minuten auf 75°C erhitzt. 20ml Ethanol werden zugegeben, das Gemisch ca. 4 Minuten auf 60°C erhitzt und anschließend heiß filtriert. Das Filtrat lässt man langsam und vorsichtig abkühlen. Ist die Lösung erkaltet, wird der entstandene kristalline Feststoff abfiltriert und vorsichtig mit etwas n-Heptan gewaschen. Anschließend wird der Feststoff mit dem Filterpapier in eine Petrischale gegeben.

#### Beobachtung:



# Schädlicher Milchzucker?

## Experiment 2: Nachweis von Laktose mit dem Benedict-Reagenz



### Benedict-Reagenz

Das Benedict-Reagenz, benannt nach seinem Entdecker Stanley Benedict, dient wie die Fehling-Lösung zum Nachweis reduzierender Zucker. Da es nicht so stark ätzend ist wie die Fehling-Lösung, ist es gut für Schülerexperimente geeignet.

**Geräte und Chemikalien:** Petrischale mit Feststoff aus Experiment 1, Glukose, Spatel, Benedict-Reagenz (GHS07, 09), Metalllöffel, Teelicht, Pipette

### Durchführung:

1. Es werden 5 – 10 Tropfen Benedict-Reagenz und eine Spatelspitze Glukose auf einen Teelöffel gegeben. Anschließend erhitzt man das Gemisch kurz über einer Kerzenflamme.
2. Das Experiment wird mit dem Feststoff aus Experiment 1 wiederholt. Hinweis: Gegebenenfalls muss deutlich länger erhitzt werden als bei Teil 1!

### Beobachtung:

## Experiment 3: Spalten von Laktose in Milch mithilfe von Laktase – Tabletten

**Geräte und Chemikalien:** Heizplatte, 2 50ml-Bechergläser, Laktase-Kapsel, Wasserbad, Petrischale mit Feststoff aus Experiment 1

### Durchführung:

1. Eine Laktase-Kapsel wird geöffnet und der Inhalt in 25ml Wasser gelöst (Hinweis: Die Lösung kann von mehreren Gruppen verwendet werden! Stimmen Sie sich entsprechend ab!).
2. Zwei bis drei Spatelspitzen des Feststoffes aus Experiment 1 werden in etwas Wasser gelöst und die Lösung im Wasserbad auf 37°C temperiert. Der Glucosegehalt der Lösung wird mit einem Teststreifen bestimmt.
3. 2 ml der Laktase-Lösung werden hinzugefügt und die Lösung weiter bei 37°C gerührt. Nach 5 Minuten wird der Glucosegehalt erneut bestimmt.

### Beobachtung:

1. Führen Sie die drei Experimente dieser Station in einer Dreier- oder Vierergruppe durch.
2. Notieren Sie Ihre Beobachtungen und erklären Sie diese.

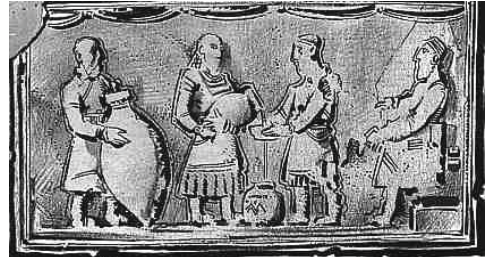




# Milch und Milchprodukte

Ursprünglich diente Milch ausschließlich dazu, neugeborene Säugetiere zu ernähren. Sie enthält daher viele Stoffe, die für den Stoffwechsel notwendig sind: Milcheiweiß (Prolin), Vitamine (vor allem B1, B2, B12 und A) und Mineralstoffe (Calcium, Phosphat, Kalium, Natrium und Magnesium).

Erst mit der Zeit wurde die Milch und aus ihr hergestellte Produkte auch für ältere Kinder, Jugendliche und Erwachsene zum Nahrungsmittel. So kamen beispielsweise vor 5000 Jahren die Sumerer auf den Geschmack der Milch. Sie hielten Milchkühe und beschäftigten sich mit der Milchgewinnung und Milchverarbeitung.



Tontafeln aus der Zeit der Sumerer bestätigen, dass sie Milch verarbeiteten.

Eines der ältesten Lebensmittel der Welt ist der Joghurt. Er wurde von Nomadenvölkern entdeckt.

Während der langen Wüstenmärsche transportierten sie die Milch in Ziegenhautsäcken, die auf Kamelrücken befestigt wurden. Durch die Schaukelbewegungen der Tiere, die Hitze und die in der Milch enthaltenen, säurebildenden Mikroorganismen entstand ein sauermilchartiges Produkt, das wir heute als Joghurt kennen.

Später wussten auch die Ägypter, Griechen, Römer und Germanen die Milch zu schätzen. Frische Milch wurde z.B. in Tongefäße gefüllt und so lange dort aufbewahrt, bis die Milch durch Eigensäuerung „dick“ wurde. Anschließend wurde die Milch durch engmaschige, geflochtene Körbe gegossen. So konnte die Molke abfließen und ein Quark blieb zurück, der mit Honig oder Kräutern verfeinert bei den Germanen als Delikatesse galt.

Auch die asiatischen Reitervölker zeigten sehr viel Fantasie bei der Milchverarbeitung. So ist der uns bekannte Kefir keine Erfindung unserer Zeit, denn das Sauermilcherzeugnis diente schon den mutigen Reitern als Erfrischungsgetränk. Des Weiteren war ihnen die Herstellung von Trockenmilch durchaus bekannt. Dafür wurde der Rahm der Milch abgeschöpft und in flachen Gefäßen an der Sonne getrocknet. Auf ihren Kriegs- und Beutezügen ernährten sie sich von der mit Wasser angerührten Trockenmilch und waren somit nicht auf frische Nahrungsmittel angewiesen. Es wurde aber nicht nur Kuhmilch zu verschiedenen Milchprodukten verarbeitet, sondern auch Ziegen, Schafe, Esel, Pferde und Kamele wurden gemolken.

Eine weitere große Entdeckung in der Geschichte der Milch war das „Pasteurisieren“, benannt nach seinem Entdecker Louis Pasteur. Dieser fand 1875 heraus, dass Milch durch Erhitzen haltbar gemacht werden kann. Es wurden Pasteurisierungsapparate und Zentrifugen für die Entrahmung der Milch entwickelt. Die Fortschritte in der Technologie und der Nahrungsmittelforschung waren vielfältig. Heute ist die Wärmebehandlung (z. B. Pasteurisieren, Ultrahoherhitzen) gesetzlich vorgeschrieben, um evtl. vorhandene Krankheitserreger abzutöten. Die Pasteurisierung ist eine schonende Erwärmung der Milch, bei der die Inhaltstoffe weitgehend erhalten bleiben.

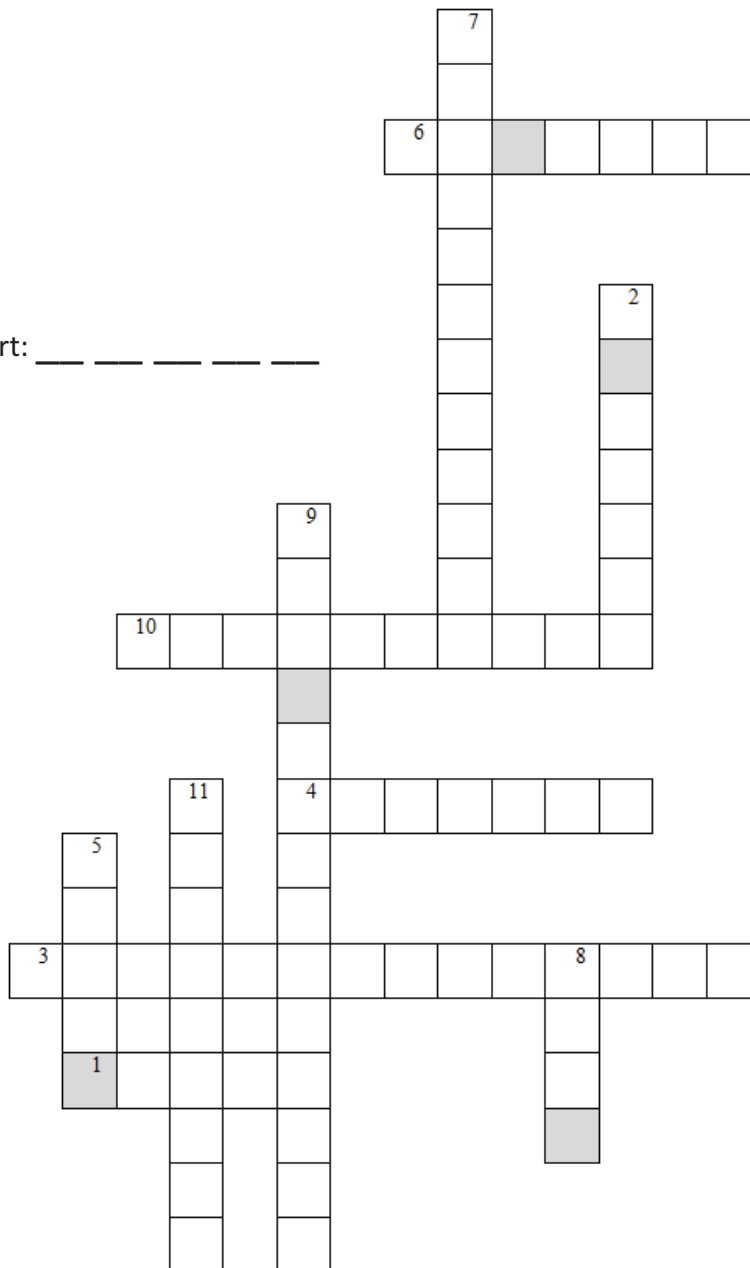
Lösen Sie mithilfe des Textes das Kreuzworträtsel auf der nächsten Seite dieser Station.

Verändert nach: Landesvereinigung der Milchwirtschaft Nordrhein-Westfalen e.V.: Projekt Milch Sek I, Düsseldorf 2003, S. 21f.



# Milch und Milchprodukte

Lösungswort: \_\_\_\_\_



1. Milchprodukt der asiatischen Reitervölker
2. Eines der ältesten Lebensmittel
3. Schonendes Milcherhitzungsverfahren
4. Welches Volk begann mit der Milchgewinnung?
5. Delikatesse der Germanen
6. Welches Volk entdeckte den Joghurt?
7. Alternative zu frischen Nahrungsmitteln bei den Reitervölkern
8. Milchproduzierendes Tier
9. Wodurch wird die Milch dick?
10. Die Nomaden transportierten die Milch in Behältern aus ...
11. Wodurch weiß man, dass schon die Sumerer sich mit der Milchgewinnung auskannten?



# Rausaufgabe: Leckereien selbst gemacht

## Rezept 1: Joghurt selbst gemacht

**Sie brauchen:** 500 ml Milch, 1 EL Naturjoghurt, Topf, 2 saubere Gläser mit Schraubdeckel

### So geht's:

1. Geben Sie die Milch in einen Topf und erhitzen Sie diese auf dem Herd, bis sie fast kocht.
2. Lassen Sie die Milch auf ca. 40° C im geschlossenen Topf abkühlen. Füllen Sie sie dann in 2 Schraubdeckelgläser und geben Sie jeweils einen EL Naturjoghurt dazu. Verrühren Sie die Mischung gut!
3. Anschließend das Glas verschließen, in eine dicke Decke wickeln und an die Heizung stellen (im Sommer kann stattdessen eine Wärmflasche mit eingewickelt werden).
4. Lassen Sie die Gläser über Nacht ruhen. Anschließend im Kühlschrank aufbewahren oder sobald der Joghurt abgekühlt ist probieren! Schmeckt auch hervorragend mit Obst oder etwas Marmelade!

## Rezept 2: Frischkäse selbst gemacht

### Sie brauchen:

500 ml Milch, 15 ml (4 EL) Zitronensaft, wenn gewünscht Salz/Pfeffer/Kräuter, Topf, Sieb, Trockentuch, Schüssel, etwas Alufolie, 2 Brettchen, 2 DICKE Bücher

### So geht's:

1. Milch unter ständigem Rühren erhitzen. Kurz bevor die Milch kocht den Zitronensaft zufügen. Das Ganze noch ca. 10-15 Sekunden unter Rühren weiterköcheln und anschließend den Topf von der Herdplatte nehmen.
2. Stellen Sie ein Sieb auf eine Schüssel und legen Sie es mit einem Trockentuch aus. Gießen Sie nun vorsichtig den Topfinhalt durch das Sieb mit dem Tuch. Lassen Sie das Ganze gut abtropfen und abkühlen.
3. Nehmen Sie die Enden des Küchentuchs, drehen Sie es zusammen und pressen Sie die Masse gründlich aus. Geben Sie sie nun auf ein Stück Alufolie, falten Sie dieses rechteckig – dabei die kurzen Seiten offen lassen, damit weitere Molke abfließen kann. Legen Sie das Päckchen zwischen zwei Brettchen, beschweren Sie das Ganze mit den Büchern und lassen Sie es bei Zimmertemperatur über Nacht ruhen. Anschließend den Frischkäse mit Gewürzen oder Kräutern verfeinern oder pur genießen. Er ist im Kühlschrank einige Tage haltbar.

## So funktioniert es

Joghurt entsteht, wenn Bakterien den in der Milch enthaltenen Zucker zu Milchsäure umwandeln. Die entstehende Säure sorgt dann dafür, dass das Eiweiß der Milch ausfällt und das Produkt fest wird. Diese Bakterien kann man als Pulver im Reformhaus kaufen – oder man nimmt etwas Joghurt, entweder aus dem Supermarkt oder in Zukunft den selbstgemachten.

Beim Abbau des Zuckers setzen die Bakterien zusätzlich verschiedene Aromen frei, die den Geschmack des Joghurts bestimmen. Um gut arbeiten zu können, brauchen die Bakterien eine Umgebungstemperatur von ca. 38° C – deshalb die Heizung bzw. Wärmflasche und die Decke.

Für den Frischkäse wird mithilfe der Zitronensäure der eiweißreiche Quark von der Molke getrennt und gepresst.

1. Suchen Sie sich eines der Rezepte aus und stellen Sie das ausgewählte Produkt nach Anleitung her. Viel Spaß!
2. Dokumentieren Sie Ihre Arbeit auf ca. einer halben DIN-A-4-Seite. Was war einfach, was schwierig? Gab es Probleme? Wie hat das Produkt geschmeckt? usw...

