



UNIVERSITÄT
DES
SAARLANDES

Nachhaltigkeit + Chemie

im Schülerlabor



Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich- technischen Umweltbildung

Dissertation
zur Erlangung des Grades des Doktors der Naturwissenschaftslehre
der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät III
Chemie, Pharmazie, Bio- und Werkstoffwissenschaften
der
Universität des Saarlandes

von
Johannes Huwer
Saarbrücken
(2015)

Tag des Kolloquiums:27.03.2015.....

Dekan: ..Prof. Dr. Dirk Bähre.....

Prüfungsvorsitzender: ..Prof. Dr. Johann Jauch.....

Berichterstatter ..Prof. Dr. Rolf Hempelmann.....

Prof. Dr. Roland Brünken ..

Prof. Dr. Kaspar Hegetschweiler ..

Akademischer Beisitzer: ..Dr. Bernd Morgenstern.....

Danksagung

Diese Arbeit widme ich meinen Eltern.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Rolf Hempelmann, dem Leiter des Instituts für Physikalische Chemie, für die Betreuung meiner Arbeit, für seine Unterstützung, für die Chance, fachdidaktische Forschungen durchführen zu können und für jegliche weitere Hilfe und Förderung im Laufe der letzten Jahre.

Herrn Prof. Dr. Roland Brünken möchte ich ebenso für die Betreuung meiner Arbeit, für die geduldige Hilfe bei der statistischen Auswertung der Studien und für die Hilfe in pädagogisch-psychologischer Fragen danken.

Weiterhin gilt mein Dank Prof. Dr. Kaspar Hegetschweiler für die Anfertigung des dritten Gutachtens.

Danken möchte ich auch dem Team des NanoBioLabs, darunter Dr. Walter Zehren, Dr. Angela Munnia, Dr. Sabine Fey, Matthias Seel, Patric Koch, Aline Freyes, Frederik Philippi und Alexander Yongsap für die Unterstützung bei der Durchführung der Schülerpraktika im NanoBioLab sowie für die vielen anregenden, fachdidaktischen Gespräche und für die schöne Zeit als Teammitglied des NanoBioLabs. Hervorheben möchte ich Patric Koch, welcher mir bei der praktischen Durchführung der Experimentalpraktika in den Schulen mit sehr viel Engagement eine wichtige Stütze war. Prof. Dr. Ingo Eilks, Dr. Antje Siol und Nicole Garner möchte ich herzlich für die vielen hilfreichen und interessanten Gespräche und für die gute Zusammenarbeit während meiner Promotion danken.

Mein Dank gilt auch den vielen Lehrkräften und Schulleitern des Albertus-Magnus-Gymnasiums, des Christian von Mannlich Gymnasiums, des Gymnasiums am Steinwald und des Leibniz-Gymnasiums, die mir durch ihre engagierte Teilnahme an der Evaluation meine Studien erst möglich gemacht haben.

Ferner möchte ich dem Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes für die Genehmigung der Evaluation an den Schulen danken.

Nicht zuletzt möchte ich auch meiner Familie danken: meinen Eltern, Großeltern, Großtanten, meiner Schwester und meinen Schwiegereltern sowie meinem Schwager für die jahrelange Unterstützung und Förderung und ganz besonders meiner lieben Frau Julia für ihre Unterstützung und Geduld.

Abstract

Im Rahmen dieser Arbeit wurden drei Themenmodule im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung entwickelt und hinsichtlich aktueller Motivation und Wissenserwerb evaluiert.

Ein solches Themenmodul, welches in der Schule oder im Schülerlabor NanoBioLab stattfand, umfasste dabei eine schulische Vorbereitung, ein Experimentalpraktikum und eine Nachbereitung.

Für die Umsetzung der beiden Themenmodule „Fette und Öle“ sowie „Wasserreinigung“ im Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufe 5 wurde ein Schülerlabor-on-Tour Modell entwickelt. Die Experimentalpraktika wurden in den jeweiligen Schulen durchgeführt.

Die Experimentalpraktika des Themenmoduls „Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe“ fanden im Schülerlabor NanoBioLab der Universität des Saarlandes statt.

In der Studie konnte für das Schülerlabor-on-Tour Modell in der Klassenstufe 5 eine Steigerung der aktuellen Motivation sowie ein signifikanter Wissenszuwachs nachgewiesen werden. In der Klassenstufe 10 konnte zwar keine Steigerung der aktuellen Motivation beobachtet werden, jedoch war auch hier ein signifikanter Wissenszuwachs nachweisbar.

Insgesamt konnte mit beiden Studien bewiesen werden, dass Schülerlabore nicht nur zur Interessens- und Motivationssteigerung, sondern auch zum Wissenstransfer geeignet sind.

Abstract

Within the frame of this thesis, three topic (theme) modules have been developed in the context of scientific and technical „Umweltbildung“ and evaluated in terms of current motivation and knowledge acquisition.

Such a topic module which took place at the school or in Schülerlabor NanoBioLab included doing preparation at school, an experimental training (practical training) and a wrap up.

For the implementation of the two topic modules "Fats and Oils" and "Water Purification" in science teaching of 5th grade a Schülerlabor-on-tour model was developed. The realization of the experimental trainings took place in the schools.

The experimental training of the topic module "Sugar, Sugar Substitutes and Sweeteners" took place in the Schülerlabor NanoBioLab at Saarland University.

In the study, an increase in the current motivation as well as a significant increase in knowledge could be demonstrated for the Schülerlabor-on-tour modul in 5th grade.

In 10th grade, although no increase in *current motivation* could be observed, however a significant increase in knowledge could be proven.

Overall it was proved with two studies that Schülerlabors are not only suitable for interest and motivation enhancement but also for knowledge transfer.

1. Inhaltsverzeichnis

1. Inhaltsverzeichnis	6
2. Einleitung	9
3. Grundlagen.....	11
3.1. Das Schülerexperiment.....	12
3.2. Schülerlabore und Forschendes Experimentieren	16
3.3. Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung am Beispiel von Nachhaltigkeit und Chemie (im Schülerlabor).....	25
3.4. Motivationspsychologie	30
3.4.1. Motivation, Motive und aktuelle Motivation	30
3.4.2. Erfolgreiches Lernen und aktuelle Motivation	32
3.4.3. Herausforderung, Lern- und Leistungsmotivation	34
3.4.4. Erfolgs- und Misserfolgserwartung	37
3.4.5. Interesse.....	39
3.4.6. Förderung der aktuellen Motivation	41
4. Das Schülerlabor-on-Tour Modell.....	43
5. Das Experimentiermodul „Wasserreinigung“ für die Klassenstufe 5	47
5.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas.....	47
5.1.1. Aspekte der Nachhaltigkeit	47
5.1.2. Behandlung von Abwässern	48
5.1.3. Trinkwassergewinnung.....	52
5.2. Das Experimentalpraktikum	55
5.2.1. Didaktische Reduktion.....	55
5.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 5	56
5.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum.....	56
5.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele	57
5.2.4.1. Kompetenzbereiche.....	57
5.2.4.2. Lernziele	59
5.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum.....	60
5.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift	62
5.2.7. Die Versuchsvorschrift	64
5.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung.....	66
6. Das Experimentiermodul „Fette und Öle“ für die Klassenstufe 5	70
6.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas.....	70
6.1.1. Definition, Aufbau und Eigenschaften von Fetten	70
6.1.2. Vorkommen, Gewinnung und Verwendung.....	74
6.1.3. Aspekte der Nachhaltigkeit	77
6.2. Das Experimentalpraktikum	81
6.2.1. Didaktische Reduktion.....	81
6.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 5	82
6.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum.....	83
6.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele	84
6.2.4.1. Kompetenzbereiche.....	84
6.2.4.2. Lernziele	86
6.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum.....	87

6.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift	88
6.2.7. Die Versuchsvorschrift	89
6.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung.....	91
7. Das Experimentiermodul „Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe“ für die Klassenstufe 10.....	97
7.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas.....	97
7.1.1. Zucker am Beispiel von Glucose	98
7.1.2. Zuckeraustauschstoffe am Beispiel von Sorbitol und Xylitol.....	100
7.1.3. Süßstoffe am Beispiel von Aspartam und Cyclamat.....	102
7.1.4. Aspekte der Nachhaltigkeit	104
7.2. Das Experimentalpraktikum	106
7.2.1. Didaktische Reduktion.....	106
7.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 10.....	106
7.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum.....	107
7.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele	108
7.2.4.1. Kompetenzbereiche.....	108
7.2.4.2. Lernziele	110
7.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum.....	111
7.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift	112
7.2.7. Die Versuchsvorschrift	113
7.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung.....	117
8. Studie zum Einfluss der Schülerpraktika auf die aktuelle Motivation und Kognition in Klassenstufe 5.....	123
8.1. Fragestellungen und Hypothesen.....	123
8.1.1. Fragestellung 1: Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf die aktuelle Motivation.....	123
8.1.2. Fragestellung 2: Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung).....	124
8.1.3. Fragestellung 3: Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf den Wissenserwerb (Kognition).....	125
8.1.4. Fragestellung 4: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb.....	125
8.1.5. Fragestellung 5: Ursachenprüfung	125
8.2. Methode	126
8.2.1. Stichprobe	126
8.2.2. Design und Ablauf der Studie.....	127
8.2.3. Datenerhebung und Testinstrumente.....	130
8.2.3.1. Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM).....	130
8.2.3.2. Wissenstests	134
8.3. Ergebnisse	135
8.3.1. Statistische Auswertung – Einführung und Erklärung.....	135
8.3.1.1. Untersuchungen zur Fragestellung 1.....	137
8.3.1.2. Untersuchungen zur Fragestellung 2.....	139
8.3.1.3. Untersuchungen zur Fragestellung 3.....	146
8.3.1.4. Untersuchungen zur Fragestellung 4.....	155
8.3.1.5. Untersuchungen zur Fragestellung 5.....	160

8.3.2. Diskussion.....	163
9. Studie zum Einfluss der Schülerpraktika auf die aktuelle Motivation und Kognition in Klassenstufe 10.....	170
9.1. Fragestellungen und Hypothesen.....	170
9.1.1. Fragestellung 1: Auswirkungen des Themenmoduls <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i> auf die aktuelle Motivation.....	170
9.1.2. Fragestellung 2: Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung).....	170
9.1.3. Fragestellung 3: Auswirkungen des Themenmoduls <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i> auf den Wissenserwerb (Kognition).....	171
9.1.4. Fragestellung 4: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb.....	171
9.2. Methode	172
9.2.1. Stichprobe	172
9.2.2. Design und Ablauf der Studie	172
9.2.3. Datenerhebung und Testinstrumente.....	175
9.2.3.1. Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM).....	175
9.2.3.2. Wissenstests	175
9.3. Ergebnisse	176
9.3.1. Statistische Auswertung.....	176
9.3.1.1. Untersuchungen zur Fragestellung 1.....	176
9.3.1.2. Untersuchungen zur Fragestellung 2.....	178
9.3.1.3. Untersuchungen zur Fragestellung 3.....	184
9.3.1.4. Untersuchungen zur Fragestellung 4.....	186
9.3.2. Diskussion.....	188
10. Zusammenfassung und Ausblick	192
11. Literaturverzeichnis	195
12. Abbildungsverzeichnis	204
13. Tabellenverzeichnis	207
14. Anhangsverzeichnis	209
15. Anhang	210
16. Publikationen	282

2. Einleitung

Der Begriff der *Nachhaltigkeit* avancierte in den letzten Jahrzehnten zu einem Inbegriff einer modernen Gesellschaft. Man hofft, durch mehr *Nachhaltigkeit* Problemen, wie der Verknappung fossiler Ressourcen, der Umweltverschmutzung oder dem Klimawandel, begegnen zu können. Unter *Nachhaltigkeit* versteht man in Deutschland nach dem Drei-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit den Einklang der gleichberechtigten Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales (Renn, Deuschle, Jäger & Weimer-Jehle, 2007).

Die Aufgabe einer modernen Chemie besteht darin, Forschungen auf dem Gebiet der *Nachhaltigen Chemie* zu intensivieren und damit alle Bereiche der Nachhaltigkeit abzudecken. Damit möglichst früh eine Bildung im Sinne einer *naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung* ansetzen kann, wurden Überlegungen angestellt, dass Bildungsangebote sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Lehrkräfte entwickelt und angeboten werden müssen. In den vergangenen beiden Jahrzehnten wurden bereits einige solche Angebote für den schulischen Unterricht entwickelt. Diese gehen allerdings selten über den Lernort Schule hinaus (Eilks & Klinkenbiel, 1998; Jaeckel & Parchmann, 2010; Haucke & Parchmann, 2011; Richter, 2013).

Der außerschulische Lernort *Schülerlabor* und die damit verbundenen *offenen Schülerexperimente* bieten die Möglichkeit, eine naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung für alle Klassenstufen anzubieten. Die beiden Schülerlabore NanoBioLab (Universität des Saarlandes) und FreiEX (Universität Bremen) kooperieren in dem DBU-geförderten Projekt *Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor*, welches die Lücke zwischen Angeboten für den schulischen Unterricht und Angeboten aus der Industrie schließt.

Ziel dieser Arbeit war es, drei sogenannte *Themen-Module* zu entwickeln und zu evaluieren. Verschiedene Themenbereiche wurden in sogenannten Modulen zusammengefasst.

Ein Modul umfasst mindestens eine vorbereitende Unterrichtsstunde, einen Experimentaltteil im Schülerlabor oder auch in der Schule und eine nachbereitende Unterrichtsstunde. Dabei wurden nicht nur Module für das Unterrichtsfach Chemie sondern auch für das fächerübergreifende Fach Naturwissenschaften entwickelt. Dies wird als besondere Bildungsaufgabe betrachtet, da nur wenige praxisorientierte, an der Thematik der Nachhaltigkeit ange-

lehnte Angebote für Anfangsunterricht Naturwissenschaften (im Teilbereich Chemie) entwickelt wurden.

Das Modul *Öle und Fette* beschäftigt sich mit unterschiedlichen Möglichkeiten, Fette zu gewinnen und zu verwenden. Das Modul *Gewässerreinigung* thematisiert Ressourceneffizienz und einen nachhaltigen Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser. Die Schülerinnen und Schüler lernen hier elementare Begrifflichkeiten eines chemischen Labors kennen und experimentieren zum ersten Mal selbst. Das Modul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* stellt einen Überblick über die organische Chemie dar. Im Kontext von Süß- und Zuckeraustauschstoffen werden sowohl gesunde Ernährung als auch Biokunststoffe thematisiert. Im Experimentalpraktikum stehen funktionelle Gruppen und deren Nachweise bzw. typische Reaktionen im Mittelpunkt.

Für die Klassenstufe 5 wurde ein neues Modell namens *Schülerlabor-on-Tour Modell* entwickelt, damit ein Einsatz in der Schule selbst möglich war. Dabei wurde die „Hardware“ für die beiden Module in Form eines Kistensystems an die Schulen transportiert.

Der Experimentaltteil des Moduls für die Klassenstufe 10 wurde im Schülerlabor *NanoBioLab* durchgeführt. Im Zuge meiner Arbeit entstand aus dem Modul *Öle und Fette* die wissenschaftliche Arbeit von Patric Koch zum Thema „*Ölchemie im Fach Naturwissenschaften der Klassenstufe 5*“. Frederik Philippi entwickelte in Zusammenarbeit mit mir gemeinsam das Modul *Wasserreinigung* während seines Freiwilligen Sozialen Jahres.

Forschungen der letzten Jahren ergaben, dass außerschulische MINT-Lernorte, wie Schülerlabore, positiv auf *Motivation und Interesse* an Naturwissenschaften wirken (Zehren, 2009; Pawek, 2012; Haupt, Domjahn, Martin, Skiebe-Corrette, Vorst, Zehren et al., 2013; Zehren, Neber & Hempelmann, 2013). Untersuchungen auf dem Gebiet der Wissensvermittlung bzw. auf dem eines Schülerlabor-on-Tour Modell gibt es bisher nicht.

Daher soll in dieser Arbeit den Fragen nachgegangen werden, ob die Themenmodule erfolgreich bearbeitet wurden, ob das erworbene Wissen über den Zeitraum von ca. sechs Wochen langzeitstabil ist und ob nach der Bearbeitung der Themenmodule die aktuelle Motivation gestiegen ist. Ferner sollen dabei Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen betrachtet werden.

3. Grundlagen

Der Traum eines jeden Lehrenden ist zweifelsohne der sogenannte NÜRNBERGER TRICHTER (siehe Abbildung 3.1). Dieser besagt, dass alles, was von einer Lehrkraft als Input angeboten wird, später beim Lernenden komplett als aktives Wissen vorhanden ist.

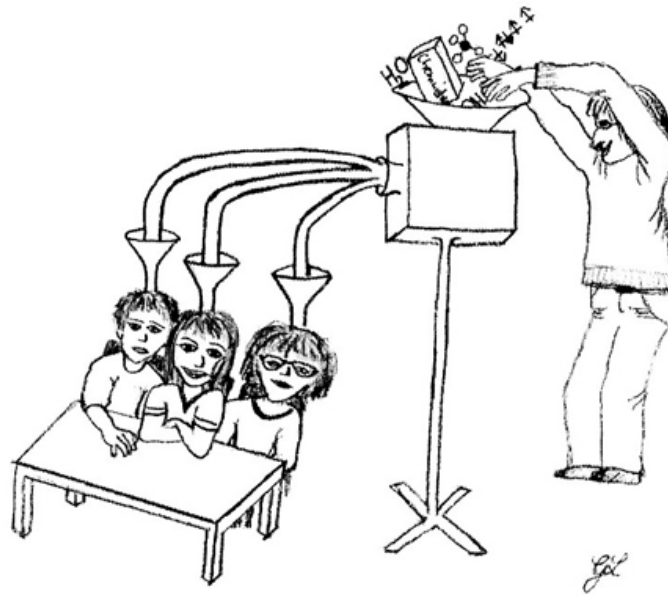


Abbildung 3.1: Wissensvermittlung mit Hilfe des Nürnberger Trichters im Fach Chemie nach Eilks¹. Leider ist das Lehren und Lernen nicht derartig trivial, wie es der Traum des Nürnberger Trichters vermittelt. „Erfolgreiches Lernen“ bedarf einer guten Kenntnis über Lehren und Lernen.

Im Folgenden sollen Grundlagen vermittelt werden, auf denen die danach vorgestellten Studien beruhen. Zunächst wird die Rolle des Schülerexperiments in der Erkenntnisvermittlung im Fach Chemie erklärt, sodann auf den außerschulischen Lernort Schülerlabor und dessen methodisches Vorgehen eingegangen. Ferner wird die naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung definiert und das entwickelte Bildungsangebot in dessen Kontext positioniert. Zuletzt werden Grundlagen der Motivationspsychologie und deren Rolle im Lernprozess erklärt. Im Einzelnen werden die vier Prädikatoren der aktuellen Motivation (Herausforderung, Erfolgserwartung, Misserfolgserwartung und Interesse) nach Rheinberg erläutert, welche einen Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Forschung darstellen.

¹ Entnommen aus (Eilks, Prins & Lazarowitz, 2013, S.184)

3.1. Das Schülerexperiment

Dieser Abschnitt beschreibt die Rolle des Schülerexperimentes in der Erkenntnisgewinnung. Das Experiment und die Beobachtung stehen im Mittelpunkt der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung in der empirischen Wissenschaft Chemie. Eine Erkenntnisgewinnung ohne experimentelle Tätigkeit ist in der Chemie unmöglich (Pfeifer, Lutz & Bader, 2002).

Daraus ergeben sich Konsequenzen für den schulischen Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern, darunter auch die Chemie: Der Unterricht hat die Aufgabe, in didaktisch sinnvoller Weise Wissen und Interesse zu vermitteln. Eine Erkenntnisgewinnung ohne die Verknüpfung von Theorie und Empirie ist dabei nicht möglich (Pfangert-Becker, 2010). Ein Kennzeichen guten Unterrichts besteht also darin, das Experiment als integralen Bestandteil der Erkenntnisgewinnung zu positionieren.

Dabei gibt es verschiedene Organisationsformen, das Experiment in dem induktiven sowie deduktiven Erkenntnisgewinnungsprozess einzusetzen. Hier seien das Demonstrationsexperiment und das Schülerexperiment genannt. Beiden Formen gemeinsam ist die Erarbeitung der Kompetenz, auf Basis eines beobachteten Experiments epistemische Fragen zu formulieren (Neber & Anton, 2008).

Im Folgenden soll nur auf Schülerexperimente eingegangen werden, da diese einen zentralen Bestandteil der vorliegenden Arbeit darstellen.

Die Erkenntnisgewinnung beim Schülerversuch basiert auf der Erweiterung des bereits vorhandenen theoretischen Wissens durch Umgang mit Geräten und Chemikalien (erkenntnistheoretischer Aspekt). Nach Becker et al. (1992) haben Schülerexperimente durch aktive Partizipation am Experiment auch einen motivationssteigernden Effekt. Becker betont, dass das Schülerexperiment durch diese zweite Komponente im Vergleich zum informierenden Unterricht und Demonstrationsunterricht auch zu besseren Leistungen der Schülerinnen und Schüler führt. Nicht zu vergessen, dass mit Schülerexperimenten neben den individuellen Kompetenzen auch soziale Kompetenzen gefördert werden. Dies ist bedingt durch die „Notwendigkeit der Kooperation bzw. Selbstständigkeit innerhalb der Gruppe wie auch die Erziehung zu exaktem und sauberen Arbeiten“ (Becker et al., 1992). Becker betont aber auch, dass sozialerzieherische Ziele nur dann realisiert werden können, wenn die Lehrkraft dazu bereit ist, entsprechende Schülerangebote zu entwickeln (Becker et al., 1992; Wenck, 1979). Es lassen sich noch weitere Gründe für Schülerexperimente finden. So nennen Schaffer und

Pfeifer (2011) in ihrer Studie auch die exakte Arbeitsweise und Protokollführung, Alltagsbezug oder auch schlicht und ergreifend die Freude am Fach Chemie.

Ferner betont Parchmann (2003), dass Schülerexperimente keine Selbstläufer im Hinblick auf Interessensförderung, Motivation und Wissenserwerb sind. Pfeifer (2002, S. 317) spricht sogar etwas ironisch von der „heilen Welt der Schülerexperimente“. Deswegen ist es für eine Lehrkraft unabdingbar, Grundkenntnisse über Erscheinungsformen und Voraussetzungen von Schülerexperimenten zu besitzen.

Schülerexperimente können in verschiedenen Sozialformen durchgeführt werden. Entweder arbeiten die Schülerinnen und Schüler alleine oder sie arbeiten in Gruppen verschiedener Größe zusammen.

Grundvoraussetzung für die Durchführung von Schülerexperimenten ist genügend Platz und eine ausreichende Ausstattung der Arbeitsplätze sowie Ordnung im Labor. Ein weiteres Kriterium ist die Vermeidung von Nervosität beim Experimentieren sowohl durch gute Vorbereitung (Fachwissen) als auch durch gute Betreuung während der Experimentalphase. Ebenso muss eine Einführung in die Bedienung von Sicherheitsgeräten erfolgen.

Methodisch ist zu unterscheiden, ob die Schülerinnen und Schüler einheitlich, differenziert oder individuell Experimente durchführen (Becker et al., 1992). Ferner schlagen Becker et al. vor, von „realen Problemen aus Umwelt, Technik, Luft, Wasser, Kraftstoff, etc...“ auszugehen (ebenda S. 369).

Schülerexperimente können nach Pfeiffer (2011) drei didaktisch-methodischen Konzeptionen folgen:

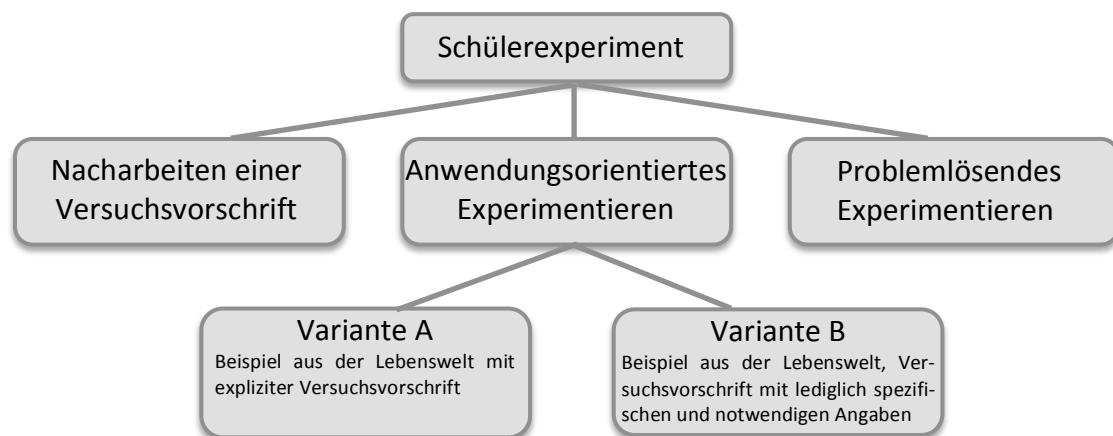


Abbildung 3.2: Arten von Schülerexperimenten (nach Pfeifer et al., 2011)

Schülerexperimente im Sinne des Nacharbeitens einer Versuchsvorschrift weisen einen hohen Grad der Strukturierung und Instruktion auf. Es werden kleinschrittig verschiedene Abläufe

erklärt und von den Schülerinnen und Schülern im Sinne eines „Kochbuchrezeptes“ abgearbeitet (Metzger, 2010). Diese Art des Experimentierens eignet sich zum Erlernen und Einüben chemischer Fachmethoden (Pfeifer et al., 2011).

Bei *Schülerexperimenten im Sinne anwendungsorientierter Aufgaben* steht die Verknüpfung von Theorie und Praxis im Vordergrund. Dementsprechend impliziert diese Methode das Heranziehen von Vorwissen zum Lösen der Aufgabe (Klingberg, 1982).

Hinsichtlich der Versuchsbeschreibungen können zwei Varianten zur Anwendung kommen. Variante A gibt ein lebensnahes Beispiel vor, wobei die Schülerinnen und Schüler an einem Beispiel die Vorschrift nacharbeiten, um die Aufgabe zu lösen.

Variante B gibt ebenfalls ein lebensnahes Beispiel (Anwendungsbezug), enthält jedoch im Gegensatz zu Variante A nur die notwendigsten Angaben (darunter fallen z.B. Angabe zu Chemikalien und zu verwendende Geräte). Hier sind die Schülerinnen und Schüler auf Vorwissen angewiesen, um die Aufgabe zu lösen.

Schülerexperimente im Sinne des problemlösenden Experimentierens sind die anspruchsvollste Erscheinungsform. Die Art des Experimentierens ist vollkommen offen. So müssen die Schülerinnen und Schüler den Lösungsweg komplett selbst finden. Diese Methode steht ebenso in direkter Verbindung mit bereits vorhandenem Vorwissen. Ausgangspunkte für Experimente dieser Methode bilden alltagsbezogene Beobachtungen bzw. fiktive Situationen aus solchen. Ausgehend von vorhandenem Vorwissen sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, epistemische Fragen zu stellen, daraus Hypothesen zu bilden und diese mit Hilfe geeigneter Experimente zu überprüfen (Barthel, 1972).

Jede der drei vorgestellten Konzeptionen von Schülerexperimenten hat ihre Berechtigung im Kompetenzerwerb eines Schülers. Bereits 2007 formulierten Prenzel et al. im Bericht zu den PISA-Ergebnissen von 2006 die erfolgreiche Kompetenzentwicklung als die flexible Anwendung von Wissen auf bedeutsame Problemstellungen (Prenzel et al., 2007). In den Ergebnissen der PISA-Studie von 2012 wird die naturwissenschaftliche Kompetenz als eine Fähigkeit beschrieben, „naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, um Fragestellungen zu erkennen, sich neues Wissen anzueignen, naturwissenschaftliche Phänomene zu beschreiben und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen“ (Schiepe-Tiska, Schöps, Rönnebeck, Köller & Prenzel, 2013, S. 192). Dementsprechend wichtig sind anwendungsorientierte und auf Problemlösung ausgerichtete Schülerexperimente in der schulisch chemischen Ausbildung.

Die Durchführung von Schülerexperimenten durch Nacharbeiten einer Kochvorschrift hat dennoch ihren Platz in der Schule, wenn es um das Erlernen fachspezifischer Arbeitstechniken und Aneignen von Fachmethoden geht.

Pfeifer folgert daraus, dass es die Aufgabe eines modernen Chemieunterrichts ist, alle drei genannten Methoden sinnvoll einzusetzen und die Schülerinnen und Schüler von einer geschlossenen Form zu einer offenen Form des Experimentierens zu führen. Gerade die letzten beiden Methoden eines Schülerexperiments scheinen aus konstruktivistischer Sicht sinnvoll (Schmidkunz & Lindemann, 2003). Sie verhindern die Entstehung von *trägem Wissen*, indem ständig eine alltagsbezogene Relevanz aufgezeigt wird. Stuckey et al. betonen darüber hinaus, dass Relevanz im Chemieunterricht auch Auswirkungen auf Interesse und Motivation besitzt (Stuckey, Marks, Mamlok-Naaman, Hofstein & Eilks, 2012; Stuckey, Sperling, Mamlok-Naaman, Hofstein & Eilks, 2013).

Schülerexperimente stellen in der aktuellen fachdidaktischen Diskussion eine wichtige Methode in der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht dar. Voraussetzungen dafür sind theoretische Vorkenntnis und eine strukturierte, organisierte Umsetzung.

Nachfolgend wird diskutiert, wie Schülerexperimente in den außerschulischen Lernorten SCHÜLERLABORE umgesetzt werden können.

3.2. Schülerlabore und Forschendes Experimentieren

Die bisher angesprochenen Schülerexperimente sind in der Schule verortet. Doch gibt es in den letzten 20 Jahren immer mehr Tendenzen, sich außerhalb der Schule ebenfalls dem Lernen, ganz speziell dem Experimentieren in der Chemie zu widmen. Dies geschieht an einem sogenannten AUßERSCHULISCHEN LERNORT.

Während das Lernen in der Schule selbst und an manchen außerschulischen Lernorten als FORMAL-LEARNING bezeichnet wird, unterscheidet man von dieser Art des Lernens NON-FORMAL LEARNING und INFORMAL-LEARNING (vgl. hierzu Abbildung 3.3) (Coll, Gilbert, Pilot & Streller, 2013).

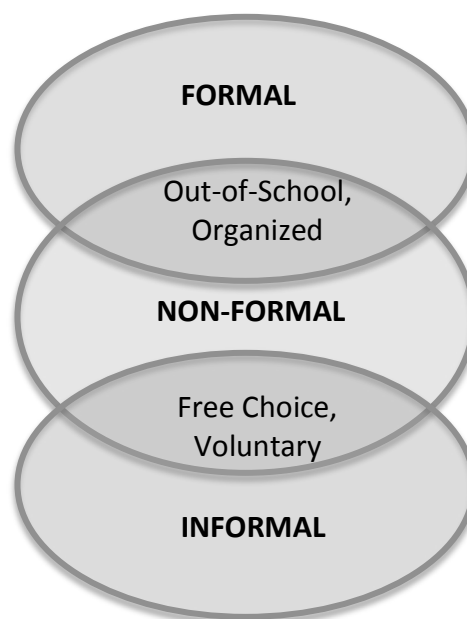


Abbildung 3.3: Typen des chemischen Lernens nach Coll et al. 2013

FORMAL-LEARNING umfasst dabei das Lernen in der Schule. Das Lernen innerhalb der Schule ist dabei vom Lehrer streng organisiert und in der Regel vorstrukturiert. Den Lernenden wird wenig Wahlmöglichkeit über zu lernende Inhalte gegeben. Das Lernen in der Schule ist nicht freiwillig und steht unter der ständigen Kontrolle von Lehrern. Ferner ist das Lernen in vorgegebenen Gruppen administrativ vorgegeben, d.h. die Klassen sind relativ homogen hinsichtlich Alter und Leistung.

INFORMAL-LEARNING bezeichnet bewusstes und unbewusstes Lernen, welches in einem unmittelbaren Kontext des alltäglichen Lebens stattfindet (Stocklmayer, Rennie Gilbert, 2010; Rauschenbach et al., 2004). Das Lernen ist freiwillig und nicht organisiert. So zum Beispiel ein Zoobesuch an einem Sonntag (nicht zu verwechseln mit einem Zoobesuch als Klassenausflug).

NON-FORMAL-LEARNING bildet den Übergang zwischen FORMAL – und INFORMAL-LEARNING.

Dazu gehört jede Form des organisierten Lernens, welche einen freiwilligen Angebotscharakter besitzt (Rauschenbach et al., 2004). Darunter fallen z.B. Sommercamps, naturwissenschaftliche Kurse oder Seminare, welche nichts mit der Schule zu tun haben (also in der Freizeit der Schülerinnen und Schüler stattfinden).

Die Forschung der letzten 20 Jahren hat ein deutlich mannigfaltigeres Produkt eines Bildungsangebotes entwickelt als diese drei reinen Kategorien erfassen können. So blieb es nicht aus, dass die Übergänge immer fließender wurden. Nicht obligatorische Lerncurricula in der Schule gehören eigentlich zum Formal-Learning. Doch sind die Inhalte nicht verpflichtend, nicht vorstrukturiert und finden auch nicht in der Schule statt, so weisen diese Curricula einen non-formalen Charakter auf (Garner, Hayes & Eilks, 2014). Ebenso sind auch Überschneidungen in anderen Bereichen vorhanden (Hofstein & Rosenfeld, 1996).

Ein Beispiel für eine solche Konstellation ist das (deutsche) SCHÜLERLABOR. In Deutschland wurde unter dem Begriff SCHÜLERLABOR in den vergangenen zwei Jahrzehnten ein Konstrukt entwickelt, welches von den bisherigen wissenschaftlichen „Out-of-School“- Laboren zu unterscheiden ist. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass der Begriff Schülerlabor auch in englischsprachiger Literatur übernommen wird (Garner et al., 2014).

Es wäre jedoch ein Trugschluss zu glauben, es gäbe DAS Schülerlabor. Es haben sich im deutschsprachigen Raum in den vergangenen Jahren viele unterschiedliche Typen von Schülerlaboren gegründet. Sie unterschieden sich hinsichtlich Zielsetzungen, Adressaten, Förderer oder Dauer des Betriebs.

Zu Beginn der 90er Jahren des letzten Jahrhunderts gab es gerade einmal eine Handvoll Schülerlabore. Die schlechten Ergebnisse deutscher Schülerinnen und Schüler in der ersten PISA Studie, der sogenannte PISA-Schock, lösten eine Gründungswelle naturwissenschaftlicher Schülerlabore aus. Man kann sogar von einem exponentiellen Wachstum sprechen (siehe hierzu Abbildung 3.4). Sie sind jedoch nicht „von Bildungswissenschaftlern oder Bildungspolitikern initiiert worden, sondern sind aufgrund großen Engagements einzelner Akteure entstanden“. Die Schülerlabore sind somit als „bottom-up“ Entwicklung zu sehen (Haupt, Domjahn, Martin, Skiebe-Corrette, Vorst, Zehren et al., 2013, S. 324).

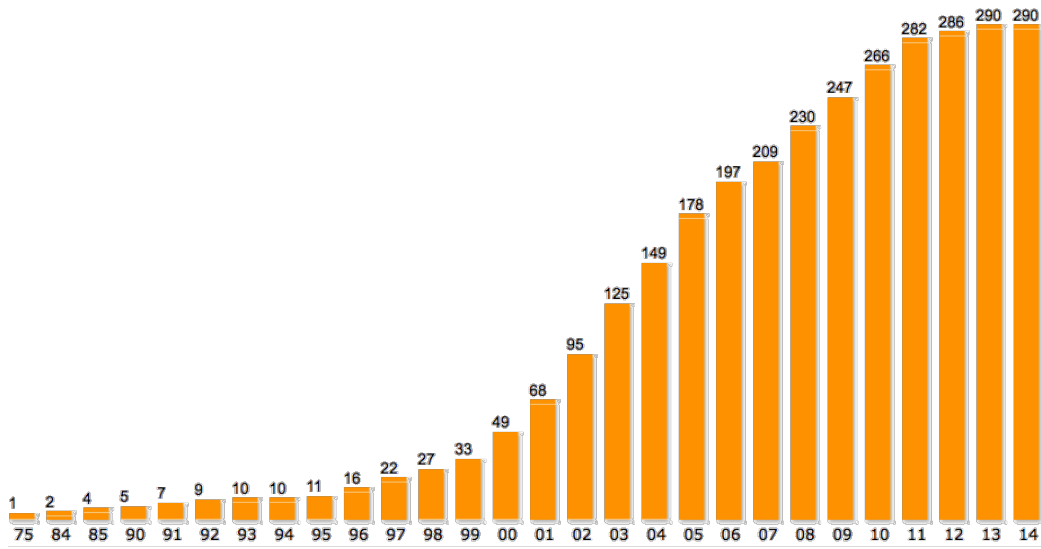


Abbildung 3.4: Schülerlaborgründungen in Deutschland (kumulativ)²

2010 wurde der Verein LERNORTLABOR - BUNDESVERBAND DER SCHÜLERLABORE in Hamburg gegründet. Dieser Verein hat sich zum Ziel gesetzt, „die Aktivitäten der ausgesprochen vielfältigen wie zukunftsweisenden Schülerlaborszene zu koordinieren und ihren Fortbestand zu unterstützen“. LernortLabor zählt zur Zeit 321 Labore im deutschsprachigen Raum (Stand: Oktober 2014)(siehe Abbildung 3.5).

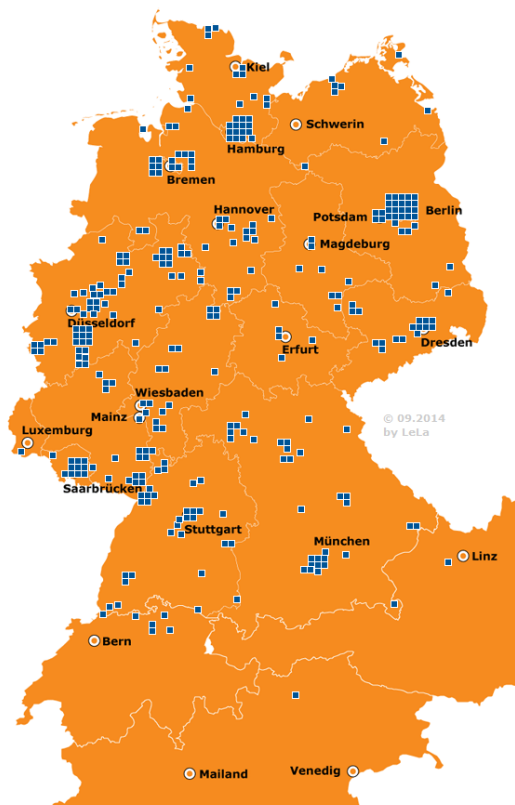


Abbildung 3.5: Von LernortLabor erfasste außerschulische Lernorte im deutschsprachigen Raum.³

² <http://www.lernort-labor.de/data.php?tl=12> (Stand: 23.10.2014)

³ <http://www.lernort-labor.de/AllLabs.php?fl=5&tl=2> (Stand: 23.10.2014)

Das rasante Wachstum der heterogenen Schülerlaborlandschaft bedurfte einer Kategorisierung. Haupt et al. (2013) definieren allgemeine Schülerlabor-Kriterien:

So kann man nur von einem Schülerlabor sprechen, wenn die Schülerinnen und Schüler eigenständig experimentieren „und diese Arbeitsweise ein Schwerpunkt des außerschulischen MINT-Lernortes“ darstellt (Haupt et al., 2013, S. 325).

Zu den Primärzielen eines Schülerlabors gehören das Wecken bzw. die Förderung von Interesse an Natur- und Ingenieurwissenschaften. Nach Möglichkeit sollen sowohl das Fachwissen vertieft als auch die Motivation gefördert werden. Ebenso übernehmen Schülerlabore gesellschaftliche und volkswirtschaftliche Aufgaben mit der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses für MINT-Berufe (Haupt, Domjahn, Martin, Skiebe-Corrette, Vorst, Zehren, et al. 2013).

Hinsichtlich technischer Voraussetzungen müssen gemäß der fachlichen Ausrichtung ein fachgerecht eingerichteter Raum bzw. Labor zur Verfügung stehen, welches an mindestens 20 Tagen im Jahr als Schülerlabor betrieben werden muss. Im Mittelpunkt stehen das Experimentieren und der damit verknüpfte naturwissenschaftliche Arbeitsprozess (Haupt, Domjahn, Martin, Skiebe-Corrette, Vorst, Zehren et al., 2013).

Ebenso wird die Kommunikation mit und die Betreuung durch Fachpersonal als wichtiges Kriterium hervorgehoben. Ferner kann durch die Kommunikation mit Wissenschaftlern, welche selbst experimentieren, die Authentizität spürbar werden (Engeln, 2004).

Neben diesen vier Kriterien (Selbstständiges Experimentieren, Interesse an Naturwissenschaften als Primärziel, Mindestbetriebszeit und der Kommunikation mit wissenschaftlichem Personal) unterscheidet Haupt et al. (2013) sechs verschiedene Kategorien: KLASSISCHE SCHÜLERLABORE, SCHÜLERFORSCHUNGSZENTREN, LEHR-LERN-LABORE, SCHÜLERLABORE ZUR WISSENSKOMMUNIKATION, SCHÜLERLABORE MIT BEZUG ZUM UNTERNEHMERTUM und SCHÜLERLABORE MIT BERUFSDIENTUNG (Hempelmann & Haupt, 2014).

Die folgende Arbeit wurde in dem Schülerlabor NanoBioLab durchgeführt, welches als KLASSISCHES SCHÜLERLABOR und LEHR-LERN-LABOR arbeitet. Deswegen wird im Folgenden auf diese beiden Betriebsmodi eingegangen.

Das KLASSISCHE SCHÜLERLABOR hat in der Regel ganze Schulklassen als Zielgruppe. Diese besuchen den außerschulischen Lernort als Teil des schulischen Curriculums. Entsprechend nahe sind die Angebote solcher Labore an die jeweiligen Bildungspläne angelehnt. Forschungen haben ergeben, dass Einfachbesuche im Wesentlichen auf die Motivation wirken, während

Mehrfachbesuche auch zur Erhöhung des kognitiven Wissens führen können (Guderian, Priemer & Schön, 2006; Guderian, 2007; Zehren, 2009).

LEHR-LERN-LABORE sind an Universitäten mit Lehramtsausbildung zu finden. Dabei sind die Schülerlabore meist obligatorischer Teil der fachdidaktischen Ausbildung. Diese Art von Schülerlabor bietet eine „Win-Win“ Situation für alle Beteiligten (Krofta, Fandrich & Nordmeier, 2011; Leonhard & Schallies, 2007; Schallies & Leonhard, 2007). Zum einen ermöglichen die Studenten eine hohe Betreuerdichte, was wiederum den Schülerinnen und Schülern zugutekommt. Zum anderen bietet das Schülerlabor den Lehramtsstudierenden eine „gute Möglichkeit, ihre Kompetenzen in einem geschützten Raum zu schulen“ (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011).

Methodisch gibt es fünf verschiedene Arten des Experimentierens *in Schülerlaboren*:

Freies Experimentieren, Forschendes Experimentieren, Geführt forschendes Experimentieren, Rezeptives Experimentieren und Demonstrationsexperimente (Hempelmann & Haupt, 2015). Das NanoBioLab orientiert sich am FORSCHENDEN LERNEN bzw. FORSCHENDEN EXPERIMENTIEREN (engl. Inquiry-based-learning), deswegen soll im Folgenden näher auf diese Methode eingegangen werden.

Das FORSCHENDE LERNEN geht auf das sogenannte ENTDECKENDE LERNEN oder auch ENTDECKUNGSLERNEN zurück, welches in den meisten konstruktivistischen Lehrmodellen zu finden ist, so zum Beispiel das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (Pfeifer et al., 2002) (Neber, 1981, 1999). Geprägt wurde das Entdeckungslernen anfänglich durch die Forschungen des US-amerikanischen Psychologen Jerome Bruner in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts. Zehren (2013, S. 34) stellt heraus, dass der Begriff ENTDECKUNGSLERNEN „hauptsächlich im Zusammenhang mit der Verbesserung naturwissenschaftlichen Unterrichts“ steht.

Diese Methoden basieren auf dem von Schmidkunz und Lindemann (2003, S.13) genannten „Prinzip des Lernens aus Interesse“, dem „Prinzip der hohen eigenen Aktivität und des selbstständigen Wissenserwerbs“ und dem „Prinzip des Erfolgserlebnisses“. Alle drei genannten Prinzipien stehen dabei miteinander in Beziehung, wie Abbildung 3.6 zeigt.

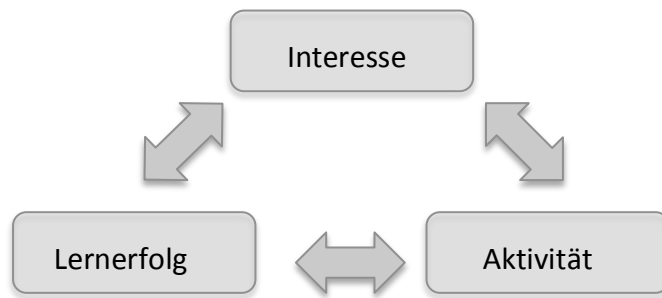


Abbildung 3.6: Zentrale Prinzipien des Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens nach Schmidkunz & Lindemann (2003, S. 15)

Die Vorteile des FORSCHENDEN EXPERIMENTIERENS wurden in den letzten Jahren ausführlich diskutiert (hierzu: (Deters, 2005; Hofstein, Shore & Kipnis, 2004; Zehren, 2009).

Nach Schiefele und Streblow (2006) kann Interesse an einem Lerngegenstand unter anderem durch Anreicherung von Kontexten aus bedeutsamen Lebensbereichen gefördert werden. Diese Erkenntnis aus der Interessens- und Motivationsforschung macht sich auch das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren nach Schmidkunz und Lindemann (2003) zunutze. Die eigene Aktivität beim Kompetenzerwerb übernimmt das Konzept ebenfalls aus der Interessensforschung. Auf den Lernprozess wirkt sich günstig aus, wenn die Schülerinnen und Schüler selbst aktiv beim Wissenserwerb teilnehmen und angesprochene Kompetenzen mit einem gewissen Maß an Selbstbestimmung erworben werden (Schiefele & Streblow, 2006).

Schmidkunz und Lindemann betonen Synergieeffekte beim Lernen aus Interesse. So können sich Erfolgserlebnisse, die durch Lernen aus Interesse gewonnen werden, wiederum positiv auf Lern- und Leistungsmotivation auswirken. Diese Auswirkung äußert sich dann als Drang, sich tiefer mit dem Lerngegenstand zu beschäftigen. Ferner erweitern Schmidkunz und Lindemann (2003) mit dem forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren die Erkenntnisse der allgemeinen Interessensforschung um das Experiment als Basis der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der Prozess der Erkenntnisgewinnung findet nach Neber und Anton (2008) in drei Phasen der Schüleraktivität statt: Hierbei wird in präexperimentelle, experimentelle und postexperimentelle Phase unterschieden (siehe Abbildung 3.7).

Die präexperimentelle Phase untergliedert sich in der Beobachtung eines Phänomens bzw. einer Aufgabe. Auf Basis von aktiviertem Vorwissen sind Schülerinnen und Schüler in der Lage, epistemische Fragen zu stellen und Hypothesen zu formulieren. Ausgehend von dieser Fragestellung wird das Vorgehen zur Überprüfung der Hypothese geplant.

Die experimentelle Phase ist die praktische Umsetzung der Planungen der präexperimentellen Phase. In der postexperimentellen Phase werden die Ergebnisse des Experiments zunächst protokolliert. Die anschließende Analyse und Deutung der Befunde dient als Grundlage der Interpretation. Diese interpretierten Befunde werden nun auf die anfänglich gestellte Hypothese bezogen. Wurde die Hypothese verifiziert, so kann an weiteren Aufgaben geforscht werden. Falsifizieren die Befunde die Hypothese oder liefern sie keine zufriedenstellende Erklärung, so müssen die Schülerinnen und Schüler ihr Vorgehen analysieren und den Prozess erneut durchlaufen, bis die Fragestellung beantwortet ist. Diese Phasen der Erkenntnisgewinnung hat nicht nur für Schülerinnen und Schüler, sondern auch für andere Naturwissenschaftler Gültigkeit. Schmidkunz und Lindemann (2003, S. 19) sehen die Unterschiede lediglich in der „Dimension der Probleme und in der Selbstständigkeit des Verlaufs in einzelnen Abschnitten“.

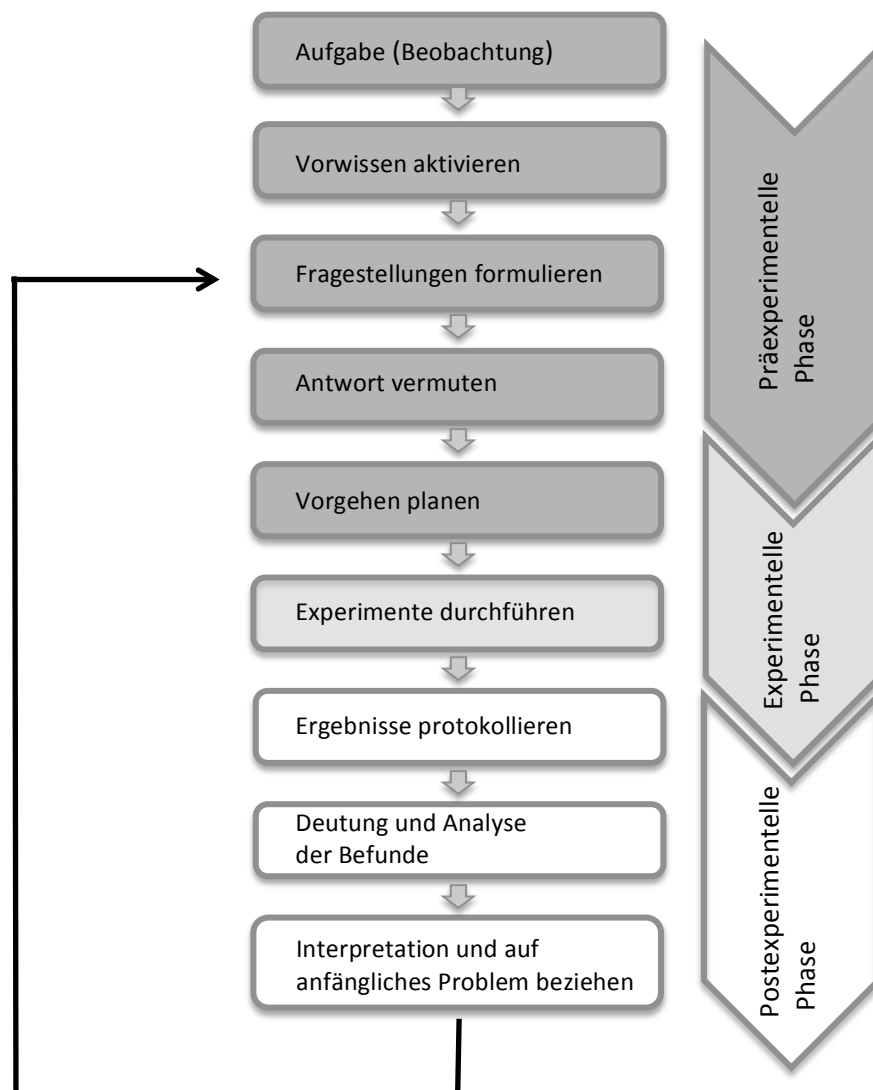


Abbildung 3.7: Phasen der Schüleraktivität nach Neber und Anton (2008)

Das von Hempelmann und Zehren entwickelte Schülerlabor NANOBIOLAB (Universität des Saarlandes) ist nach der Definition von Haupt et. al (2013) ein klassisches Schülerlabor und ein Lehr-Lern-Labor. Es stellt eine entsprechende Lerngelegenheit zum forschenden Experimentieren dar. Die Konzeption der Experimente und die Vorgehensweise der Versuche im Schülerlabor NanoBioLab werden von Nebers (1994) MODELL VOLLSTÄNDIGEN WISSENS erklärt.

Die Langzeitstudie von Zehren (2009) im NanoBioLab hat gezeigt, dass diese Organisationsform des Lernens einige positive Aspekte mit sich bringt. Für die Schülerinnen und Schüler hat das Chemielernen nicht nur einen höheren intrinsischen Wert, sie verfügen auch über größeres Selbstvertrauen, Interesse und Einfallsreichtum. Dies wirkt wiederum positiv auf den Chemieunterricht zurück.

Er stellt fest, dass eine nachhaltige Wirkung der Schülerpraktika nur dann möglich ist, wenn sie den folgenden Kriterien entsprechen:

1. Mehrfachbesuche im Verlauf eines Schuljahres
2. Einbindung in den laufenden Unterricht
3. Unterrichtsrelevante Aufgabenstellungen
4. Wahlfreier Zugriff auf alle Chemikalien und Geräte
5. Offene Fragestellungen mit der Möglichkeit zu kreativem Arbeiten

Das NanoBioLab ist derart organisiert, dass alle Geräte und Apparaturen, welche für gängige Schülerversuche ständig gebraucht werden, an den Arbeitsplätzen stehen. Sicherheitsgründen ist es geschuldet, dass keine gefährlichen Chemikalien an den Laborplätzen zu finden sind. Die Grundausstattung der Arbeitsplätze sieht dabei wie folgt aus:



Abbildung 3.8: Glasgeräte und Chemikalien an einem Arbeitsplatz⁴



Abbildung 3.9: Arbeitsgeräte in einer Schublade

⁴ Abbildungen entnommen aus Zehren (2009) S.97

Werden Chemikalien oder verderbliche Lebensmittel verwendet, die nicht an den jeweiligen Plätzen vorhanden sind, so werden diese vor Versuchsbeginn ausgegeben. Gleiches gilt für weitere Materialien, welche nur für die Durchführung eines einzigen Versuchs gedacht sind (z.B. Heizrührgeräte).

Die Schülerinnen und Schüler arbeiten während der gesamten Experimentierphase in kleinen Gruppen von zwei bis drei Schülern. Jede der gebildeten Arbeitsgruppen erhält dieselbe Aufgabenstellung. Somit ist es gewährleistet, dass alle Schülerinnen und Schüler sich mit denselben Lerninhalten auseinandersetzen. Aufgrund der Bildung von Arbeitsgruppen sollen außerdem Unterschiede im Leistungsniveau kompensiert werden, indem die Schüler/innen sich gegenseitig unterstützen. Dies kann im vorliegenden Falle nicht nur als eine Erleichterung hinsichtlich des organisatorischen Aufwands seitens der Betreuer und Lehrkräfte, sondern auch als Förderung der sozialen Kompetenz innerhalb der Klasse gesehen werden.

Das NANOBIOLAB und die Methode des FORSCHENDEN EXPERIMENTIERENS sind feste Bestandteile der Chemielehramtsausbildung an der Universität des Saarlandes. Somit sind neben mindestens zwei Betreuern des NanoBioLab-Teams auch eine Vielzahl von Studenten (meistens vier bis sechs) zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler während des Laboraufenthalts anwesend.

Schülerlabore wie das NanoBioLab bieten ein ideales Umfeld für fachdidaktische Forschung. So wurden schon diverse Untersuchungen im Schülerlabor und über Schülerlabore angestellt (Guderian, 2007). Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen lag in erster Linie auf Interesse und Motivation bei Einzel- oder auch Mehrfachbesuchen im Schülerlabor (Guderian et al., 2006; Brandt, Möller & Kohse-Höinghaus, 2008; Pawek, 2009).

Weniger Forschung gibt es bisher auf dem Gebiet der kognitiven Entwicklung im Fachbereich Chemie. Das NanoBioLab mit seiner, in diesem Kapitel beschriebenen, didaktischen Vorgehensweise sind Ausgangspunkt für die folgende Forschung auf dem Gebiet des Wissenserwerbs. Ebenso wurden SCHÜLERLABOR-ON-TOUR-Angebote in den bisherigen Untersuchungen nicht berücksichtigt.

An dieser Stelle sei jedoch erwähnt, dass nach Haupt et al. (2013) es sich um keine reine Form der Schülerlabore handelt, da Schülerlabor-on-Tour-Angebote qua Definition keinen eigenen Raum besitzen. Vielmehr dienen sie zur Verbreitung und teilweise auch Werbung

für Schülerlaborangebote. Rechtfertigungsgründe für derartige Angebote werden in Kapitel 4 diskutiert.

3.3. Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung am Beispiel von Nachhaltigkeit und Chemie (im Schülerlabor)

Die naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung ist ein neues Konstrukt, welches bereits vorhandene Bestrebungen und Bildungsinitiativen unter einem Dach vereint. So werden „Ziele, Inhalte [, Methoden] und Didaktiken von naturwissenschaftlicher Grundbildung und technischer Bildung mit Umweltbildung und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BnE)“ verbunden (Peters, 2014) (siehe Abbildung 3.10).

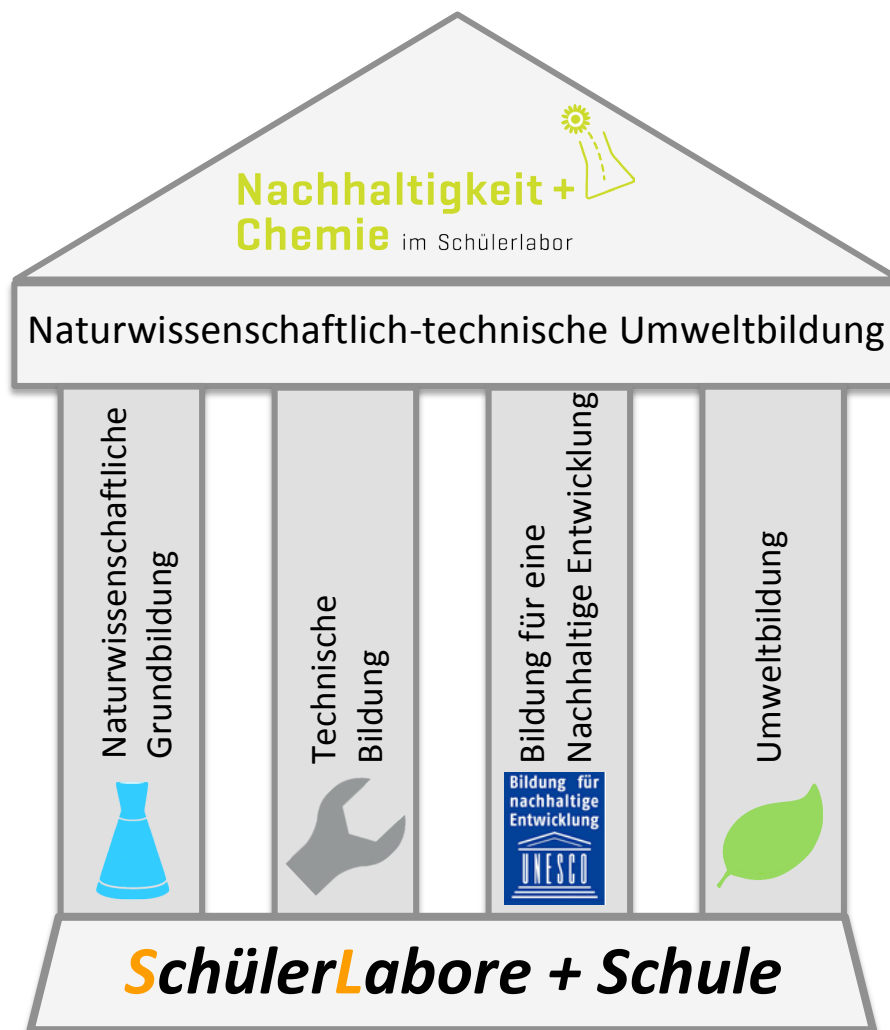


Abbildung 3.10: naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung

Die NATURWISSENSCHAFTLICHE GRUNDBILDUNG („scientific literacy“) wird in der PISA-Studie von 2012, 2006 und 2002 explizit erwähnt. Es kommt dieser Komponente jedoch ein „sprunghaft“ steigender Stellenwert zu, „sobald der Anspruch vertreten wird, Entscheidungen im

Alltag, im Beruf oder in der Politik möglichst „vernünftig“ beziehungsweise wissenschaftsbasiert zu treffen“ (Schiepe-Tiska et al., 2013, S. 189). Sie sehen eine gut ausgebildete naturwissenschaftliche Kompetenz als eine wesentliche Voraussetzung zur gesellschaftlichen Teilhabe. So erlaubt diese Kompetenz, „sich an öffentlichen Diskussionen zu beteiligen und fördert die Entwicklung zu selbständigen, verantwortungsvollen Bürgerinnen und Bürgern“ (ebenda S. 189). Peters (2014) sieht darin ebenso ein „Fundament für lebenslanges Lernen“. Nach der Pisa-Studie von 2006 bildenden folgende drei Kompetenzbereiche die naturwissenschaftliche Grundbildung (Prenzel et al., 2007, S. 5):

- „*Fragestellungen* (zu) erkennen, die mit naturwissenschaftlichen Zugängen bearbeitet werden können,
- *naturwissenschaftliche Phänomene* (zu) beschreiben, vorher zu sagen und (zu) erklären
- *naturwissenschaftliche Evidenz* (zu) nutzen und (zu) interpretieren, um Entscheidungen zu treffen.“

Die Entwicklung dieser drei Kompetenzbereiche basiert zumindest teilweise auf Motivation und Interesse einer Person. Verschiedene Bildungsangebote, wie die im vorangegangenen Kapitel vorgestellten Schülerlabore, sind Initiativen, auf lange Sicht diese personenbezogenen Konstrukte positiv zu beeinflussen.

Ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer wissenschaftlichen Grundbildung war die Einführung von Bildungsstandards in Biologie, Chemie und Physik (KMK, 2005a, 2005b, 2005c), welche für die gesamte Bundesrepublik gültig sind. Die Ergebnisse der darauffolgenden PISA-Studien von 2006 und 2012 weisen einen signifikant höheren Wert für die naturwissenschaftliche Kompetenz auf als die erste Studie 2002 (Prenzel et al., 2007; Prenzel & Baumert, 2008; Prenzel, Sälzer, Klieme, & Köller, 2013). Dies kann als Erfolg der bisherigen Bildungsinitiativen angesehen werden.

Das zweite Standbein der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung ist die TECHNISCHE BILDUNG. Diese ist hier klar vom ersten Standbein zu unterscheiden. Während sich die naturwissenschaftliche Bildung als eine Erkenntniswissenschaft definiert, so ist die technische Bildung eher Gestaltungswissenschaft. Technik ist demnach „Mittel und Methode zur Gestaltung der realen Welt, womit sie ein Ausdruck des Vermögens des Menschen zur schöpferischen Konstruktion ist“ (Peters, 2014).

BILDUNG FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG (BNE) ist das dritte Standbein der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung. Diese Initiative hat ihren Ursprung im Brundtland-Bericht von 1987 (Hauff, 1987). Die dort beschriebenen Ziele wurden dann von 180 Staaten im Abschlussdokument der Rio-Konferenz, der „Agenda 21“ manifestiert (UNCED, 1992).

Es wurden verschiedene „Stränge“ zusammengefasst, so dass Bildung für nachhaltigen Entwicklung definiert werden kann: „...(BNE) ermöglicht es dem Individuum, aktiv an der Analyse und Bewertung von nicht nachhaltigen Entwicklungsprozessen teilzuhaben, sich an Kriterien der Nachhaltigkeit im eigenen Leben zu orientieren und nachhaltige Entwicklungsprozesse gemeinsam mit anderen lokal wie global in Gang zu setzen.“ (De Haan, 2008, S. 31). So werden unter dem Dach der nachhaltigen Entwicklung gemäß dem Drei-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit die Bereiche Ökonomie, Ökologie und Soziales vereint (Renn, 2002). De Haan (2008) hebt die Gestaltungskompetenz als einen wichtigen Baustein der BNE hervor. Gemäß der obigen Definition von BNE, dient nach der Auffassung von de Haan (2008, S. 31) „(BNE) speziell dem Gewinn von Gestaltungskompetenz. Mit Gestaltungskompetenz wird die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können.“

Die große Bedeutung dieser Bildungsinitiative wird in der von den Vereinten Nationen ausgerufenen Dekade „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ deutlich⁵. Von 2005 bis 2014 wurden viele Projekte, darunter einige aus dem Bereich Chemie und Schülerlabore, zu dieser Thematik entwickelt. So wurden Angebote zum Thema Klimawandel (Eilks et al., 2011) (Menthe, Höttecke, Eilks & Hößle, 2013), Energiewende (Di-Fuccia, 2013; Schichtel & Spielhofen, 2012), aber auch außerschulische Bildungsangebote, wie Themenmodule für Schülerlabore (Garner, Huwer, Siol, Hempelmann & Eilks, 2015), entwickelt. In der Chemie äußert sich eine nachhaltige Entwicklung durch verschiedene Initiativen der Nachhaltigen Chemie (z.B. SusChem⁶). Darunter fallen nicht nur Forschungen zur Chemie mit nachwachsenden Rohstoffen, sondern unter anderem auch Themen der Elektrochemie.

Peters (2014) hebt die UMWELTBILDUNG als vierte Säule explizit hervor. In dem Konzept der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung wird als Ziel der Umweltbildung die Förderung des Umweltbewusstseins verstanden. Das Umweltbewusstsein setzt sich seinerseits aus Dimensionen und Komponenten des Umweltbewusstseins, wie Wissen, Einstellungen

⁵ <http://www.bne-portal.de/>

⁶ <http://www.suschem.org/>

und Verhalten, zusammen. Zur naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung trägt die Umweltbildung die Förderung des Umweltbewusstseins bei, ergänzt um das Ziel der „Motivation von Umwelthandeln“. Peters (2014) sieht in der Ergänzung Sinn, da „ein vorhandenes Wissen über Umweltprobleme bzw. ein vorhandenes Umweltproblembewusstsein und sogar das Vorhandensein von entsprechenden Einstellungen vielfach noch nicht die hinreichende Voraussetzung für umweltbezogenes Handeln darstellt“.

Schülerlabore und Schule bilden das ideale Fundament für naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung. Sie erreichen eine große Anzahl von Schülerinnen und Schülern und haben im Fall der Schülerlabore eine erwiesenermaßen positive Auswirkung auf Motivation und aktuelles Interesse (siehe hierzu Kapitel 3.2 Schülerlabore und Forschendes Experimentieren). Die Schule vermittelt dabei das nötige Fachwissen.

Das DBU-geförderte Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“ und das darin entwickelte Bildungsangebot leisten einen Beitrag zur naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung. Das Projekt bildet sozusagen das „Dach“ des Konstrukts, welches als Fundament Schülerlabore und Schule als Wissens- und Motivationstransporteure nutzt.

Ausgangslage für das Projekt war die Erkenntnis, dass aktuellen Problemen, wie dem Klimawandel, Ressourcenknappheit, sozialer Ungleichheit und mangelnder Generationengerechtigkeit, nur mit einer adäquaten Bildung begegnet werden kann. Ziel war es also, ein Bildungsangebot zu entwickeln, welches die Lücke zwischen schulischer Wissensvermittlung und der naturwissenschaftlichen Forschung im Einklang mit einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung schließt (Seel & Huwer et al., 2014).

Umgesetzt wurde das Projekt von den beiden Schülerlaboren NanoBioLab in Saarbrücken und dem FreiEx in Bremen. Das entwickelte Bildungsangebot umfasst verschiedene Facetten der Nachhaltigkeit aus verschiedenen Bereichen der Chemie. Diese wurden in Anlehnung an die Bildungspläne der beiden Bundesländer und an verschiedene Klassenstufen angepasst. So wird eine naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung vom Anfangsunterricht „Naturwissenschaft“ bis zum Abitur ermöglicht und gefördert. Die jeweiligen Angebote wurden zu sogenannten Themenmodulen zusammengefasst. Dabei enthält ein Modul einen obligatorischen vorbereitenden Unterricht, das Experimentalpraktikum (mindestens halbtägig, zentral für jedes Modul) und eine nachbereitende Einheit. Unterstützt werden die obligatorischen Bestandteile durch ein freiwilliges Angebot (insofern es die Thematik und die örtlichen

Gegebenheiten zulassen): eine „Führung durch ein einschlägig arbeitendes Forschungs-labor“ oder eine „Exkursion zu einem einschlägig arbeitenden Betrieb“, welcher die industrielle Umsetzung demonstriert.

Diese Arbeit stellt drei der Themenmodule vor, welche jeweils verschiedene Aspekte der Nachhaltigkeit thematisieren. Das Themenmodul *Fette und Öle* thematisiert nachwachsende Kraftstoffe, während bei der *Wasserreinigung* Ressourcenschonung im Vordergrund steht. Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe thematisiert einerseits eine gesunde Ernährung und andererseits Biokunststoffe.

	Baustein	Dauer
obligatorisch	Inhaltlicher Einstieg – Einführende Unterrichtsstunden in der Schule	ca. 2 Schulstunden
	Experimentier-Phase I im Schülerlabor oder in der Schule	2-3 Stunden
optional	Besuch eines universitären Forschungslabors	2 Stunden
	Exkursion für praktische Anwendung	3 Stunden
obligatorisch	Bewertung und Reflexion in der Schule	Ca. 1 Schulstunden

Abbildung 3.11: Aufbau eines Moduls

Das Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“ wurde als UNESCO-Dekadeprojekt 2004-2014 für „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ ausgezeichnet. Am 25.11.2013 überreichten Prof. de Haan und Prof. Kruse-Graumann im Rahmen einer Feierstunde die Auszeichnung in Frankfurt am Main den Projektpartnern.



Abbildung 3.12: Feierstunde UN-Dekade, 25.11.2013, Frankfurt a.M.⁷

Prof. G. de Haan, A. Siol, J. Huwer, N. Garner, Prof. R. Hempelmann, Prof. L. Kruse-Graumann

⁷ entnommen dem bne-portal unter www.bne-portal.de:

https://www.flickr.com/photos/un_dekade_bne/11081079776/in/set-72157638107937973

3.4. Motivationspsychologie

3.4.1. Motivation, Motive und aktuelle Motivation

„Wie kommt es dazu, dass Sie gerade jetzt diese Zeilen lesen, statt irgendetwas Anderes – vielleicht Schöneres – zu tun?“ (Rheinberg, 2004a). Die Gründe hierfür können unterschiedlich sein. Egal welche jedoch gefunden werden, in jedem Fall betreibt man gerade aktiv Motivationspsychologie.

Als Teilgebiet der Psychologie erklärt die Motivationspsychologie theoriebasiert die „Richtung, Persistenz und Intensität von zielgerichtetem Verhalten“ (Heckhausen & Heckhausen, 2010, S. 3). Die Motivationspsychologie versteht unter dem Begriff MOTIVATION ein hypothetisches Konstrukt (Vollmeyer & Brunstein, 2005; Rheinberg, 2004a). Rheinberg (2004a, S. 16) betont, dass sich Motivation nicht „auf eine fest umrissene und naturalistisch gegebene Erlebens- und Verhaltenseinheit bezieht, sondern in gewisser Weise eine Abstraktion ist“. Demnach wird die Motivation als „die aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand“ definiert (ebenda S. 16). Nach Vollmeyer (2005) schließt diese Definition auch Verhaltensweisen mit ein, welche aktiv einen negativen Zustand in einen positiven Zustand zu ändern versuchen. Sie unterscheidet dabei die Aufsuchen- und die Meiden-Tendenz. Unter der Aufsuchen-Tendenz versteht man den Drang, sich zu einem besseren Zustand zu bewegen, während die Meiden-Tendenz das Meiden eines schlechteren Zustandes, also den Erhalt des Status-Quo, aversiert.

Bereits in den 1930er Jahren haben Lewin und Murray darauf aufmerksam gemacht, dass sich „Motivationsphänomene nur aus der Wechselbeziehung zwischen Person und Situation verstehen lassen“ (Rheinberg, 2004b). Demnach wirken überdauernde, hochgeneralisierbare Personenmerkmale wie MOTIVE oder INTERESSE mit unterschiedlicher Stärke auf unser Verhalten. Ausschlaggebend ist ein in einer Situation vorhandener Anreiz, welcher zum überdauernden Motiv passt. Bietet eine Situation die Möglichkeit, seine eigenen Kompetenzen zu steigern, so verfolgt man ein LEISTUNGSMOTIV (Atkinson, 1957; Heckhausen & Heckhausen, 2010). Bietet eine Situation hingegen die Möglichkeit, eine andere Person öffentlich zu „übertrumpfen und prestigesteigernd dominieren zu können“, so spricht man vom sogenannten MACHTMOTIV (Rheinberg, 2004b, S. 21). Das ANSCHLUSSMOTIV beschreibt die Affinität zu sozialen Gruppen (Hasselhorn & Gold, 2009). Das Motiv in seinen drei unterschiedlichen

Ausprägungen ist für unsere Bewertungsdisposition, also der Bewertung von zu erreichenden Zielen, verantwortlich. Zur Aktivierung der Bewertungsdisposition braucht es jedoch einen externen, situativen Stimulus (Schneider & Schmalt, 2000). Infolgedessen erscheint es logisch, dass weder Motiv noch die Situation für sich alleine betrachtet eine Verhaltensdeterminante darstellen. Demzufolge wirken weder motivationale Persönlichkeitsmerkmale noch Situation direkt auf unser Verhalten.

Vielmehr wirken beide Faktoren nur in gegenseitiger Interaktion auf die AKTUELLE MOTIVATION. Diese wiederum hat nach Rheinbergs Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie direkten Einfluss auf unser Verhalten (Abbildung 3.13):

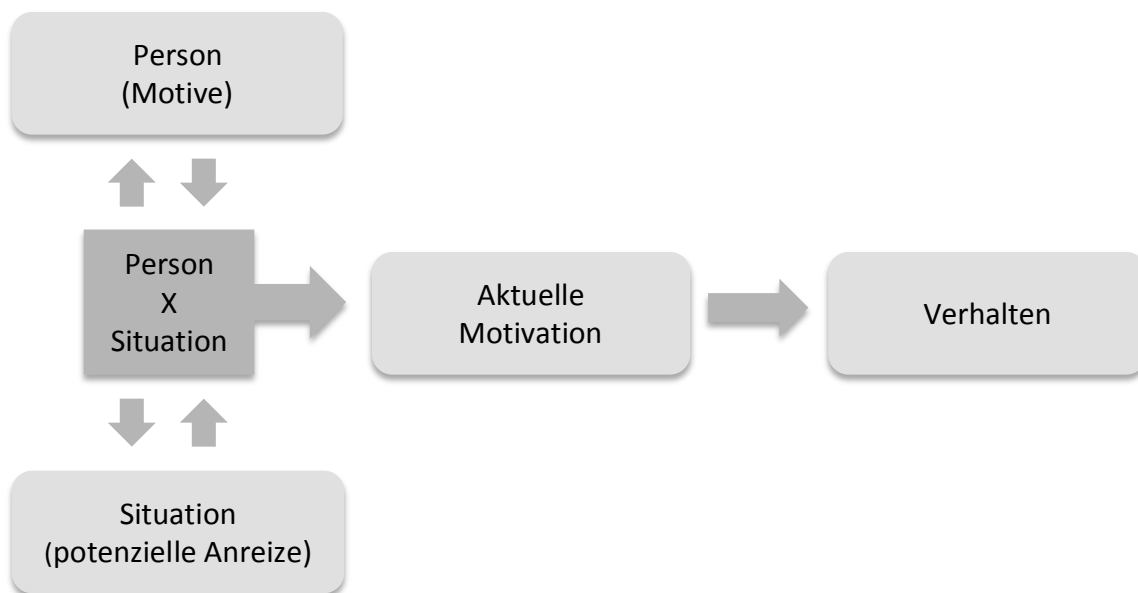


Abbildung 3.13: Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie nach Rheinberg (2004b)

Nach Schneider und Schmalt (2000) spielt die aktive, das heißt bewusste Entscheidung, ebenso eine wichtige Rolle beim beobachteten Verhalten. Dieser bewusste Wille wird als VOLITION bezeichnet. Schneider und Schmalt (2000, S. 32) beschreiben eine Situation, in der sich ein Schüler „spät abends mit der Vorbereitung auf eine Klausur beschäftigt, obwohl ihn seine Freundin eingeladen hat und er dieser Einladung nur zu gerne gefolgt wäre“. Entgegen der aktuellen Motivation entscheidet sich der Schüler also bewusst für ein anderes Verhalten (Lernen) und nicht für das Verhalten, welches die aktuelle Motivation ausgelöst hätte (Treffen mit der Freundin).

Rheinberg (1999, S. 191) beschreibt die enge Verknüpfung von Emotionen und Motivation. So treten in Lernsituationen nur dann Emotionen auf, wenn „wichtige Dinge auf dem Spiel stehen, so dass individuelle Zielhierarchien betroffen sind“. Dies tritt besonders dann auf,

wenn „hinreichend wichtige, ich-nahe Ziele angestrebt oder bedroht sind“ (Rheinberg, 1999, S. 191).

Die Motivation selbst kann verschiedenen Ursprungs sein. So unterscheidet man zwischen INTRINSISCHER und EXTRINSISCHER Motivation. Im allgemeinen Sprachgebrauch würde man intrinsisch mit „innerlich“ oder „eigentlich“ und extrinsisch mit „äußerlich“ umschreiben. In der Motivationspsychologie würde man ein Verhalten als INTRINSISCH MOTIVIERT bezeichnen, wenn das Verhalten um seiner selbst willen geschieht und als extrinsisch motiviert, wenn „der Beweggrund des Verhaltens außerhalb der eigentlichen Handlung liegt, oder weiter gefasst: wenn die Person von außen gesteuert erscheint“ (Rheinberg, 2004, S. 150). Schiefele und Streblow (2006, S. 233) ergänzen diese Definition noch um Persönlichkeitsmerkmale wie Interesse, wenn sie schreiben: „Intrinsisch motivierte Handlungen werden durchgeführt, weil sie für sich genommen positive Erlebensaspekte aufweisen und zum Beispiel spannend, interessant oder herausfordernd erscheinen“. Extrinsisch motiviertes Verhalten ist demnach das Gegenteil, beispielsweise das Verhalten zum Erreichen eines extern gesetzten Standards.

3.4.2. Erfolgreiches Lernen und aktuelle Motivation

Erfolgreiches Lernen steht in direktem Zusammenhang mit einer guten Informationsverarbeitung (Hasselhorn & Gold, 2009). Gemäß dem MODELL DER „GUTEN“ INFORMATIONSVERRARBEITUNG (GIV-Modell) werden vier Felder individueller Voraussetzungen unterschieden: Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisfunktionen, Strategien und meta-kognitive Regulation, Vorwissen und Motivation und Selbstkonzept.

Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisfunktionen sind für die Aufnahme und Verarbeitung von Informationen verantwortlich. Eng damit verwandt ist die Forschung zur COGNITIVE-LOAD THEORIE (Theorie der kognitiven Belastung bei Lernprozessen)(Plass, Moreno & Brünken, 2010). Lernen wird hier als Ressourcen beanspruchender Prozess verstanden, dessen „Erfolg vom Ausmaß der verfügbaren kognitiven Kapazität abhängt“ (Brünken & Seufert, 2006, S. 30). Brünken und Seufert (2006) unterscheiden zwischen intrinsischer kognitiver Belastung, extrinsischer kognitiver Belastung und lernbezogener kognitiver Belastung (Sweller, Paul & Slava, 2011). Das Ausmaß der Belastung in einem Lernprozess versteht sich als die Summe der drei genannten Belastungen. Übersteigt die Menge der für einen Lernprozess nötigen Ressourcen diese Summe, so spricht man von einem COGNITIVE OVERLOAD, „einer Situation, in

der Wissenskonstruktionsprozesse reduziert, wenn nicht gar unmöglich werden“ (Brünken & Seufert, 2006, S. 30).

Ferner spielen die Qualität des im Langzeitgedächtnis verfügbaren Vorwissens, Lernstrategien sowie motivationale Dispositionen und Selbstkonzepte eine wichtige Rolle. Diese vier Bereiche ergänzen Hasselhorn und Gold (2009) noch um Volition und lernbegleitende Emotionen (vgl. Kapitel 3.4.1) und stellen somit das MODELL DER INDIVIDUELLEN VORAUSSETZUNGEN ERFOLGREICHEN LERNENS (INVO-Modell) auf. Bildlich verdeutlicht er die Rolle der fünf Komponenten als Zahnräder, die ERFOLGREICHES LERNEN antreiben.



Abbildung 3.14: Modell der individuellen Voraussetzungen erfolgreichen Lernens (INVO-Modell)⁸

In den nachfolgenden Kapiteln soll auf die Rolle der Motivation bzw. der aktuellen Motivation auf das Lernen näher eingegangen werden.

In Lern- und Leistungssituationen mit komplexen Lernaufgaben „hat sich gezeigt, dass vier motivationsrelevante Einschätzungen zur anstehenden Aufgabe durchgängig unterscheidbar sind“ (Rheinberg, 2004b, S. 99). Diese sind HERAUSFORDERUNG (oder Lern- und Leistungsmotivation), ERFOLGSWAHRSCHEINLICHKEIT (oder Erfolgserwartung), MISSERFOLGSBEFÜRCHTUNG (oder Misserfolgserwartung) und INTERESSE (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001).

Die folgenden Kapitel erklären, was man unter den jeweiligen Dimensionen versteht.

⁸ entnommen aus (Hasselhorn & Gold, 2009, S. 70)

3.4.3. Herausforderung, Lern- und Leistungsmotivation

Schiefele (1996, S. 11) definiert LERNMOTIVATION als „Wunsch bzw. die Absicht, bestimmte Inhalte oder Fertigkeiten zu lernen“. Man unterscheidet dabei zwischen der aktuellen Lernmotivation („state“) und der habituellen Lernmotivation („trait“). Unter der habituellen Lernmotivation kann „das wiederholte bzw. gewohnheitsmäßige Auftreten einer bestimmten Form aktueller Motivation, im Sinne eines relativ überdauernden Persönlichkeitsmerkmals“ verstanden werden (Schiefele, 2008, S. 39). Schiefeles Definition lässt jedoch offen, welche Ziele und aus welchen Beweggründen heraus diese verfolgt werden. So umfassen die Ziele sowohl Handlungskonsequenzen als auch Erlebenszustände. Wie bereits in Kapitel 3.4.1 erwähnt, unterscheidet man zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation.

Die LERNMOTIVATION lässt sich ebenfalls in diese beiden Formen unterscheiden.

Unter extrinsischer Lernmotivation versteht man nach Schiefele (2008, S. 40) „die Absicht, eine Lernhandlung durchzuführen, weil damit positive Folgen herbeigeführt oder negative Folgen vermieden werden“. Streben Schülerinnen und Schüler nach sozialer Anerkennung für die beste Klausur in der Klasse, so waren sie extrinsisch lernmotiviert.

Unter intrinsischer Lernmotivation wird die Absicht bezeichnet, „eine bestimmte Lernhandlung durchzuführen, weil die Handlung selbst von positiven Erlebenszuständen begleitet wird.... Diese Erlebenszustände können individuell stark variieren und vielfältiger Natur sein. Für Lernhandlungen sind vermutlich insbesondere Gefühle der Kompetenz, der Anregung und der Spannung sowie FLOW-ähnliche Zustände (z.B. Absorbiertsein) im Vordergrund“ (Schiefele 2008, S. 41).

Die von Deci und Ryan (Schiefele, 2008, S. 39) entwickelte Selbstbestimmungstheorie (SDT) ergänzt diese Definition einer intrinsisch motivierten Lernhandlung um „die Grundbedürfnisse des Menschen nach Kompetenz und Selbstbestimmung“ (Schiefele 2008, S. 42). Diese Grundbedürfnisse zeigen sich beispielsweise im Explorations- und Spielverhalten (Schiefele & Streblow, 2005). Intrinsisch lernmotivierte Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich also mit einem Lerngegenstand, weil sie bedingt durch individuelle Interessen, besonders gute Gefühle (der Kompetenz und der Selbstbestimmung) erleben.

Von einer LEISTUNGSMOTIVATION spricht man, wenn ein Verhalten „auf die Selbstbewertung eigener Tüchtigkeit zielt, und zwar in Auseinandersetzung mit einem Gütemaßstab, den es zu erreichen oder zu übertreffen gilt“ (Rheinberg & Vollmeyer, 2012, S. 60). Diese Form der

Motivation begegnet uns im Alltag sehr häufig. Ein Beispiel ist der hochbezahlte Manager, der trotz chronischen Zeitmangels während der Arbeitszeit versucht, sein Dienst-iPhone zu reparieren. Bei seinem Gehalt und seiner Position hätte er für die verbrauchte Arbeitszeit mehrere Male einen Reparaturservice in Anspruch nehmen können. „Er will sehen, ob er so etwas nicht auch selbst kann – so irrational das unter ökonomischen Gesichtspunkten auch sein mag“ (Rheinberg, 2004a, S. 61). Der Boardcomputer eines Autos kann ebenfalls zu leistungsmotivierten Verhaltensweisen animieren. Gelingt es dem Fahrer, den angezeigten Durchschnittsverbrauch des Autos (hier der Gütemaßstab) durch angepasste Fahrweise zu senken (hier die eigene Tüchtigkeit), so freut sich dieser ob des erreichten Ziels. Inwiefern das erreichte Ziel einen Nutzen bzw. Sinn hat, ist jedoch eine andere Frage.

So kommt Rheinberg (2004a) zum Schluss, dass der Stolz, ein für sich selbst anspruchsvolles Ziel erreicht zu haben, und das daraus resultierende „gute Gefühl“ (Zufriedenheit oder Freude) Anreiz genug für eine leistungsmotivierten Handlung darstellen (in der Alltagssprache „Erfolgs Erlebnis“). Rheinberg betont ferner als elementare Wichtigkeit für die Leistungsmotivation, dass das erreichte Ziel (wie irrational es auch sein mag) auf die eigenen Fähigkeiten und nicht auf äußere Umstände wie Glück zurückführt („attribuiert“).

Ein Vorläufer der Leistungsmotivation ist das „Selbermachen-Wollen“ von Kindern und zwar dann, wenn solche Aufgaben gewählt werden, die „gerade so“ nicht mehr gelingen. Die Bevorzugung derartiger Aufgaben ist im Alltag als „HERAUSFORDERUNG“ bekannt und bildet ein typisches Merkmal leistungsmotivierten Handelns (Rheinberg, 2004a). Ob das Ergebnis als Erfolg oder Misserfolg wahrgenommen wird, hängt von dem gewählten Gütemaßstab ab. In der Motivationspsychologie wird dieser subjektive Gütemaßstab als ANSPRUCHSNIVEAU bezeichnet (Hasselhorn & Gold, 2009). Atkinson (1957, S. 109) liefert mit seinem RISIKO-WAHL-MODELL den „Prototypen moderner ERWARTUNGSMAL-WERT-THEORIEN der Motivation“ (Hasselhorn & Gold, 2009). Letzt genannter Theorie liegt die Annahme zugrunde, dass das Anspruchsniveau von der Wechselwirkung der subjektiv wahrgenommenen Erfolgswahrscheinlichkeit und Erfolgsanreiz abhängig ist.

Die Abbildung 3.15 verdeutlicht, dass eine subjektiv als leicht wahrgenommene Aufgabe zwar eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit, jedoch kaum einen Anreiz zur Handlung bietet. Gleiches gilt im umgekehrten Fall einer subjektiv als extrem schwierig eingestuften Aufgabe. Das Maximum des Produktes liegt zweifelsohne bei subjektiv als mittelschwierig eingestuften Aufgaben, da ein ausgewogenes Verhältnis von Wert und Erwartung vorliegt.

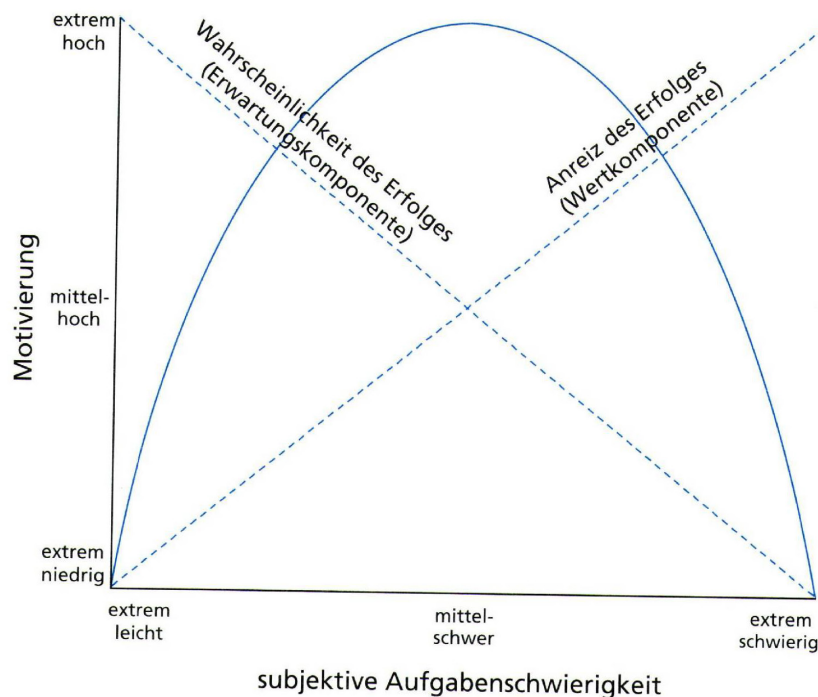


Abbildung 3.15: Abhängigkeit der Lern- und Leistungsmotivierung vom Anspruchsniveau (Hasselhorn & Gold, 2012, S. 110)⁹

Hasselhorn und Gold (2006) erwähnen, dass in der Empirie jedoch Tendenzen zu den beiden Extremen (besonders leichte Aufgaben oder besonders schwierige Aufgaben) beobachtet werden können. Gründe hierfür sehen sie in systematischen interindividuellen Unterschieden im Lern- und Leistungssystem (bzw. im Leistungsmotiv). Dieses LEISTUNGSMOTIV besteht nach Atkinson (1957) aus dem sogenannten ERFOLGS- und MISSERFOLGSMOTIV.

Unter dem Erfolgsmotiv versteht man die Tendenz, Anforderungssituationen eher erfolgszuversichtlich anzugehen.

Das Misserfolgsmotiv beschreibt die Tendenz, Anforderungssituationen aus Furcht vor Misserfolg zu meiden.

Beide Leistungsmotivanteile kommen in jedem Menschen vor, es kann jedoch zu „relativ zeitstabilen und situationsübergreifenden Dominanzen der einen oder anderen Tendenz“ kommen (Hasselhorn & Gold, 2012, S. 110). Eine Person, bei der das Misserfolgsmotiv überwiegt, wird bei freier Wahl der Aufgaben entweder sehr leichte oder sehr schwere Aufgaben wählen, da „mittelschwere Aufgaben am ehesten die eigene Tüchtigkeit erkennbar werden lassen“ (ebenda S. 111). Überwiegt das Erfolgsmotiv, so werden gemäß dem Risiko-Wahl-Modells mittelschwere Aufgaben bevorzugt.

⁹ entnommen aus (Hasselhorn & Gold, 2009) (S. 110)

Die subjektiven, individuellen Gütemaßstäbe müssen jedoch nicht ausschließlich intrinsisch motiviert sein. Im Kontext des schulischen Lernens kann der Notendruck seitens der Gesellschaft durchaus zu extrinsisch leistungsmotiviertem Verhalten führen. Somit kann die Leistungsmotivation als Summe von extrinsischer und intrinsischer Leistungsmotivation gelten.

3.4.4. Erfolgs- und Misserfolgserwartung

Die im vorangehenden Kapitel erwähnten Modelle lassen Rückschlüsse auf die Motivation einer Person in einer bestimmten Situation zu. Atkinsons (1957) Risiko-Wahl-Modell lässt jedoch keine Aussagen über Ursachen zu, warum sich Personen erfolgs- oder eben misserfolgserwartend einer Aufgabe widmen. So hängt die Erwartung von Erfolg oder Misserfolg entscheidend davon ab, welchen Ursachen man das eingetretene Ereignis zuschreibt. Diese naivpsychologische Ursachenerklärung nennt man Kausalattribution (Hasselhorn & Gold, 2009).

Die Kausalattribution hat entscheidenden Einfluss darauf, ob man bei der Leistungssituation eher einen Erfolg oder eher einen Misserfolg erwartet. Weiner (1994) unterscheidet drei Dimensionen der Kausalattribution: die Lokation, die zeitliche Stabilität und die subjektive Kontrollierbarkeit.

Die Lokation (der Ort der vermeintlichen Ursache) kann entweder internal oder external liegen. Bei Erfolg können internale attribuierte Ursachen (z.B. eigene Fähigkeit) zu Stolz, bei Misserfolg zu Scham führen.

Die subjektive zeitliche Stabilität hat hingegen Auswirkungen auf Erwartungen bei zukünftigen vergleichbaren Situationen. Wird Erfolg auf zeitlich stabile Faktoren zurückgeführt, so wird bei zukünftigen Ereignissen Erfolg erwartet. Wird jedoch Misserfolg auf zeitlich stabile Faktoren zurückgeführt, so wird bei zukünftigen Ereignissen wieder Misserfolg erwartet.

Die Kontrollierbarkeit der Ursache hat Auswirkungen auf die Intensität der Erwartungen bei zukünftigen Ereignissen. Der Stolz nach einem Erfolg ist umso intensiver, je mehr er eigenen intensiven Anstrengungen zugeschrieben wird. Die Zuversicht, bei der nächsten Klassenarbeit eine bessere Note zu schreiben, ist umso geringer, je mehr eine vorangegangene schlechte Note den eigenen Fähigkeiten zugeschrieben wurde (Hasselhorn & Gold, 2009)

		Lokation			
		internal		external	
		Zeitliche Stabilität			
		stabil	variabel	stabil	variabel
Kontrollierbarkeit	hoch	Faulheit	schlecht vorbereitet	Nachhilfelehrer ist inkompetent	Freunde haben versäumt zu helfen
	niedrig	Geringe Fähigkeit	Kopfschmerzen während der Prüfung	Hoher Anspruch des Lehrers	Pech

Abbildung 3.16: Typische Ursachenzuschreibung nach Misserfolg im Rahmen des Klassifikationsschemas nach Weiner (1994) , Hasselhorn & Gold (2009)

Misserfolgsängstliche und erfolgsmotivierte Personen unterscheiden sich in der Kausalattribution. So tendieren misserfolgsängstliche Personen dazu, Erfolg auf external variable und wenig kontrollierbare Ursachen zurückzuführen. Misserfolg wird demgegenüber meist den eigenen geringen Fähigkeiten zugeschrieben. Im Erfolgsfall (z.B. gute Note) ist die Leistungssituation wenig belohnend, im Misserfolgsfall kann es zu starker Betroffenheit und zur sinkenden Hoffnung auf Besserung kommen (Rheinberg & Vollmeyer, 2012).

Für den Lernerfolg günstiger werden die Ursachen von erfolgsmotivierten Personen gesucht. Sie haben die Tendenz, Erfolg auf internale Faktoren (meist auf eigene Fähigkeiten) zu attribuieren. Leistungssituationen sind somit für diese Personengruppe eine Möglichkeit, die eigenen Fähigkeiten unter Beweis zu stellen, was im Erfolgsfall zu Stolz führen kann. Misserfolg wird hingegen meist auch zeitliche variable Ursachen (z.B. schlechte Vorbereitung) zurückgeführt (Rheinberg & Vollmeyer, 2012).

3.4.5. Interesse

Die bloße Leistungsmotivation (umgangssprachlich Herausforderung) ist jedoch nicht ausschließlich für ein beobachtetes Verhalten verantwortlich. Die Definition der Leistungsmotivation sieht leistungsmotivierte Handlungen überall dort, wo sich mit individuellen Gütemaßstäben gemessen wird. Doch derartige Herausforderungen treten im Alltag nur zu oft auf, sodass man sich den ganzen Tag nur Herausforderungen jedweder Art stellen müsste, um sich mit den jeweiligen Gütemaßstäben zu messen. Es lässt sich jedoch beobachten, dass es Personen oft zu einer bestimmten Art von leistungsmotivierten Handlungen drängt. Im schulischen Kontext beobachtet man Schüler, die sich eher zu einer Sport-AG hingezogen fühlen, um eigene Gütemaßstäbe im sportlichen Sektor zu verbessern, einige, die eine Musik-AG besuchen, um ihr musikalisches Können weiter auszubauen und einige, die eine Naturwissenschaft-AG besuchen, weil sie noch tiefer als im Unterricht naturwissenschaftliche Phänomene ergründen wollen. Rheinberg und Vollmeyer (Rheinberg & Vollmeyer, 2000, S. 148) sehen darin eine Art kapazitätsbedingte Fokussierung, „sodass es Bereiche gibt, für die wir besonders gut elaborierte und leicht ansprechbare Gütestandards haben, während uns andere Bereiche leistungsthematisch nicht herausfordern“. Diese Fokussierung nennt man INTERESSE. Krapp (1993, 2001) betont, dass Interessen eine wichtige Rolle in der Beschreibung und Erklärung von Lernmotivation spielen. Interesse ist ein mehrdimensionales Konstrukt (Todt, 1990), welches eine Person-Gegenstands-Beziehung beschreibt (Krapp, 2002).

Der GEGENSTAND eines Interesses „kann durch konkrete Objekte, thematische Bereiche des Weltwissens oder durch bestimmte Klassen von Tätigkeiten definiert sein“ (Krapp, 2001, S. 312). Im Kontext des schulischen Lernens kann also das Interesse an Naturwissenschaften als Gegenstand betrachtet werden. Krapp (2001, S. 312) sieht die Besonderheit einer interessenthematischen Beziehung „im subjektiven Erleben durch die Verbindung von positiven emotionalen Zuständen während der Interessenhandlung und einer hohen subjektiven Wertschätzung des Interessengegenstandes (emotionale und wertbezogene Valenz)“. Dies ist nach Hasselhorn und Gold (2009) die Begründung für die Tatsache, dass interessante Tätigkeiten uns leichter von der Hand gehen. Nach Prenzel (1988) führt Interesse zu einer „epistemischen Orientierung“. In komplexen Lernsituationen kann eine solche Orientierung vorteilhaft sein. „Dem Interesse an einer Sache folgt der Wunsch, mehr über die Sache zu erfahren, sich ausführlicher zu informieren und das eigene Wissen immer wieder zu aktualisieren“ (Hasselhorn & Gold, 2009, S. 105).

In der Interessensforschung wird zwischen SITUATIONELLEM und INDIVIDUELLEM INTERESSE unterschieden (Schiefele, 2008). Das individuelle Interesse ist ein relativ dauerhaftes (stabiles) Merkmal einer Person. Hören Schülerinnen und Schüler beim Besuch an der Universität einen spannenden Vortrag und haben deswegen eine erhöhte Aufmerksamkeit, so kann man von einem situationellen Interesse sprechen. Nach Krapp (2001, S. 312) bezeichnet das situationelle Interesse einen „durch bestimmte Merkmale gekennzeichneten motivationalen Zustand, der primär durch die besonderen Anreizbedingungen der (Lern-) Umwelt hervorgerufen wird“. Nach Schiefele (2008, S. 46) stellt situationelles Interesse „einen handlungsbegleitenden Zustand dar, der das Auftreten intrinsischer LM (Leistungsmotivation) begünstigt“. Ein im Lerngeschehen gewecktes situationelles Interesse oder ein bereits bestehendes individuelles Interesse muss nach Krapp (2001) „für einige Zeit (z.B. die Dauer einer Unterrichts- oder Lernepisode) aktiviert und aufrecht erhalten werden“, um wirksam zu werden. Für das schulische Lernen ist Interesse als ein wichtiger Bedingungsfaktor anzusehen (Krapp, 2001). Die Metaanalyse von Schiefele, Krapp und Schreyer (1993) hat ergeben, dass über alle Fächer und Schulstufen hinweg eine mittlere Korrelation von $r = 0,30$ zwischen Interesse und Indikatoren des Schulerfolgs besteht. Relativ hohe Korrelation lässt sich nach Krapp (2001) für Fremdsprachen, Mathematik und Naturwissenschaften (außer Biologie) finden.

3.4.6. Förderung der aktuellen Motivation

In den Kapiteln 3.4.3-3.4.5 wurde gezeigt, dass Herausforderung, Interesse sowie Erfolgs- und Misserfolgserwartung als Dimensionen der aktuellen Motivation wichtige Bestandteile erfolgreichen Lernens sind. Ein Ziel guten Unterrichts muss es also sein, die aktuelle Motivation in den vier Dimensionen zu fördern, damit erfolgreiches Lernen realisiert werden kann. Forschungsbefunde belegen, dass „mit Beginn der Grundschule intrinsische Lernmotivation und fächerbezogenes Interesse kontinuierlich abnehmen“ (Schiefele, 2008, S. 47; Helmke, 1993). Internationale Untersuchungen konnten zeigen, dass davon besonders stark Mathematik und die naturwissenschaftlichen Fächer (außer Biologie) betroffen sind. Ferner betont Schiefele (2008), dass in den genannten Fächern Mädchen von der Abnahme stärker als Jungen betroffen sind. Weitere Untersuchungen haben ergeben, dass „eine Einbettung mathematischer und naturwissenschaftlicher Inhalte in Kontexte, die auch für Mädchen interessant sind, die Interessen stärken kann“ (Schiefele, 2008, S. 47; Hoffmann, Häußler & Peters 1993).

Diesbezüglich erscheint die Forderung nach einem „interessanten“ Unterricht (also ein Lernangebot, welches Interesse und intrinsische Motivation fördert) verständlich, aber leichter gefordert als umgesetzt.

Ansatzpunkte für einen „interessanten“ Unterricht werden von Schiefele und Streblov (2006) genannt:

1) Förderung der Kompetenzwahrnehmung

Deci und Ryan (1985) zeigten, dass das Auftreten intrinsischer Motivation an den Erwerb von Kompetenzen gebunden ist. Zur Förderung des Erlebens eigener Kompetenz sind nach Schiefele und Streblov (2006) Rückmeldung und Bekräftigung, die Förderung aktiver Beteiligung und lebenspraktischer Anwendungen, eine klare Struktur des Lernstoffes mit anschaulicher Präsentation (Seufert, Zander & Brünken, 2006) und die soziale Unterstützung bei angemessenen Aufgaben zu nennen.

Im Falle des naturwissenschaftlichen Unterrichts kann diese Teilhabe am Erkenntnisprozess durch Schülerexperimente realisiert werden.

2) Förderung sozialer Einbindung

Teamarbeit und ein partnerschaftliches Lehrer-Schüler-Verhältnis stellen nach Schiefele und Streblov (2006) eine Möglichkeit dar, intrinsische Motivation und Interesse zu erhöhen. Schülerexperimente bieten bedingt durch die Arbeit in kleinen Gruppen

und durch das Zusammenarbeiten eine hervorragende Möglichkeit, diesen beiden Forderungen nachzukommen.

3) *Förderung der persönlichen Bedeutsamkeit des Lerngegenstandes*

In Kapitel 3.4.3 wurde die Rolle des subjektiven Werts einer Aufgabe in der Lern- und Leistungsmotivation erörtert. Für den Lernprozess im schulischen Kontext können intrinsische Motivation und Interesse gefördert werden, indem den Schülerinnen und Schülern die Relevanz des Lerngegenstandes nahe gebracht wird. Dafür müssen die Ziele des Lernens klar und persönlich bedeutungsvoll sein. Förderlich erscheint es darüber hinaus, wenn der Lehrende sein eigenes Interesse am Lerngegenstand zeigt. Ferner ist es dienlich, den emotionalen Gehalt des Lernstoffs zu erhöhen (Schiefele & Streblow, 2006). Die Relevanz und die emotionale Bedeutsamkeit des Lerngegenstandes im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung kann aufgrund der Nähe zum Alltag als gegeben angesehen werden.

4) *Förderung der Selbstbestimmung*

Deci und Ryan (1985) zeigten außerdem, dass intrinsische Motivation und Interesse nur dann entwickelt werden, „wenn Schüler ein Mindestmaß an Selbstbestimmung beim Lernen entwickeln“ (Schiefele & Streblow, 2006, S. 240). Die Methode des Forschenden Experimentierens (siehe Kapitel 3.2) bietet im naturwissenschaftlichen Unterricht ideale Voraussetzungen, den Schülerinnen und Schülern Selbstbestimmung am eigenen Lernprozess zu ermöglichen.

Es gibt viele didaktische Konzepte, die sich einem „interessanten“ Unterricht widmen. Es gibt allerdings das Problem, dass Interessantheit schwer objektiv gefasst werden kann. Im Falle der Naturwissenschaften ist die interessensfördernde Wirkung von Schülerlaboren bereits belegt (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Streller, 2009; Zehren, 2009).

Bisher wurde aber nur wenig Forschung über die Wirkung der Schülerlabore auf die vier Dimensionen der aktuellen Motivation und den damit verknüpften Wissenserwerb betrieben. Das in den folgenden Kapiteln beschriebene, von mir entwickelte Bildungsangebot hat die Förderung der aktuellen Motivation im Fach Naturwissenschaft der Klassenstufe 5 und im Fach Chemie der Klassenstufe 10 zum Ziel. Im Falle der Klassenstufe 5 wurde das Schülerlabor in Form eines Schülerlabor-on-Tour Konzeptes in den schulischen Unterricht integriert. Der Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation diente dabei als Messinstrument.

4. Das Schülerlabor-on-Tour Modell

Nach Haupt et al. (2013) sind Schülerlabore meist an Universitäten, Hochschulen oder an Industriestandorten angesiedelt, also zumeist in städtischen Ballungsgebieten (vgl. hierzu Abbildung 3.5). Dies gilt auch für die Schülerlabore im Saarland, welche im saarländischen Verbund der Schülerlabore, SAARLAB, organisiert sind. Die meisten Schülerlabore des Saarlandes sind an der Universität bzw. der Hochschule für Technik und Wissenschaft angesiedelt (siehe Abbildung 4.1). Das Angebot ist im Verhältnis zur Schüleranzahl im Saarland zwar sehr groß, jedoch können nur wenige Schüler von den Angeboten der Schülerlabore tatsächlich profitieren.



Abbildung 4.1: Schülerlabore des Saarlandes im SaarLab-Verbund¹⁰.

Schülerinnen und Schüler, die Schulen in Randlage des Saarlandes besuchen, haben aus organisatorischen Gründen nur geringe Chancen, regelmäßig an Schülerlaboraktivitäten teilzunehmen. Dies kann mehrere Gründe haben: zum einen sind die Fahrtkosten höher als für Schulen in unmittelbarer Nähe zur Universität und zum anderen ist der Besuch mit einem höheren zeitlichen Aufwand verbunden. Während Schulen in St. Ingbert oder Saarbrücken im Idealfall nur wenige Minuten zu einem Schülerlabor benötigen, kann es bei Schulen aus Homburg durchaus eine ganze Stunde dauern. Dieser zeitlich höhere Aufwand macht sich

¹⁰ Abbildung von www.saarlab.de

vor allem darin bemerkbar, dass mehr Unterrichtszeit in der Schule verloren geht. Während für Schulen in St. Ingbert der Besuch eines universitären Schülerlabors im Idealfall mit drei bis vier Unterrichtsstunden gedeckt werden kann, ist beispielsweise der Besuch für Homburger Schulen meist nur im Rahmen eines Ganztagesausfluges möglich.

Ein Teil der vorliegenden Arbeit war es, ein „Schülerlabor-Modell“ zu entwickeln, welches besagte Nachteile aufwiegen soll. Mobile „Schülerlabore“ sind in Teilen Deutschlands bereits entwickelt worden. Ein Beispiel hierfür ist das Schülerlabor „Science on Tour“ in Brandenburg, welches unter dem Motto „Dorthin, wo die Schüler sind!“ selbstständiges Experimentieren ermöglicht. Es handelt sich nach der Definition von Haupt et al. (2013) bei diesem Modell strenggenommen um kein Schülerlabor, weil die Ortsgebundenheit fehlt.

Als „Ableger“ des NanoBioLab wurde ein ähnliches Angebot für die saarländischen Schulen entwickelt. Das bedeutet, dass es sich um keine neue Kategorie eines Schülerlabors, sondern eine Erweiterung eines bestehenden Schülerlabors handelt. Eine solche Erweiterung wird im Folgenden als SCHÜLERLABOR-ON-TOUR-MODELL bezeichnet.

Es gibt allerdings bislang wenig Forschung über ein derartiges Modell, weswegen es als eine sinnvolle Aufgabe erscheint, sowohl die Vermittlung kognitiven Wissens als auch die Förderung der aktuellen Motivation zu untersuchen. Die motivationsfördernde Wirkung der Schülerlabore kann hier nicht im Vorfeld angenommen werden, weil das Erlebnis eines außerschulischen Lernortes fehlt.

Es bedarf genauer Kriterien für ein solches Angebot, damit zukünftige Untersuchungen eines derartigen Modells verglichen werden können. Für das Schülerlabor-on-Tour Modell werden die Kriterien eines Schülerlabors nach Zehren (2009) herangezogen (vgl. Kapitel 3.2, S. 23)

Diese Kriterien, die für das Forschende Experimentieren im Schülerlabor aufgestellt und erforscht wurden, gelten ebenso für das Modell SCHÜLERLABOR-ON-TOUR. Lediglich der wahlfreie Zugriff auf alle Chemikalien und Geräte kann in dem Umfang, den ein voll ausgestattetes Schülerlabor bietet, nicht gewährleistet werden. Dies ist dem hohen Aufwand für Transport geschuldet. Es werden jedoch alle notwendigen Materialien für die Versuche zu jedem Zeitpunkt den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung gestellt, sodass genügend Freiheit für Kreativität vorhanden ist.

Die unterrichtsrelevanten Aufgabenstellungen werden in ihrer Bedeutung sogar noch erweitert. Die für das Modell entwickelten Themenmodule (die „SOFTWARE“) bieten nicht nur Aufgabenstellungen für das Experimentalpraktikum, sondern liefern auch eine angemessene

Vor- und Nachbereitung und integrieren sich vollständig in den laufenden schulischen Unterricht. Abbildung 4.2 zeigt Patric Koch (Betreuer des NanoBioLab) bei der Nachbereitung eines Themenmoduls.



Abbildung 4.2: Nachbereitung eines Themenmoduls im Klassenraum

Das Experimentalpraktikum findet bei einem SCHÜLERLABOR-ON-TOUR MODELL in der eigenen Schule statt. Hierfür wird die „HARDWARE“ (alle notwendigen Geräte, Verbrauchsmaterialien, Chemikalien und Schutzausrüstung) in Kisten an die Schule transportiert. Geschultes Personal betreut zusammen mit der Lehrkraft das Experimentieren in Kleinstgruppen von drei Schülerinnen und Schülern.

Würde die Hardware nur in Kisten verpackt an die Schulen verschickt, so wären es Schülerexperimente unter normalen Bedingungen in alleiniger Anwesenheit der Lehrkraft. Schülerlabore zeichnen sich jedoch durch die Kommunikation mit ausgebildeten Fachkräften aus. Dieses zentrale Merkmal sollte in einem Schülerlabor-on-Tour Modell enthalten sein, damit Forschendes Experimentieren auch in der Schule ermöglicht wird.



Abbildung 4.3: Experimentieren im Klassenraum

Dementsprechend komme ich zu dem Schluss, dass ein Schülerlabor-on-Tour Modell immer einem Schülerlabor nach der Definition von Haupt et al. (2013) angegliedert sein sollte. Nur

so können meines Erachtens die Gütekriterien eines Schülerlabors in die Schulen transportiert werden.

Im Falle von NANOBIOLAB-ON-TOUR waren, genau wie bei Schülerlaborbesuchen im NanoBioLab, mindestens zwei Betreuer des NanoBioLab-Teams sowie einige Studenten anwesend (vgl. Abbildung 4.4). Das NanoBioLab-on-Tour Modell vereint in sich Elemente des klassischen Schülerlabors und des Lehr-Lern-Labors. Für Studenten bietet das Modell den Vorteil, dass in authentischen schulischen Situationen das Experimentieren mit Schülerinnen und Schülern erlernt werden kann.

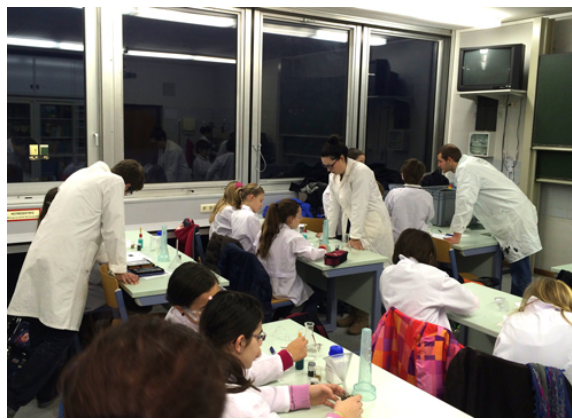


Abbildung 4.4: Diskussion mit den Betreuern des NanoBioLab

5. Das Experimentiermodul „Wasserreinigung“ für die Klassenstufe 5

Die Entwicklung des Experimentierpraktikums fand in Kooperation mit Frederik Philippi während seines Freiwilligen Sozialen Jahres statt. Die eigenständige Leistung dieser Arbeit war die Überführung der Versuche in das Schülerlabor-on-Tour Modell, die Konzeption der Testinstrumente sowie die Durchführung des Praktikums und die damit verbundene wissenschaftliche Untersuchung zur Kognition und aktuellen Motivation.

Das folgende Themenmodul wird 2015 auch als Kapitel in dem Buch von Eilks, Siol und Hempelmann veröffentlicht (Huwer, Seel, Philippi & Hempelmann, 2015).

Die Studie zu diesem Themenmodul ist in Kapitel 8 zu finden.

5.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas

5.1.1. Aspekte der Nachhaltigkeit

Bevölkerungswachstum, Verstädterung und Industrialisierung bringen große Probleme mit sich. Zentrale Herausforderungen, denen sich eine moderne Gesellschaft stellen muss, sind dabei die Entsorgung von Abwasser sowie die Gewinnung von Trinkwasser. Ungeklärtes Abwasser aus Industrie und Haushalt belastet die Gewässer, in die es geleitet wird, stark. Das wirkt sich auch auf die Qualität des Grundwassers negativ aus. Besonders chlorierte Kohlenwasserstoffe und Altöle stellen eine Bedrohung dar, weil selbst wenige Gramm dieser Substanzen große Mengen Wasser verunreinigen können (UFT, 2014). So sind nicht nur die Oberflächengewässer als Ökosysteme in Gefahr, sondern auch die Versorgung mit sauberem Wasser.

Die Umweltbildung ist eine der vier Säulen der naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung (vergleich hierzu Kapitel 3.3). Die Schonung der Ressource Wasser ist ein wichtiger Aspekt dieser Umweltbildung. Das Bewusstsein, dass lediglich 1% der Wasservorräte der Erde Trinkwasser ist, muss zwangsläufig zu einem Umdenken in den eigenen Verbrauchsgewohnheiten sowie in der industriellen Nutzung führen. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes liegt alleine in Deutschland der Gesamtwasserverbrauch je Einwohner und Tag bei 121 Litern (Statistisches Bundesamt, 2010). Wasser ist demnach eine unentbehrliche und schützenswerte Ressource, die eine entscheidende Rolle in vielen Bereichen des Lebens

spielt. Tiere und Pflanzen benötigen es, im Haushalt verwenden wir es zum Waschen und Kochen. In der Industrie dient es unter anderem als Transport-, Kühl- und Lösungsmittel; die Landwirtschaft verbraucht große Mengen zur Bewässerung. Trinkwasser ist hierzulande überall verfügbar, auch die Abwasserreinigung funktioniert reibungslos. 2010 waren in Deutschland 99,3% der Bevölkerung an das öffentliche Trinkwassernetz angeschlossen. 2011 wurden 8563 Mio. Kubikmeter Abwasser in 5668 Kläranlagen gereinigt (DWA, 2011). Diese bemerkenswerte Maschinerie ist mittlerweile für den Großteil der Bevölkerung zur Selbstverständlichkeit geworden – das ändert nichts an der Bedeutung der Thematik (Heintz & Reinhardt, 1996).

In der „Europäischen Wasser-Charta“ von 1968 heißt es:

„Die Vorräte an gutem Wasser sind nicht unerschöpflich. [...] Wasser verschmutzen heißt, den Menschen und allen anderen Lebewesen Schaden zuzufügen.“

Um Epidemien vorzubeugen, die Verfügbarkeit von Trink- und Betriebswasser sicherzustellen und die Umwelt nachhaltig zu schützen, kommen verschiedene Methoden der Wasseraufbereitung zum Einsatz.

Im Folgenden werden die gängigen Verfahren in Kläranlagen und Wasserwerken erklärt.

5.1.2. Behandlung von Abwässern

Sammeln des Abwassers

Es gibt grundsätzlich zwei Vorgehensweisen zum Sammeln von Abwässern: Misch- und Trennsysteme.

Bei Mischsystemen gibt es nur ein Kanalnetz, in dem sämtliche Abwässer gesammelt zur Kläranlage geleitet werden. Der Vorteil dieser Methode ist der einfache und damit kostengünstige Aufbau der Kanalisation. Da allerdings nicht zwischen privatem Abwasser, gewerblichem Abwasser und Regenwasser unterschieden wird, ist die anfallende Menge des zu klärenden Wassers sehr hoch. Außerdem können starke Niederschläge dazu führen, dass die Kläranlage das Mischwasser nicht bewältigen kann und es unmittelbar in das entsprechende Gewässer (Vorfluter genannt) geleitet werden muss.

Bei Trennsystemen dagegen wird das Regenwasser unabhängig vom eigentlichen Abwasser in eigenen Kanälen gesammelt und direkt in Oberflächengewässer eingeleitet. Auch stark belastete Industrieabwässer können getrennt gesammelt und geklärt werden, eventuell

auch direkt vor Ort. Größter Nachteil des Trennverfahrens sind die zusätzlich benötigten Abwasser- bzw. Regenwasserrohre, deren Installation und Wartung mit enormen Kosten verbunden ist (UFT, 2014).

Reinigungsschritte in einer Kläranlage

Die gesammelten Abwässer durchlaufen in einer Kläranlage mehrere Reinigungsschritte, bevor sie in den Vorfluter geleitet werden. Man unterteilt dabei in mechanische, biologische und chemische Stufe (siehe Abbildung 5.1).

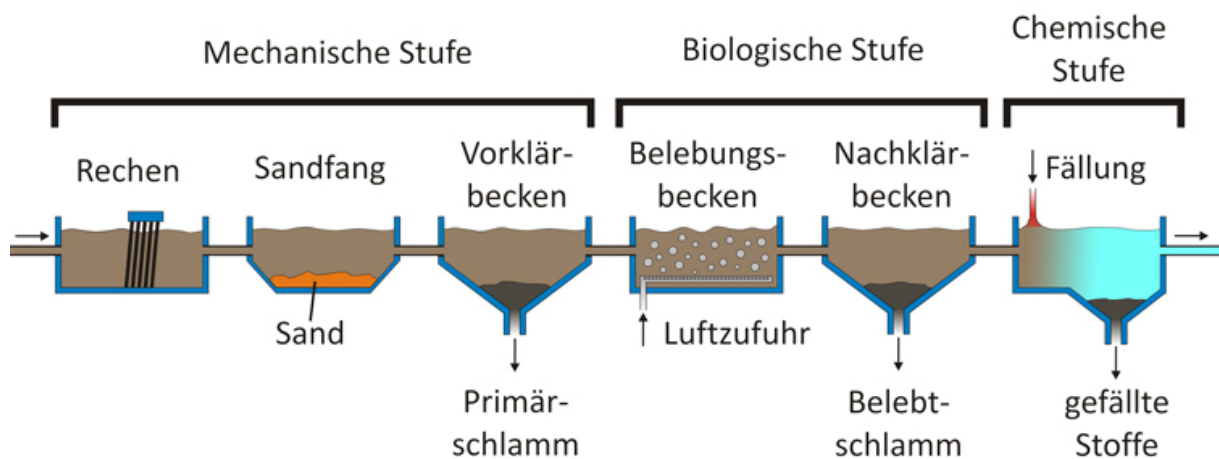


Abbildung 5.1: Schema einer Kläranlage. Links der Einlauf, rechts der Auslauf in den Vorfluter.¹¹

Alle Prozesse werden in der zentralen Leitwarte überwacht und gesteuert.



Abbildung 5.2: Zentrale Leitwarte der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.¹²

In der MECHANISCHEN STUFE werden mit Rechen zunächst grobe Verunreinigungen wie Äste und Plastiktüten entfernt, für kleineres Treibgut kommen Feinrechen und Siebe zum Einsatz. Im Sandfang wird die Fließgeschwindigkeit so weit herabgesetzt, dass sich mitgespülter Sand am Boden des Beckens absetzt. Das trichterförmige Vorklärbecken (Abbildung 5.3) arbeitet

¹¹ Abbildung in Kooperation mit Frederik Philippi erstellt.

¹² Abbildung: Foto von Frederik Philippi

nach dem gleichen Prinzip: Durch eine Verringerung der Fließgeschwindigkeit setzen sich feinste, wasserunlösliche Schwebstoffe am Boden ab und werden von Schiebern in die Mitte befördert, wo sie abgepumpt werden können. Der so erhaltene Schlamm wird als Primärschlamm bezeichnet (Baars, 1998).



Abbildung 5.3: Vorklärbecken der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.¹³

Der erste Reinigungsschritt in der BIOLOGISCHEN REINIGUNGSTUFE findet in dem Belebungsbecken statt. In ihm werden gelöste Stoffe und übrig gebliebene feine Schwebeteilchen durch Mikroorganismen, wie Bakterien oder Pilze, oxidiert. Dieser Vorgang entspricht dem der natürlichen Selbstreinigung von Gewässern. Um die Prozesse zu beschleunigen, sorgt man durch Maßnahmen, wie dem Einblasen von Sauerstoff für optimale Abbaubedingungen. Beim Abbau entsteht der Belebtschlamm, der im Nachklärbecken entfernt wird. Belebt- und Primärschlamm werden im Faulturm (Abbildung 5.4) gesammelt und auf etwa 37°C erwärmt. Hier entstehen unter Luftausschluss Methan und Kohlendioxid; dieses „Faulgas“ kann als Energiequelle genutzt werden. Der übrig bleibende, ausgefaulte Schlamm wird entwässert und je nach Schadstoffgehalt als Düngemittel verwendet, verbrannt oder in Deponien eingelagert (Baars, 1998).

¹³ Abbildung: Foto von Frederik Philippi



Abbildung 5.4: Faulturm der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.¹⁴

Je nach Grad der Belastung muss eine dritte, CHEMISCHE REINIGUNGSSTUFE nachgeschaltet werden. In dieser werden vor allem Phosphate mit geeigneten Fällungsmitteln ausgeflockt und abgetrennt. Allerdings ergibt sich hier das Problem der Entsorgung des Klärschlammes, der durch die ausgefällten Schadstoffe stark belastet wird (Heintz & Reinhardt, 1996).

Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB):

Ob eine vierte, weitere Reinigungsstufe notwendig ist, kann mithilfe des biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB) bestimmt werden, welcher in DIN EN 1899-1: 1998 (DIN EN 1899-1: 1998). Er gilt als wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Grades der Verschmutzung von Wasser durch organische Stoffe, wie Arzneimittelrückstände. Hierbei wird der Eigenverbrauch an elementar gelöstem Sauerstoff von 1 Liter Wasser in fünf Tagen bei 20 °C als Maßstab verwendet. Diese Größe wird dann als BSB₅-Wert bezeichnet (Schmidkunz, 1987). Zur Aufbereitung solcher Abwässer wird unter anderem Wasserstoffperoxid verwendet (Simmler, 1984; Simmler & Holzer, 1986).

¹⁴ Abbildung: Foto von Frederik Philippi

5.1.3. Trinkwassergewinnung

Herkunft des Rohwassers

Neben der Selbstreinigung der Gewässer existiert in der Natur noch ein zweiter großer Mechanismus zur Wasserreinigung: die Filterwirkung des Bodens. Einerseits werden Schadstoffe stark verdünnt, andererseits wirken die im Boden vorhandenen Tonminerale wie Ionenaustauscher, die vor allem Schwermetalle adsorbieren können. Auch Bodenlebewesen tragen zum Schadstoffabbau bei. Versickerndes Regen- oder Flusswasser wird so beim Passieren des Bodens gereinigt. Je länger der zurückgelegte Weg ist, desto sauberer das Wasser. Sickerwasser, das auf eine wasserundurchlässige Gesteinsschicht trifft und sich aufstaut, wird als Grundwasser bezeichnet. Dieses ist meist so sauber, dass es vor der Verwendung als Trinkwasser nur wenig aufbereitet werden muss.

In Deutschland machen Grund- und Quellwasser daher 70% der gesamten Trinkwasserversorgung aus (Statistisches Bundesamt, 2010).

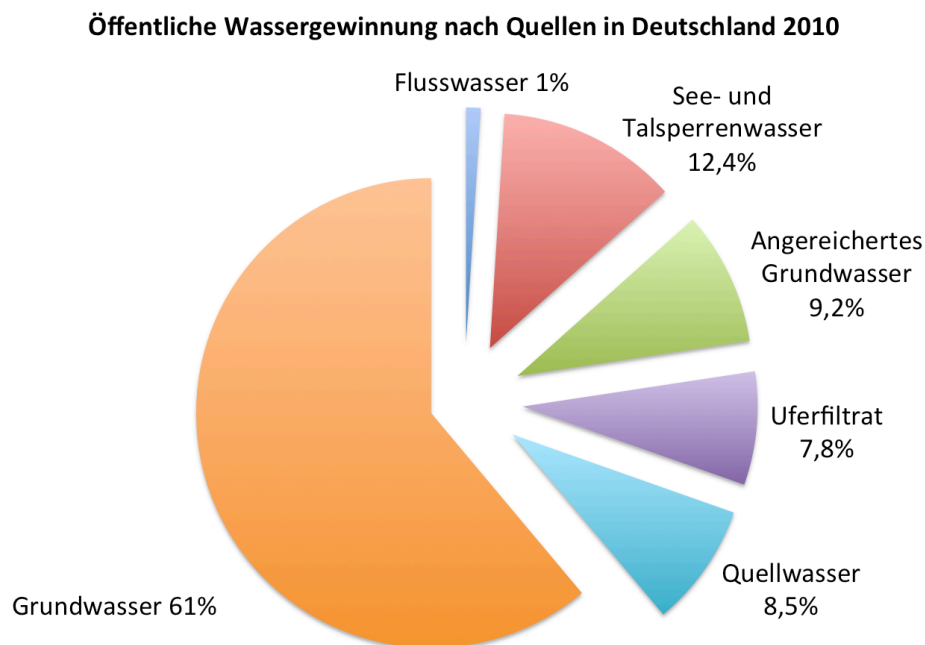


Abbildung 5.5: Verteilung der Trinkwassergewinnung in Deutschland nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2010).

Die Kapazität des Grundwassers ist allerdings begrenzt. Lässt die Filterwirkung eines Bodens beispielsweise durch Einwirkung von saurem Regen oder Schadstoffen nach, können unerwünschte Stoffe ins Grundwasser und damit in das Rohwasser von Wasserwerken gelangen. Neben vorbelastetem Wasser stellt auch übermäßige Grundwasserentnahme ein Problem dar. Da sich das Grundwasser nur sehr langsam bewegt und nachbildet, bildet sich um die Entnahmestelle ein Entnahmetrichter. Wird zu viel Grundwasser entnommen, sinkt der

Grundwasserspiegel – was wiederum die Vegetation bedroht. Bei der Grundwasseranreicherung handelt es sich um eine künstliche Erhöhung des Grundwasserspiegels durch Versickerung (Krauss, 1994).

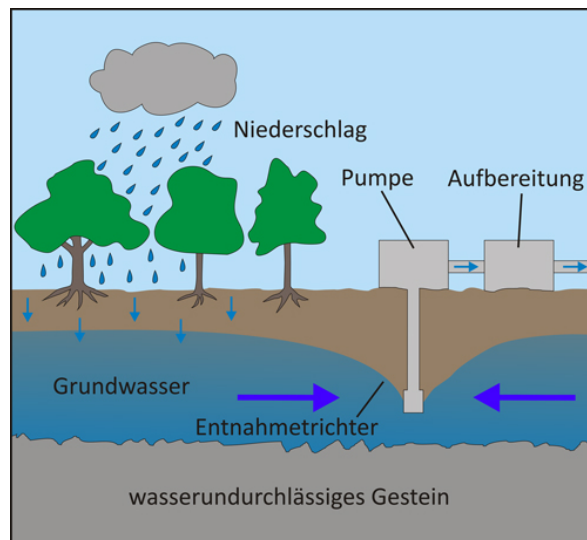


Abbildung 5.6: Grundwasser ist wegen der Filterwirkung des Bodens meistens sehr sauber. Allerdings wird es nur langsam nachgebildet, so dass im Einzugsgebiet ein Trichter gebildet wird.¹⁵

Wenn sich im Einzugsbereich des Entnahmetrichters ein Fluss befindet, spricht man von Uferfiltrat. Je näher der Fluss der Entnahmestelle ist, desto größer der Durchsatz und damit die langfristig förderbare Menge. Andererseits nimmt mit sinkender Entfernung auch die Filterwirkung ab, und das gewonnene Rohwasser muss stärker nachbehandelt werden. Dennoch ist der Einsatz von Uferfiltrat wesentlich wirtschaftlicher als das aufwändige Reinigen von direkt gefördertem Flusswasser.

Besonders sauber ist Rohwasser, das aus der Direktentnahme aus tiefen Seen oder Talsperren stammt (Baars, 1998). Diese Gewinnungsweise macht nach Angaben des Statistischen Bundesamtes in Deutschland etwa 12% der Gesamtmenge aus (Statistisches Bundesamt, 2010).

Ein letztes Verfahren ist eher in heißen und trockenen Gegenden von Bedeutung: die Meerwasserentsalzung (Borchard-Tuch, 2004). Da die Destillation zwar einfach, aber auch sehr energieaufwändig ist, greift man hier meist zur Umkehrosmose. Bei der Osmose diffundiert ein Lösungsmittel von der Seite der niedrigeren Konzentration der gelösten Stoffe (zum Beispiel die Salze in Meerwasser) durch eine semipermeable Membran und übt dabei einen bestimmten Druck aus – den osmotischen Druck. Wird ein höherer Druck als der osmotische Druck des Systems auf der Seite höherer Konzentration der gelösten Stoffe ausgeübt, so an-

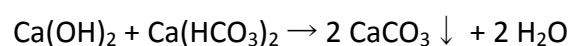
¹⁵ Abbildung in Kooperation mit Frederik Philippi erstellt.

dert sich die Richtung des Lösemittelflusses – man spricht dann analog von Umkehrosmose. Auf diese Weise lässt sich je nach Aufwand salzarmes bzw. salzfreies Wasser gewinnen (UFT, 2014).

Wasseraufbereitung in Wasserwerken

Da Rohwasser je nach Herkunft und Fördermethode unterschiedliche Stoffe enthält, sind auch spezifische Aufbereitungsmethoden vonnöten. Zur Entfernung von Schwebstoffen passiert das Rohwasser meist zunächst mehrere Filter verschiedener Porengröße. Dieser Filtrierung kann auch eine Enteisenung vorgeschaltet sein: Dabei wird Sauerstoff eingeleitet, so dass Eisen(II)-Ionen oxidiert und ausgefällt werden. So verhindert man, dass selbige Reaktion unter Umständen in den Leitungen stattfindet, wo sich das entstehende (wasserunlösliche) Eisen(III)-hydroxid an den Wänden ansammelt (UFT, 2014).

Auch besonders hartes Wasser neigt zu Ablagerungen: Die härtebildenden Calcium- und Magnesiumsalze fallen beim Erhitzen aus und bilden dabei den sogenannten „Kesselstein“. Außerdem kann beim Waschen mit hartem Wasser Kalkseife entstehen (Baars, 1998). Aus diesen Gründen wird in Wasserwerken, die extrem hartes Wasser aufbereiten müssen, eine Enthärtung vorgenommen. Von Bedeutung sind hier die Ausfällung mit Calciumhydroxid (UFT, 2014) und das Verwenden von Ionenaustauschern (Weißhorn, 1995). Bei der Fällung mit Calciumhydroxid wird härtebildendes Calciumhydrogencarbonat als unlösliches Calciumcarbonat ausgefällt:



Da ein Teil des Wassers zum Trinken und Kochen verwendet wird, muss das Trinkwasser hygienisch einwandfrei sein. Besonders in Frankreich weit verbreitet ist die Chlorung des Trinkwassers (beispielsweise mit Chlordioxid), dabei werden Keime abgetötet. Etwas schonender ist die Behandlung mit Ozon oder UV-Licht.

Sehr effektiv zur Entfernung einer großen Bandbreite an Schadstoffen ist die Filterung durch Aktivkohle. Diese adsorbiert viele organische Stoffe inklusive Herbiziden und Pestiziden. Nachteil ist das kostspielige Austauschen von beladenen Aktivkohlefiltern, deren Aufnahmekapazität überschritten wurde.

5.2. Das Experimentalpraktikum

5.2.1. Didaktische Reduktion

Die DIDAKTISCHE REDUKTION ist das fachdidaktische Bemühen, „einen Lerngegenstand so aufzubereiten, dass er dem Lernenden leichter oder überhaupt erst zugänglich wird“ (Pfeifer et al., 2002, S. 181).

Zur Darstellung der vorgestellten fachwissenschaftlichen Inhalte in der Klassenstufe 5 bedarf es einer Elementarisierung. Das Experimentalpraktikum wird für viele Schülerinnen und Schüler die erste Gelegenheit zum eigenständigen Experimentieren sein.

In diesem Kontext erscheint es mir sinnvoll, die fachinhaltlichen Aspekte des Themas auf phänomenologischer Basis in den Vordergrund zu rücken. Es wird als zentraler Aspekt der Schonung der Ressource Wasser die „Kläranlage“ im Vordergrund stehen. Da, wie in den Erläuterungen zum Lehrplankontext folgen wird, die Kläranlage schon thematisch in der Grundschule angesprochen wird, erscheint mir die Anknüpfung an genau dieser Stelle sinnvoll. Ein Grundprinzip des Modells vom Erfolgreichen Lernen besagt, dass für einen Lernprozess ein gewisses Maß an Vorwissen vorhanden sein muss (Vergleiche hierzu Kapitel 3.4.2).

Darüber hinaus sind die Prozesse in einem Wasserwerk, z.B. die Verwendung von Ionenaustauschern, dem Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler nicht gerecht. Auch einfache Versuche oder stark elementarisierte Sachverhalte sind für die angesprochene Altersstufe nicht zu verstehen. Gemäß der COGNITIVE-LOAD-THEORY würde dieses komplexe Thema in dieser Altersstufe zu einem hohen INTRINSIC-COGNITIVE-LOAD führen. Die Folge wäre ein sogenannter COGNITIVE-OVERLOAD, welcher zur Folge hätte, dass der Lernprozess stark gehemmt oder gar nicht stattfinden würde (vergleiche hierzu Kapitel 3.4.2).

In dem Experimentalpraktikum wird die mechanische Wasserreinigung im Vordergrund stehen. Zum einen dürfen aus Sicherheitsgründen keine biologisch verunreinigten Abwässer verwendet werden (biologische Reinigungsstufe) und zum anderen ist der Prozess der Fällung in der chemischen Reinigungsstufe für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 nicht nachvollziehbar. Die mechanische Reinigungsstufe bietet zudem die Möglichkeit, physikalische Trennungsprozesse (z.B. Sieben) zu thematisieren. Diese Art der Stofftrennung ist bereits für diese Altersstufe (9-12 Jahre) geeignet (Bellmann & Markic, 2013).

5.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 5

Im saarländischen Lehrplan wird das Thema Wasser an mehreren Stellen erwähnt. Bereits im Sachunterricht der ersten und zweiten Klasse sind Versuche mit dem Thema Wasser Teil der Kompetenzerwartungen. Besonders die Inhalte des Lehrplans zum Sachunterricht der dritten und vierten Klasse passen in das Konzept dieses Kapitels: Hier wird der Besuch eines Wasserwerks oder einer Kläranlage vorgeschlagen. Die Versuche (ohne den Vorversuch) lassen sich gut in den Unterrichtsverlauf integrieren, da für beide Aufgaben etwa 90 Minuten in Anspruch genommen werden.

Auch die neuen kompetenzorientierten Lehrpläne für den Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufe 5 bieten Raum für die Versuche. Ein Bestandteil des Themengebiets „Unbelebte Stoffe“ ist das „Wasser“. Unter den fachwissenschaftlichen Kompetenzen wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler „Beispiele für Stoffe, die sich gut in Wasser lösen lassen und solche, die nicht/kaum in Wasser löslich sind“, nennen können. In den Handlungsdimensionen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) wird das Durchführen von Experimenten zur Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser genannt. (Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes, 2012, S. 15).

Der Kontext „Wasserreinigung“ bietet einen idealen Rahmen, die oben genannten Kompetenzbereiche zu realisieren. Das Experimentiermodul versteht sich als eine Unterrichtseinheit, die ca. fünf Schulstunden in Anspruch nimmt. Der vorbereitende Unterricht (ca. zwei Unterrichtsstunden) liefert das Vorwissen für das Experimentalpraktikum (ca. zwei Unterrichtsstunden). In der nachbereitenden Unterrichtsstunde wird das angeeignete Wissen vertieft und thematische Besonderheiten diskutiert.

5.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum

Die beiden vorbereitenden Unterrichtsstunden legen die Grundlagen für das Verständnis und die sachlogische Eingliederung des Experimentierens in die Unterrichtsreihe des Naturwissenschaftsunterrichts. Die Stundengestaltung lag während der Durchführung der Studie in den Händen der jeweiligen Lehrkräfte. Da das Thema „Wasserreinigung im Kontext einer Kläranlage“ nicht explizit im Lehrplan genannt wird, wurden für den vorbereitenden schuli-

schen Unterricht Materialien entwickelt, sodass ein inhaltlich gleicher Rahmen für alle Schulklassen gewährleistet war (siehe Anhang 5.1-5.4)¹⁶.

Mit den Lehrkräften wurden im Vorfeld folgende Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum abgestimmt:

Die Schülerinnen und Schüler

- nennen Beispiele für Stoffe, die sich gut in Wasser lösen lassen und solche, die nicht/kaum in Wasser löslich sind. [Wissen]
- beschreiben verschiedene Reinigungsstufen einer Kläranlage [Anwendung]
- skizzieren den Aufbau einer Kläranlage [Anwendung]

5.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele

5.2.4.1. Kompetenzbereiche

Die Kultusministerkonferenz hat 2005 für Deutschland verbindliche BILDUNGSSTANDARDS im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss eingeführt (KMK, 2005b; MNU 2007). Diese Bildungsstandards des Faches Chemie werden in vier verschiedene Kompetenzbereiche unterteilt: die Inhaltsdimension FACHWISSEN und die drei Handlungsdimensionen ERKENNTNISGEWINNUNG, KOMMUNIKATION UND BEWERTUNG (Kirsch, 2014). Für einige der Kompetenzbereiche der Klassenstufe 10 werden mit den beiden Themenmodulen der Klassenstufe 5 Grundsteine gelegt. Dabei werden folgende Kompetenzbereiche des Faches Chemie angesprochen:

Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften.

(F 1.1)

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind.

(E1)

¹⁶ Anmerkung: diese Materialien wurden unter fachdidaktischen Gesichtspunkten entwickelt. Dabei wurde auch darauf geachtet, dass der EXTRINSIC COGNITIVE LOAD (Belastung, welche durch das Lernmaterial selbst hervorgerufen werden kann) so gering wie möglich gehalten wird.

- planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen. (E2)
- führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese. (E3)
- beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte. (E4)
- erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten. (E5)

Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler ...

- stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt). (K3)
- planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team. (K10)

Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler ...

- diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven.(B5)

5.2.4.2. Lernziele

Stundenziel: Die Schülerinnen und Schüler probieren sich beim Experimentieren aus und sammeln Erkenntnisse über die Reinigung von Wasser.

Die folgende Tyler-Matrix systematisiert die Erwartungen (Lernziele) hinsichtlich Verhalten (Wissen, Verständnis, Anwendung und Analyse oder Bewertung) und Inhalt. Die Inhaltsdimension untergliedert das Thema in sachlogische Teilkomplexe. Die Verhaltensdimension unterteilt nach der kognitiven Taxonomie nach Bloom (1972) (Klauer, 1987).

Die Schülerinnen und Schüler...

Dimension Inhalt	Wissen	Verständnis	Anwendung	Analyse/Bewertung
Experimentelle Kompetenzen	...benennen verschiedene Laborgeräte.	...erklären, wieso man einen Filter speziell falten muss.	...beschreiben, wie man einen Filter sinnvoll faltet. ...beschreiben den Vorgang einer Filtration.	...analysieren anhand von Fallbeispielen, ob ein Filter richtig gefaltet wurde.
Fachinhaltliche Kompetenzen	...nennen verschiedene Arten von Verschmutzungen.	...erklären, wie ein natürlicher Filter aufgebaut sein muss, damit er eine möglichst gute Säuberungswirkung hat.	...beschreiben ein Experiment, mit dem man einen natürlichen Filter nachbauen kann. ...beschreiben einen Versuch zur Entfernung des Tons aus dem Wasser. ...beschreiben einen Versuch zur Entfernung der grünen Farbe im Reinigungsversuch	...analysieren den Aufbau einer Kläranlage ...vergleichen die eingesetzten Methoden mit verschiedenen Reinigungsschritten der Kläranlage

Abbildung 5.7: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul „Wasserreinigung“

5.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum

Pro Arbeitsplatz werden folgende Geräte benötigt:

Geräte	Menge
Becherglas (250 oder 500 ml)	2
Sieb	1
(Grüner) Trichter	1
Spatel	1
Erlenmeyerkolben (100ml)	1
Filterpapier	10
Trichter	1

Abbildung 5.8: Geräte für jeden Arbeitsplatz

Anmerkung: Beim „grünen“ Trichter handelt es sich um einen handelsüblichen Regenmessbecher, welcher an der Unterseite durchbohrt wurde. Die Bohrung ist so groß, dass bei dem eingesetzten Schmutzwasser keine Filterwirkung auftritt. Die Filterwirkung wird also auf die Steine und nicht auf den Trichter per se zurückgeführt.

Pro Arbeitsplatz werden folgende „Chemikalien“ benötigt:

Chemikalien	Menge
Schnappdeckelglas mit Blumenerde	1
Schnappdeckelglas mit Ton	1
Schnappdeckelglas mit Aktivkohle	1
Tropfflasche (50 ml) mit Lösung aus grüner Tinte	1
Behälter mit Schmutzwasser	1

Abbildung 5.9: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz

Anmerkung: Das Schmutzwasser wird aus Sicherheitsgründen selbst hergestellt. Das hier verwendete Schmutzwasser besteht aus Ton, Tinte, Blumenerde und Wasser. Die Stoffe sind so ausgewählt, dass sie durch die Aufgabe 1 schon bekannt sind. Auf Verunreinigungen biologischer oder chemischer Basis wird verzichtet, da nur die mechanische Wasserreinigung im Vordergrund steht.

In der Praxis sieht die Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz wie folgt aus:



Abbildung 5.10: Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz

Zentral für alle nutzbar sind Kies und eine Zerkleinerungsvorrichtung verfügbar.



Abbildung 5.11: Zerkleinerungsvorrichtung und Steine

Alle Schülerinnen und Schüler erhalten darüber hinaus einen Schutzkittel und eine Schutzbrille. Für die Klassenstufe 5 empfiehlt es sich, ein extra Sortiment von kleinen Laborkitteln vorzuhalten.

5.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift

Die Lernumgebung NanoBioLab bietet ideale Arbeitsbedingungen für Schülerinnen und Schüler. Deshalb müssen die Aufgabenstellungen bestimmte Kriterien erfüllen. Zehren (2009) leitet aus dem „Modell vollständigen Wissens“ (Neber, 1994) folgende Bedingungen ab:

- Die Aufgabenstellungen müssen derart überschaubar formuliert sein, dass Schülerinnen und Schüler eine Forschungsfrage selbst und ohne Hilfestellung formulieren können.
- Vorwissen muss vorhanden sein.
- Alles erforderliche Experimentiermaterial muss für die Schülerinnen und Schüler möglichst frei wählbar sein.
- Die Befunde müssen von den Lernenden interpretierbar sein.
- Alternative Lösungswege sollen erkenn- und planbar sein.
- Die Interpretation der Befunde soll Denkprozesse anstoßen.
- Die Befunde sollen dazu animieren, weitere Untersuchungen anzustoßen.

Für Versuchsvorschriften im Rahmen eines SCHÜLERLABOR-ON-TOUR MODELLS, welche denselben didaktischen Grundlagen wie das Experimentieren im Schülerlabor selbst unterliegen, sind dieselben Kriterien zutreffend.

Die Konzeption einer Versuchsvorschrift für Forschendes Experimentieren in der Klassenstufe 5 unterlag besonderer Aufmerksamkeit, da ein Großteil der Schülerinnen und Schülern, welche an der Studie teilnahmen, noch nie zuvor experimentiert hatten. Es wurde Wert auf eine einfache, fachlich korrekte¹⁷ Sprache gelegt. Die Leseschnelligkeit der Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 spielt ebenso eine wichtige Rolle. Diese wird als deutlich geringer als in Mittel- und Oberstufe angesehen. Um die zeitliche Belastung so gering wie möglich zu halten, galt das Prinzip „nur so viele Worte wie nötig und so wenige wie möglich“. Dies erscheint ebenso aus Sicht der COGNITIVE-LOAD-THEORY sinnvoll: Die extrinsische kognitive Belastung bleibt gering, weil die kognitiven Ressourcen sich nur auf die naturwissenschaftlichen Inhalte und nicht auf das Verstehen von komplexen Texten konzentrieren müssen (Brünken

¹⁷ Wenn auch didaktisch reduzierte

& Seufert, 2006). Ferner regt diese Form der Versuchsvorschriften auch die Kreativität beim Experimentieren an (vgl. Kapitel 4.3 Schülerlabore und Forschendes Experimentieren).

Ein einleitender Informationstext soll das in dem vorangegangenen Unterricht erworbene Vorwissen aktivieren. Die Aufgaben berücksichtigen die Unerfahrenheit der Lernenden. Es werden stets Angaben über die benötigten Materialien gemacht. Dies erscheint sinnvoll, da die Schülerinnen und Schüler während des Praktikums den vollen Zugriff auf alle Materialien für alle Versuche haben. In den Vorerprobungen des Themenmoduls zeigte sich nämlich, dass die Lernenden Schwierigkeiten hatten, aus dem gesamten Repertoire die benötigten Geräte für einen bestimmten Versuch selbst auszusuchen.

Die Protokollführung wird erleichtert, indem bei den entsprechenden Aufgaben direkt Platz für Notizen vorhanden ist. Die Vorerprobungen der beiden Themenmodule für die Klassenstufe 5 haben gezeigt, dass diese Form des Protokolls am effektivsten für die Nachbesprechung ist, da Notizen und die Aufgabe direkt visuell miteinander verknüpft sind.

5.2.7. Die Versuchsvorschrift

Wasserreinigung

Wasser ist überall. Wir benutzen es zum Waschen, Kochen und natürlich zum Trinken. Ohne Wasser könnten wir nicht leben, und zum Glück gibt es bei uns genügend sauberes Leitungswasser.

Was ist aber mit dem Wasser in der Natur, in Pfützen, Flüssen und Seen? Es ist oft stark verschmutzt, deswegen kann man es nicht als Trinkwasser verwenden.

Verschmutzt heißt, dass das Wasser verschiedene Stoffe enthält, die es für uns Menschen ungenießbar machen.

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen all diese Stoffe entfernt werden. Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher gereinigt, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.



Versuch 1:

Gib verschiedene Materialien in sauberes Wasser und beobachte, wie sie sich auf die Sauberkeit auswirken.

Teste auch mehrere Stoffe auf einmal.

Material:

Blumenerde, Ton, Tinte

Notiere deine Beobachtungen:

Versuch 2:

Versuche, das Flusswasser möglichst gut zu reinigen. Am Ende soll das Wasser möglichst sauber und durchsichtig sein.

- a) Versuche aus einem der grünen Trichter und Kies einen natürlichen Filter zu bauen, um alle groben Verunreinigungen zu entfernen.

Material: Schmutzwasser (in weißem Behälter), Kies, grüner Trichter

Notiere deine Beobachtungen:

- b) Reinige das gefilterte Wasser aus Aufgabe 2a weiter, bis es ganz sauber und durchsichtig ist.

Material: Schmutzwasser (in weißem Behälter), Filterpapier/Trichter, Aktivkohle, Sieb, grüner Trichter

Notiere deine Beobachtungen:

Welche Stoffe, die du aus Aufgabe 1 kennst, könnten vorhanden gewesen sein?

Was ließ sich gut entfernen, was nicht?

5.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung

Die blaue Umrandung kennzeichnet die Ausschnitte aus der Versuchsvorschrift. Anschließend werden die einzelnen Versuche um Hinweise zur Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung ergänzt.

Versuch 1:

Gib verschiedene Materialien in sauberes Wasser und beobachte, wie sie sich auf die Sauberkeit auswirken.

Teste auch mehrere Stoffe auf einmal.

Material:

Blumenerde, Ton, Tinte

Versuchsdurchführung:

Blumenerde, Ton und Tinte werden in jeweils separaten Bechergläsern mit Wasser vermischt. Anschließend werden alle die Stoffe zusammen in ein Becherglas mit Wasser gegeben und umgerührt. Der Ton wird in beiden Fällen vorher zerrieben.

Beobachtung:

In dem Becherglas, in dem Blumenerde mit Wasser vermischt wurde, sind feste Bestandteile der Blumenerde zu erkennen. Das Wasser ist nach wie vor klar.

In dem Becherglas, in dem Ton mit Wasser vermischt wurde, sind kleinere feste Bestandteile des Tons zu erkennen. Das Wasser zeigt nun eine bräunliche Trübung.

In dem Becherglas, in dem Wasser mit grüner Tinte vermischt wurde, lassen sich keine festen Bestandteile beobachten. Das Wasser ist grünlich verfärbt, zeigt aber keine Trübung im Vergleich zum Ton.

Deutung:

Blumenerde löst sich in Wasser nicht. Ton schlemmt in Wasser auf und verursacht so eine Trübung. Tinte löst sich in Wasser.

Versuch 2:

Versuche, das Flusswasser möglichst gut zu reinigen.
Am Ende soll das Wasser möglichst sauber und durchsichtig sein.

- a) Versuche aus einem der grünen Trichter und Kies einen natürlichen Filter zu bauen, um alle groben Verunreinigungen zu entfernen.

Versuchsdurchführung:

In den grünen Trichter wird Kies gegeben. Das Schmutzwasser wird durch diesen Kies geschüttet und unterhalb des grünen Trichters mithilfe eines Becherglases (oder Erlenmeyerkolbens) aufgefangen. Anschließend wird der Kies zerkleinert, um die Filterwirkung zu verbessern. Der zerkleinerte Kies wird wieder in den grünen Trichter gegeben und man lässt wiederum das Schmutzwasser durchlaufen.



Abbildung 5.12: Zwei Schülerinnen filtern Wasser mit einem natürlichen Filter



Abbildung 5.13: Schüler zerkleinert Steine

Beobachtung:

Bevor der Kies zerkleinert wird, kann man beobachten, dass sich grobe Verunreinigungen der Blumenerde in den Zwischenräumen ablagern. Nach der Zerkleinerung bleiben auch feine Verunreinigungen der Blumenerde in den Zwischenräumen hängen. Das Filtrat weist eine ähnlich bräunliche Trübung auf, wie aus Aufgabe 1 (Mischung mit Ton) bekannt ist.

Deutung:

Die Größe der Zwischenräume ist für die Filterwirkung verantwortlich. Große und kleine Steine gemischt erweisen sich als sehr gute natürliche Filter, weil dadurch möglichst kleine Zwischenräume gebildet werden. Der natürliche Filter eignet sich zum Entfernen der groben Verunreinigungen, die durch die Blumenerde entstanden sind.

Die bräunliche Trübung deutet darauf hin, dass Ton in dem Schmutzwasser vorhanden sein könnte.

Versuch 2:

b) Reinige das gefilterte Wasser aus Aufgabe 2a weiter, bis es ganz sauber und durchsichtig ist.

Material: Schmutzwasser (in weißem Behälter), Filterpapier/Trichter, Aktivkohle, Sieb, grüner Trichter

1. Versuchsdurchführung :

Das durch den natürlichen Filter vorgereinigte Schmutzwasser aus Aufgabe 2a wird nun zunächst mit einem Kaffeefilter gereinigt. Dazu faltet man diesen zweimal jeweils in der Mitte, klappt diesen auf und legt ihn in einen Trichter. Das Schmutzwasser wird mit dem Filter gereinigt.

1. Beobachtung:

Das Filtrat weist keine bräunliche Trübung mehr auf. Im Filter können bräunliche Rückstände (Ton) beobachtet werden. Das Filtrat ist nun klar, jedoch grünlich verfärbt.

1. Deutung:

Ein Kaffeefilter hat kleinere Zwischenräume (Poren) als der natürliche Filter aus Aufgabe 2a. Die kleinen Tonpartikel können so herausgefiltert werden. Die grünliche Verfärbung des Filtrats deutet auf das Vorhandensein von grüner Tinte (bekannt aus Aufgabe 1). Ein weiterer Reinigungsschritt ist notwendig.

2. Versuchsdurchführung :

Das grünliche Filtrat aus dem vorherigen Versuch wird mit Aktivkohle versetzt und kräftig umgerührt. Anschließend wird dieses Gemisch wie beim ersten Versuch gefiltert.

2. Beobachtung:

Nach Aktivkohlezugabe „verfärbt“ sich das grünliche Schmutzwasser tiefschwarz. Die Aktivkohle bleibt bei der Filtration im Filter zurück. Das Filtrat ist klares Wasser.

2. Deutung:

Die Farbpartikel sind so klein, dass die Poren des Kaffeefilters nicht ausreichen, um sie zu entfernen. Aktivkohle dient mit seiner großen Oberfläche als „Schwamm“ für die grünen Farbpartikel. Die Aktivkohleteilchen sind selbst jedoch so groß, dass sie im Kaffeefilter zurückbleiben.



Abbildung 5.14: Von Schülern gereinigtes Wasser

6. Das Experimentiermodul „Fette und Öle“ für die Klassenstufe 5

Das folgende Modul ist in Kooperation mit Patric Koch entstanden, welcher über dieses Themenmodul seine wissenschaftliche Abschlussarbeit verfasst hat. Die fachinhaltliche Entwicklungsarbeit des Praktikums sowie die Konzeption von Unterrichtsmaterialien und Testinstrumenten, fand aber vor Beginn seiner Arbeit statt. Schwerpunkt seiner Arbeit war die Durchführung des Praktikums und ein Teil der damit verbundenen wissenschaftlichen Untersuchung zur aktuellen Motivation (bezogen auf dieses eine Themenmodul).

Die Studie zu diesem Themenmodul ist in Kapitel 8 zu finden.

6.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas

6.1.1. Definition, Aufbau und Eigenschaften von Fetten

Wasserunlösliche Ester langkettiger, meist unverzweigter Carbonsäuren, nennt man LIPIDE (griechisch: *lipos* = Fett). Genauer betrachtet handelt es sich bei Lipiden um Derivate langkettiger, aliphatischer Carbonsäuren. In diesem Zusammenhang spricht man von FETTSÄUREN. Diese Derivate gehören zu den Grundbausteinen einer Zelle und kommen somit in der Natur häufig vor.

Die Bezeichnung „FETT“ bzw. „FETTE ÖLE“ leitet sich von der Konsistenz entsprechender Triacylglycerine unter Raumbedingungen ab. Fette sind unter Raumbedingungen fest, während fette Öle flüssig bis zähflüssig sind (Braun, 1950).

Der Begriff „ÖL“ wird häufig als Sammelbegriff für verschiedene Stoffe benutzt, deren gemeinsame Eigenschaft darin beruht, dass sie dickflüssige organische Verbindungen sind.

Unter FETTEN ÖLEN wird flüssiges Fett bzw. Glycerolester, unter Mineralölen werden Kohlenwasserstoffe, unter ätherischen Ölen werden Terpen-Derivate verstanden.

Im folgenden Kapitel wird ausschließlich auf fette Öle eingegangen und fortan zur Vereinfachung der Begriff „Öl“ verwendet.

Der Unterschied im Aggregatzustand von Fetten (fest) und Ölen (flüssig bis zähflüssig) ist bedingt durch den Aufbau der jeweiligen Stoffe.

Allgemein sind Triacylglycerine Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin mit drei aliphatischen, meist unverzweigten Fettsäuren (Vergleiche Abbildung 6.1).

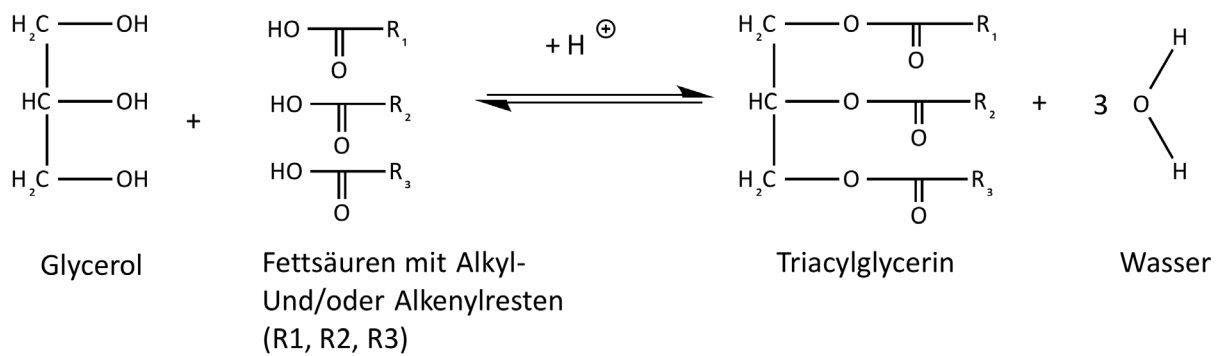


Abbildung 6.1: Säurekatalysierte Synthese von Triacylglycerinen aus Glycerin und drei Carbonsäuren
 Die Reste der Fettsäuren (R 1-3) können unterschiedlich oder aber auch identisch sein. Sind alle drei Reste identisch, so spricht man von einfachen Triacylglycerinen, sind diese unterschiedlich (R1 = R2 ≠ R3; R1 ≠ R2 = R3; R1 ≠ R2 ≠ R3) spricht man von gemischten Triacylglycerinen. Letztgenannte Kategorie ist in der Natur häufiger anzutreffen.

Zahl der C-Atome	Name	Formel	Schmelzpunkt(°C)
Gesättigte Fettsäuren			
12	Laurinsäure		44
14	Myristinsäure		58
16	Palmitinsäure		63
18	Stearinsäure		69
20	Arachinsäure		77
Ungesättigte Fettsäuren (Doppelbindungen: cis-konfiguriert)			
16	Palmitoleinsäure		0
18	Ölsäure		13
19	Linolsäure		-5
18	Linolensäure		-11
20	EPA ¹⁸		-50

Abbildung 6.2: Wichtige Carbonsäuren als Bestandteile von Fetten

¹⁸ Eikosapentaensäure

Die in den Fetten und Ölen vorkommenden natürlichen Fettsäuren besitzen, bedingt durch ihre biochemische Synthese, eine gerade Anzahl an C-Atomen (siehe Abbildung 6.2) (Latscha, Kazmaier & Klein, 2008).

Die Fettsäuren eines Triacylglycerins bestimmen dabei, ob es sich um ein Fett oder um ein Öl handelt. Fette sind Glycerolestern („Glyceride“) verschiedener Fettsäuren mit 12 bis 20 C-Atomen mit einem geringen Gehalt an ungesättigten Fettsäuren. Der Schmelzbereich von Fetten ist von der räumlichen Lage der Fettsäuren abhängig. Im Fall von Fetten spricht man von einer „regelmäßigen Packung“ der Fettsäuren. Die Länge der Fettsäureketten spielt dabei eine wichtige Rolle: je länger die Ketten, desto höher liegt der Schmelzbereich. Die Erklärung hierfür liefern Van der Waals'sche Wechselwirkungen, die mit steigender Kettenlänge zunehmen (Braun, 1950).

Öle zeichnen sich im Vergleich zu Fetten durch einen höheren Gehalt an ungesättigten Fettsäuren aus (alle *cis*-konfigurierte Doppelbindungen) (Latscha, Kazmaier & Klein, 2008). Diese *cis*-konfigurierten Doppelbindungen stören die Fettsäureketten, eine regelmäßige Packung zu bilden (vergleiche Abbildung 6.3).

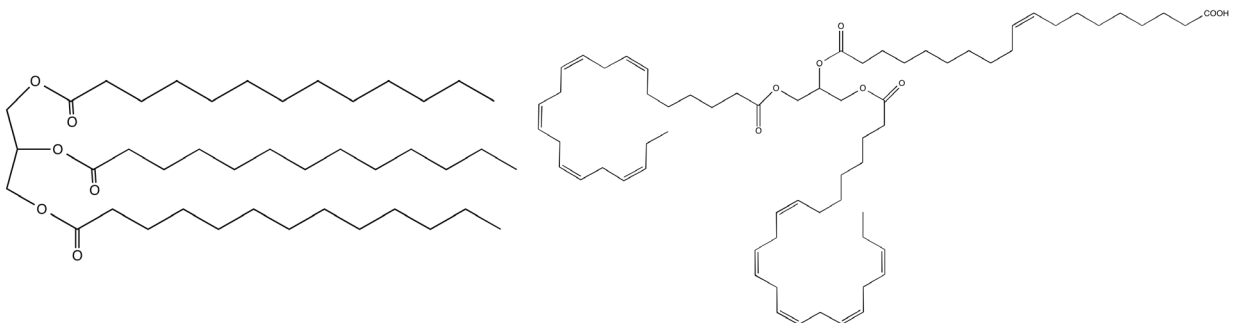


Abbildung 6.3: regelmäßige Packung (links), unregelmäßige Packung (rechts)

Zur Herstellung von Margarine aus Pflanzenöl müssen die ungesättigten Fettsäuren katalytisch hydriert werden („Fetthärtung“) (Baltes, Cornils & Frohning, 1975).

Natürlich vorkommende Fette und Öle sind jedoch keine Reinstoffe. Vielmehr sind sie arttypische, komplexe Gemische verschiedener Triacylglycerine (Bruice & Reiser, 2007). Die Eigenschaften eines Fettes werden von den veresterten Fettsäuren bestimmt: die Kettenlänge, die Anzahl der C=C Doppelbindungen sowie deren Lage und Konfiguration.

Die Zusammensetzung eines Naturstoffes, beispielsweise des Sonnenblumenöls, unterliegt je nach Herkunft und Erntezeitpunkt der Sonnenblumensamen gewissen Schwankungen. Derartige Schwankungen in der Zusammensetzung von natürlichen Fetten werden mit den Gewichtsprozenten der einzelnen Fettsäuren, aus denen die Triacylglycerine aufgebaut sein können, angegeben.

Infolge dieser heterogenen Zusammensetzung spricht man bei Fetten auch von einem Schmelzbereich und nicht von einem Schmelzpunkt.

Die Charakterisierung der Fettsäuren eines Triacylglycerins erfolgt über die Länge ihres Kohlenstoffgerüsts und die Zahl der olefinischen Bindungen. Dabei wird die Anzahl der C-Atome im Verhältnis zur Anzahl der Doppelbindungen angegeben (z.B. 18:1). Weitere Kenngrößen, wie die Lage der Doppelbindung ($\Delta^{n,m,\dots}$), die Säure-Zahl (SZ), die Verseifungszahl (VZ), die Ester-Zahl (EZ), die Iod-Zahl nach Kaufmann (IZ), die Peroxid-Zahl (POZ) sowie chromatographische und massenspektroskopische Untersuchungen, sind in der Analytik der Triacylglycerine von Bedeutung (vgl. Römpp-Lexikon-Chemie, 1995).

Neben Triacylglycerinen verschiedener Zusammensetzung enthalten natürliche Fette auch Begleitstoffe, wie unveresterte, freie Fettsäuren, fettlösliche Vitamine, Carotinoide, Ubichionone und phenolische Komponenten (Weber, Mukherjee & Warwel, 2001).

Sonnenblumenöl, welches auch Teil des Experimentalpraktikums ist, setzt sich aus Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure und Linolsäure zusammen. Die Gewichtsprozent sind in Abbildung 6.4 angegeben.

Gesättigte Fettsäuren		Ungesättigte Fettsäuren	
Palmitinsäure: (16:0) 5-7,6 %	Stearinsäure: (18:0) 2,7-6,5%	Ölsäure: (18:1 (Δ^9)) ¹⁹ 14-39,4 %	Linolsäure: (18:2 ($\Delta^{9,12}$)) 48,3-74 %

Abbildung 6.4: Fettsäurezusammensetzung des Sonnenblumenöls in Gewichtsprozent bezogen auf die Gesamtfettsäuren im Sonnenblumenöl nach Fiebig (2001)

Ein mögliches Triacylglycerin des Sonnenblumenöls könnte wie in Abbildung 5.5 aussehen. Hinsichtlich der Zusammensetzung der Triacylglycerin haben Forschungen belegt, dass Linolsäure vorwiegend an Position 2 gebunden wird. Öl- und Linolensäure können jedoch über alle Positionen verteilt sein (Baltes & Matissek, 2011).

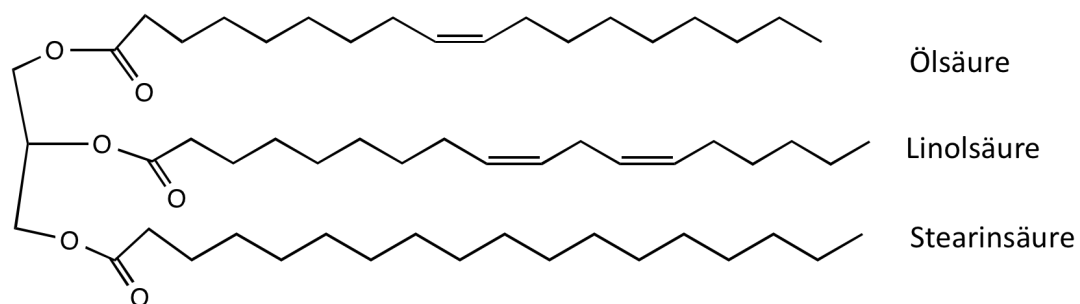


Abbildung 6.5: Exemplarisches Triacylglycerin des Sonnenblumenöls

¹⁹ Der Ausdruck $\Delta^{n,m,\dots}$ gibt Auskunft über die Lage der Doppelbindung. Die Nummerierung der Kohlenstoffatome beginnt bei dem C-Atom der Carboxylgruppe.

6.1.2. Vorkommen, Gewinnung und Verwendung

Vorkommen

Natürlich vorkommende Fette und Öle unterscheidet man neben ihren Eigenschaften auch hinsichtlich ihrer Herkunft. So unterscheidet man tierische und pflanzliche Fette und Öle. Tierische Fette enthalten Cholesterole, während pflanzliche Fette und Öle dazu isomere Phytosterole enthalten (Braun, 1950). Die meisten Fette sind tierischen Ursprungs, während Öle in der Regel aus Pflanzen gewonnen werden. Im Folgenden soll auf Gewinnung und Verwendung von Ölen eingegangen werden, da das Experimentalpraktikum hauptsächlich Öle thematisiert. Bekannte Pflanzen sind Mais, Sojabohnen, Lein, Raps, Oliven und Erdnüsse.

Gewinnung

In der Weltwirtschaft spielt die Produktion von Fetten und Ölen eine wichtige Rolle. So lag 2003 der jährliche Produktionsstand bei weltweiten 105 Mio. t., wovon ein Viertel zur menschlichen Ernährung dient. Laut Deutscher Gesellschaft für Fettforschung (DGF) werden in Deutschland die produzierten Fette und Öle überwiegend für Speiseöle verwendet. Die jährliche Produktion beträgt in Deutschland ca. 2,7 Mio. t. (Stand 1999). Davon entfallen 60,6% auf Rapsöl, 27 % auf Sojaöl, 7% aus Sonnenblumenöl und 6% auf alle anderen Öle. Im Jahre 1999 wurden 135.000 t Speiseöl in Deutschland verkauft, wovon der überwiegende Teil auf Sonnenblumen- und Rapsöl fällt. Darüber hinaus werden genannte Öle zur Herstellung von Margarine verwendet (Rimbach, Möhring & Erbersdobler, 2010).

Pflanzenöle werden in Fruchtfleisch- und Samenöle unterteilt (siehe Abbildung 6.6)

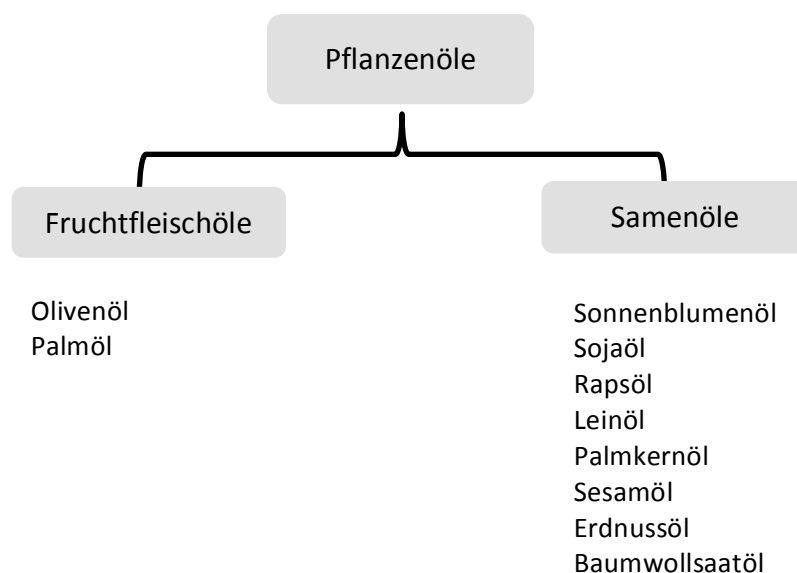


Abbildung 6.6: Einteilung wichtiger Pflanzenöle nach Rimbach, Möhring, & Erbersdobler (2010)

Im Experimentalpraktikum steht das Sonnenblumenöl im Vordergrund. Sonnenblumen (*Helianthus annuus*) sind bis zu 4 m hohe, einjährige Pflanzen, die vorwiegend in Ost-Europa angebaut werden. Zur Herstellung von Sonnenblumenöl dienen ausschließlich die reifen Schließfrüchte („Sonnenblumenkerne“). Wie der Großteil aller Pflanzenöle wird Sonnenblumenöl durch Auspressen und durch Lösungsmittlextraktion gewonnen. Beim sogenannten Kaltpressen wird ohne Wärmezufuhr ausschließlich mechanisch aus dem Samen gepresst. Das so erhaltene Speiseöl ist zum direkten Verzehr geeignet. Kaltgepresste Speiseöle bieten den Vorteil, dass Begleitstoffe, wie Vitamine, im Öl enthalten bleiben. Raffiniertes Sonnenblumenöl wird hingegen als Salat- und Bratöl verwendet, da beim Prozess der Gewinnung Wärme verwendet wird. Sonnenblumenöl hat mit einem durchschnittlichen Gehalt von 65% einen der höchsten Linolsäuregehalte der Speiseöle (Rimbach, Möhring & Erbersdobler, 2010).

Von einer KALTPRESSUNG spricht man dann, wenn bei der Herstellung die Temperatur von 27°C nicht überschritten wird. Dies ist in der EU-Verordnung 01/1513 vom 01.11.2003 festgelegt. Weiterhin dürfen nur mechanische Prozesse (Pressen) und keine Extraktion oder Behandlung mit Chemikalien erfolgen. Nach dem Reinigen und Trocknen werden die Samen gegebenenfalls gewalzt und geschält, ehe sie gepresst werden. Nach dem Pressen erhält man Trüböl sowie einen (für kaltgepresste oder native Öle nicht verwertbaren) Presskuchen. Nach einer anschließenden Filtration, Sedimentation und einer Sicherheitsfiltration erhält man schließlich das zum direkten Verzehr geeignete kaltgepresste Reinöl.

Öle, welche auf diese Weise gewonnen werden, sind, wie am Beispiel des Sonnenblumenöls gezeigt, „gesünder“ als raffinierte Öle. Sie haben allerdings den Nachteil, dass sie schneller verderblich sind.

Davon zu unterscheiden ist die RAFFINATION von Ölen. Zum einen kann man bei diesem Verfahren bereits die mechanische Verarbeitung von der Kaltpressung unterscheiden. Das Pressen darf unter Hitze erfolgen, was eine höhere Ausbeute bedeutet. Ferner wird bei diesem Verfahren, der Presskuchen weiterverwendet, aus dem mittels Extraktion auch Öl gewonnen wird. Verschiedene Fettbegleitstoffe, welche unter anderem zum schnelleren Verderben führen können, werden in weiteren Behandlungsschritten entfernt. Im Zuge dieser Behandlung werden aber auch jene Begleitstoffe entfernt, denen eine gesundheitsfördernde Wirkung zugesprochen wird (Rimbach, Möhring & Erbersdobler, 2010).

Abbildung 6.7 verdeutlicht die Unterschiede beider Verfahren.

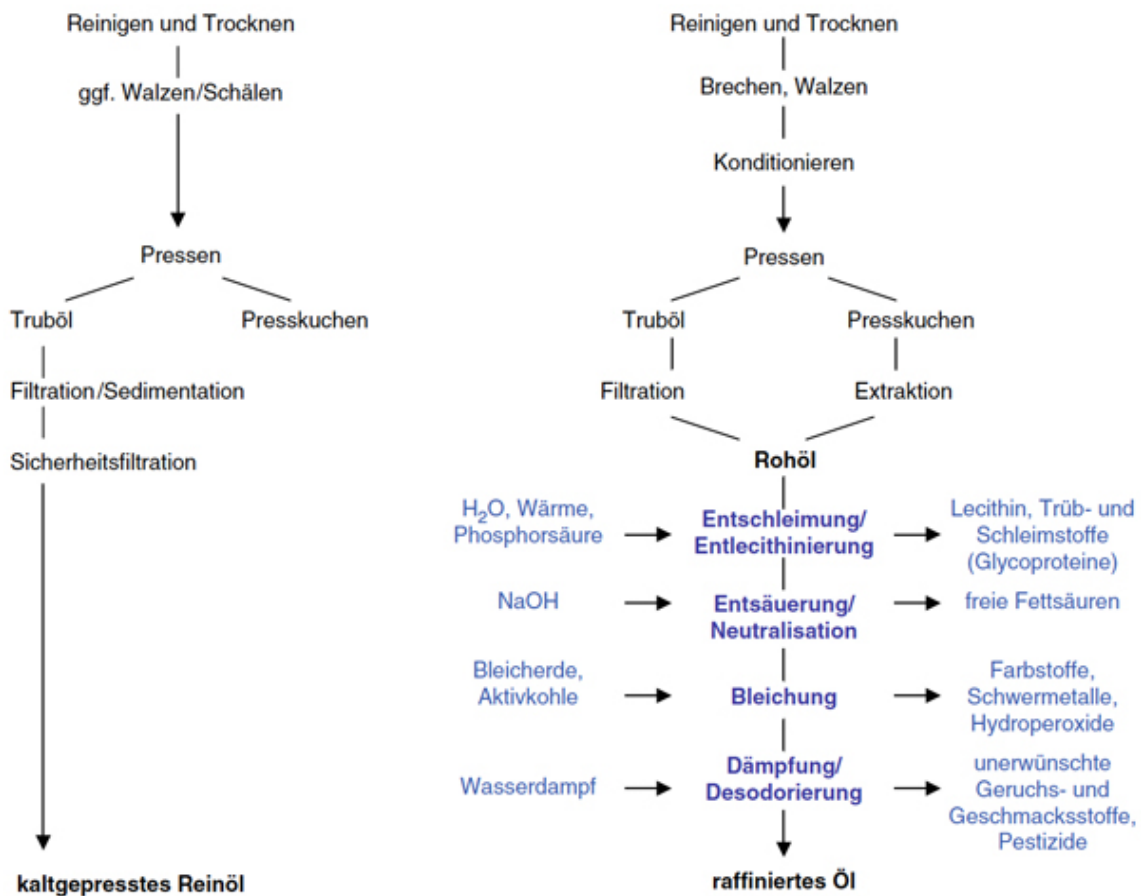


Abbildung 6.7: Verfahren der Kaltpressung (links), Verfahren der Raffination (rechts)²⁰

Verwendung

In der menschlichen Ernährung kommen Fetten und Ölen zwei wichtige Aufgaben zu: Zum einen sind sie als Bausteine von PHOSPHOLIPIDEN und GLYCOLIPIDEN wichtige Bestandteile von Zellmembranen und zum anderen dienen sie als TRIACYLGLYCERIDE als Energiespeicher des Organismus (Habermehl, 2008).

Alle Triacylglycerine können, wie alle anderen Ester auch, mit nukleophilen Reagenzien (z.B. NaOH) umgesetzt werden. Diesen Vorgang nennt man VERSEIFUNG. Bei der Verseifung entstehen Glycerol und die Salze (hier: Natriumsalze) der entsprechenden Fettsäuren, welche in dem Triacylglycerin gebunden waren. Diese Natriumsalze nennt man SEIFEN, worauf die Bezeichnung VERSEIFUNG zurückzuführen ist. Unter Zugabe von Kochsalz (NaCl) können die Seifen ausgesalzt werden (Ausfällung aufgrund des Überschreitens des Löslichkeitsproduktes) (Latscha, Kazmaier & Klein, 2008).

²⁰ Abbildung entnommen aus: Rimbach, Möhring & Erbersdobler (2010) (S. 177).

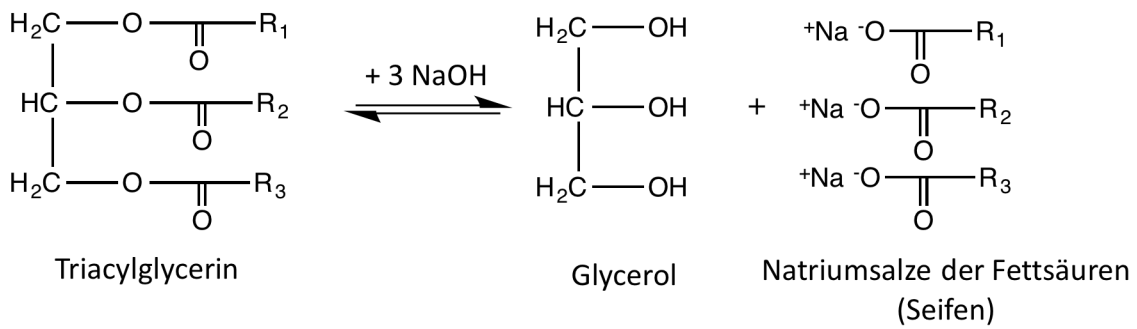


Abbildung 6.8: Verseifung eines Triacylglycerins

Darüber hinaus dienen Öle aber auch der Energiegewinnung.

Das folgende Kapitel geht genauer auf diesen Aspekt im Kontext der Nachhaltigkeit ein. Dabei wird zunächst der Ursprung der Energie erklärt, ehe auf die Biokraftstoffe der ersten Generation (hierunter fallen die Kraftstoffe, welche unter anderem aus Öl gewonnen werden) eingegangen wird. Ein Ausblick auf Biokraftstoffe der zweiten Generation (z.B. Bioethanol) zeigt Perspektiven für die zukünftige Biokraftstoffproduktion.

6.1.3. Aspekte der Nachhaltigkeit

Die Sonne ist die wichtigste Energiequelle für unseren Planeten. Die auf der Erde verfügbare Energie stammt fast vollständig von ihr. Ein Teil der Energie des Sonnenlichtes wird von Pflanzen durch die Photosynthese in chemische Energie umgewandelt und in Energieträgern (z.B. Fette oder Zucker) gespeichert. Hierbei unterscheidet man zwischen nicht erneuerbaren und erneuerbaren (regenerativen) Energieträgern. Nicht erneuerbare Energieträger sind beispielweise die fossilen Brennstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas, da deren Entstehungszeit mehrere Millionen Jahre beträgt. Biomasse, wie Holz, Stroh und diverse Pflanzenstängel, aber auch Biokraftstoffe, wie Biodiesel, Ethanol und Butanol, zählen zu den regenerativen Energieträgern.

Biokraftstoffe sind regenerative Energieträger aus der Natur. Von ihrer Verwendung verspricht man sich, Problemen, wie knapper werdende Ressourcen an fossilen Brennstoffen, Umweltverschmutzung, Klimaerwärmung und steigende Energiepreise, begegnen zu können (Kaltschmitt & Hartmann, 2002; Henke, 2005).

Deshalb setzt man große Hoffnung in die Entwicklung auf Biomasse basierter Kraftstoffe, da man sich nicht nur die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen, sondern auch eine nachhaltige Entwicklung verspricht.

Dabei müssen Kraftstoffe zur Wärme-, Strom- und Krafterzeugung im Sinne der Nachhaltigkeit und der nachhaltigen Entwicklung verschiedene Forderungen erfüllen. Diese fasst das Drei-Säulenkonzept zusammen. In ihm kommen Ökonomie, Ökologie und Soziales eine gleichberechtigte Rolle zu (Renn et al., 2007).

Karafyllis (2000) nennt konkrete Anforderungen für Biokraftstoffe:

- Minimierung und Schließen von Stoffströmen
- Erhaltung der Produktivkraft der Natur (z.B. auf dem Gebiet des Ackerbaus)
- Bewahren eines konkreten Status (z.B. von Natur)
- Gerechte Ressourcenverteilung

Verschiedene Verfahren und Technologien, wie man die Biokraftstoffe erschließen kann, wurden entwickelt. Man unterscheidet hier zwischen Biokraftstoffen der ERSTEN und der ZWEITEN GENERATION (vgl. Abbildung 6.9).

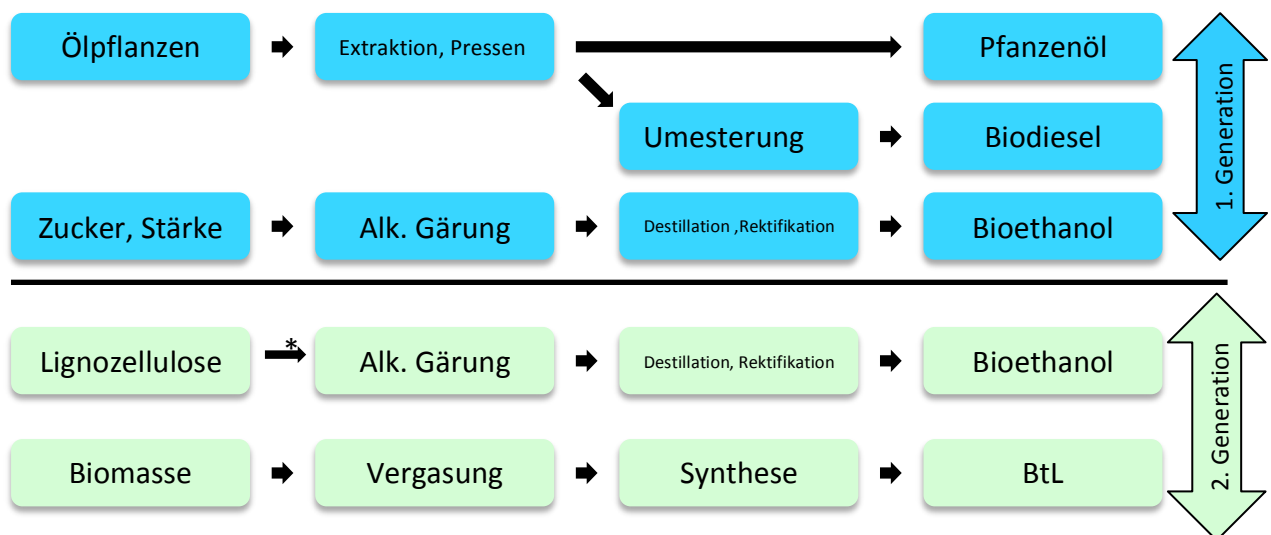


Abbildung 6.9: Biokraftstoffe der ersten (hellblau) und zweiten (hellgrün) Generation nach Bohlmann (2006)

* = Aufschluss

BIOKRAFTSTOFFE DER ERSTEN GENERATION werden vorwiegend aus zucker-, stärke- oder ölhaltigen Pflanzen hergestellt. Deswegen treten in Diskussionen über die Biokraftstoffherstellung verstärkt Neologismen wie „Energiepflanzen“ auf. Die wichtigsten zuckerhaltigen „Energiepflanzen“ sind Zuckerrüben in Europa und Zuckerrohr in Brasilien. Zu den stärkehaltigen „Energiepflanzen“ zählen Mais, Tobinambur, Kartoffeln und Getreide. Vor allem Kartoffeln stellen in Mitteleuropa den am häufigsten genutzten Rohstoff dar (Kaltschmitt & Hartmann, 2002). Allerdings ist der Einsatz von Kartoffeln mit einem hohen Transportaufwand, einer eingeschränkten Lagerbarkeit und großen Abwassermengen bei der Herstellung verbunden (Fach-

agentur nachwachsender Rohstoffe e.V., 2002). Bei der Verwendung von Getreide werden diese Probleme umgangen. Bei der Bioethanol Produktion in den USA und in China dominiert zur Zeit hauptsächlich Mais, in Europa Weizen, Gerste und Roggen (Olsen & Schäfer, 2006). Für die Biodieselproduktion kommt der ölhaltigen „Energiepflanze“ Raps eine wichtige Rolle zu. BIODIESEL wird technisch durch eine katalytische Umesterung des Rapsöls mit Methanol zu den analogen Fettsäuremethylestern hergestellt (siehe Abbildung 6.10). Diese Rapsmethyl-ester (RME) besitzen Eigenschaften, die denen konventioneller Dieselkraftstoffe entsprechen (darunter Zündverhalten und Viskosität). Biodieselskraftstoffe weisen einen etwa 20% geringeren Heizwert auf als konventionelle Dieselkraftstoffe.

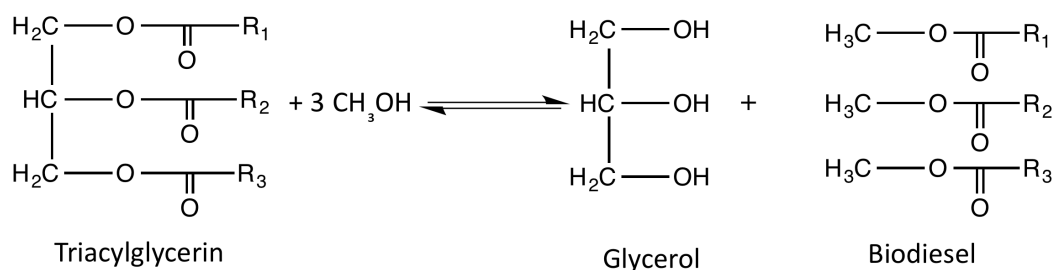


Abbildung 6.10: Schema der katalytischen Umesterung eines Triacylglycerins zu Fettsäuremethylestern („Biodiesel“ und Glycerin)

Biodiesel galt eine Zeit lang als Alternative zu fossilen Treibstoffen, doch ist mittlerweile der Einsatz von Biokraftstoffen der ersten Generation umstritten. Gründe hierfür können in dem Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit gefunden werden. Allen Biokraftstoffen der ersten Generation ist gemeinsam, dass die Edukte auch gleichzeitig Nahrungsmittel sind. Diesbezüglich sind Schlagworte wie „Tank-oder-Teller“ keine Seltenheit in der Diskussion um Biokraftstoffe (Kreysa, 2010).

Die Zeitung *DIE ZEIT* titelt am 26.07.2012 (Schuh, 2012):

„Stoppt den Biowahnsinn

Anders als erhofft können Kraftstoffe vom Acker den Klimawandel nicht aufhalten. Stattdessen verschärfen sie das Problem des Hungers auf der Welt. Wissenschaftler fordern, die Nutzung von Bioenergie zu überdenken.“

Große Hoffnungen werden in die Entwicklung von BIODIESELN DER ZWEITEN GENERATION gesetzt, mit welchen man genau die oben erwähnten Kritikpunkte zu verbessern versucht. Dabei werden intensive Forschungen zur Gewinnung von (Bio-)Ethanol aus Lignocellulosehaltigen Pflanzen und in der Entwicklung von Biomass-to-Liquid (BtL) Kraftstoffen angestellt.

Diese Verfahren unterscheiden sich von denen der ersten Generation darin, dass nun die Pflanzenteile genutzt werden, die für die menschliche Ernährung keine Rolle spielen. Am Beispiel der Sonnenblumen kann dies verdeutlicht werden: Die Samen können weiterhin für die Nahrungsmittelproduktion dienen, während der Rest der Pflanze durch biochemische Prozesse zu Biokraftstoff umgewandelt wird. Lignocellulose bietet den Vorteil, dass es in großer Menge, in Form von Holz, Stroh oder anderem pflanzlichem Material vorhanden ist. Es hat aber den Nachteil, dass die chemische Erschließung sowie Aufspaltung schwierig sind (Olsen & Schäfer, 2006).

Die Erschließung und Aufspaltung von Lignocellulose sind zur Zeit noch mit Problemen behaftet. Andere Stoffe, wie Cellulose und Hemicellulose, verhindern den Zugang der Katalysatoren und Enzymen zur Lignocellulose (Slydatk & Chmiel, 2011). Ferner werden spezielle (neue) Enzyme für die Aufspaltung der Lignocellulose benötigt (Kohse-Hoeinghaus et al., 2010).

Intensive Forschungen zur Herstellung von Enzymen für die Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation finden zur Zeit zum Beispiel in Instituten, wie dem IFP in Paris, Département de Biotechnologie, statt (Billard, Faraj, Ferreira & Heiss-Blanquet, 2012).

In Nordamerika, Skandinavien und Spanien gibt es bereits erste Pilotprojekte. In Babilafuente (Spanien) entsteht eine Anlage der Firma Abengoa zur Produktion von (Bio-)Ethanol aus Stroh, die ca. 6300t/a produzieren soll (Bohlmann, 2006; Abengoa Bioenergy, 2011).

Der Einsatz von Kraftstoff, welcher zu 85% aus Bioethanol besteht, ist, genau wie die oben genannte Anlage, ein Pilotprojekt. In den meisten Ländern ist der Einsatz eines solchen Kraftstoffes noch weit entfernt. In Deutschland werden im Kraftstoff „Super E10“ lediglich 10% des fossilen Kraftstoffes durch Ethanol substituieret. 90% des Kraftstoffes werden damit mit fossilen, nicht nachhaltigen Brennstoffen abgedeckt.

6.2. Das Experimentalpraktikum

6.2.1. Didaktische Reduktion

Das Experimentalpraktikum wird für viele Schülerinnen und Schüler die erste Gelegenheit zum eigenständigen Experimentieren sein.

Vor diesem Hintergrund liegt der Schwerpunkt auf phänomenologischen Betrachtungen des Themas „Fette und Öle“. Der Aufbau von Fettmolekülen, die Einordnung von Fetten in die Klasse der Triacylglycerine sowie Struktur-Eigenschaftsbeziehungen sind mit dem Vorwissen und dem vorhandenen naturwissenschaftlichen Verständnis der Klassenstufe 5 nicht zu verstehen. Diese Themen sind Teil des Lehrplans der Klassenstufe 10 bzw. 12.

Grundlegende Kenntnisse über Nachweise, Eigenschaften, Verwendung, Vorkommen und Gewinnung von Fetten und Ölen sind auf phänomenologischer Basis in der Klassenstufe 5 durchführbar.

Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schulzeit die Kompetenz erwerben, Produkte und Technologien im Zusammenhang mit ihren ökonomischen, ökologischen und sozialen Auswirkungen zu bewerten und damit in die Lage versetzt werden, adäquat im Sinne einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung zu handeln (Burmeister, Jokmin, Eilks, 2011). Eine Diskussion über die Nachhaltigkeit verschiedener Kraftstoffe kann an dieser Stelle jedoch noch nicht umfassend stattfinden.

Sehr wohl können aber Eigenschaften, wie Viskosität und Brennbarkeit, mit dem Experimentalpraktikum derart angesprochen werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler das Themengebiet forschend selbst erschließen können. Darauf aufbauend kann in der Nachbereitung die Verwendung von Ölen in der Kraftstoffproduktion thematisiert werden.

Ein Grundprinzip *Erfolgreichen Lernens* besagt, dass ein Lernprozess ein gewisses Maß an Vorwissen voraussetzt (vgl. Kapitel 3.4.2). Das Modul „Fette und Öle“ bietet ideale Voraussetzungen, an Vorwissen der Schülerinnen und Schüler anzuknüpfen. Jeder Lernende hatte im Alltag bereits mit diversen Speiseölen zu tun. Aufgabe 4 des Experimentalpraktikums widmet sich genau dieser Thematik. Da das Themenmodul in die Unterrichtsreihe „Der Mensch als System: Ernährung“ (vgl. das folgende Kapitel) integriert wird, ist die Anknüpfung an die Thematik „die menschliche Ernährung“ wichtig, da auf bereits vorhandenes Vorwissen zurückgegriffen wird.

6.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 5

Das Thema „Fette und Öle“ ist im Themenfeld „Der Mensch als System: Ernährung“ des saarländischen Lehrplans „Naturwissenschaften“ für die Klassenstufe 5 fest verankert (Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes, 2012).

In der Klassenstufe 5 sieht der Lehrplan für diesen Themenkomplex 20% der zur Verfügung stehenden Stunden vor. Im Zentrum der Betrachtung stehen die drei wichtigen Nahrungsbausteine: Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette. Das Thema der Ernährung gliedert sich in *Energiebereitstellung*, *Nährstoffe*, *Verdauung*, *Stoffwechsel* und *Gesunde Ernährung*. Das Thema *Energiebereitstellung* ist zugleich der erste Kontakt der Schülerinnen und Schüler mit dem Basiskonzept ENERGIE. Ziel der Unterrichtseinheit Energiebereitstellung ist es, die Lernenden in die Lage zu versetzen, Nährstoffe hinsichtlich ihres Energiegehalts richtig einordnen zu können.

Unter den fachwissenschaftlichen Kompetenzen wird erwartet, dass die Schülerinnen und Schüler die drei Grundnährstoffe (Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße) benennen und einfache Eigenschaften angeben können. In den Handlungsdimensionen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) wird das Durchführen von Experimenten zum Nachweis verschiedener Stoffe in Wasser und zum Nachweis von Fetten und Stärke genannt (Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes, 2012, S. 19).

Der Kontext der Tank-oder-Teller Diskussion bietet ebenso Anknüpfungspunkte zu dem Themengebiet „Samenpflanzen: Bau und Fortpflanzung“ des saarländischen Lehrplans für Naturwissenschaften der Klassenstufe 5. Ansatzweise kann in Kombination mit der menschlichen Ernährung und dem Basiskonzept Energie über Probleme der Energiebereitstellung unserer Gesellschaft diskutiert werden. Dies ist jedoch, wie bereits erwähnt, nur in stark elementarisierter Form machbar.

Das Experimentiermodul *Fette und Öle* bietet einen idealen Rahmen, die oben genannten Kompetenzbereiche zu realisieren. Der Lehrplan nennt unter „Außerschulischer Lernort und Experten“ lediglich den Besuch eines Ernährungsberaters. Dennoch ist es möglich, durch geeignete Schülerexperimente im Zuge des Schülerlabor-on-Tour Modells, den Erwerb fachinhaltlicher Kompetenzen zu unterstützen.

Dieses Experimentiermodul versteht sich als eine Unterrichtseinheit, die ca. fünf Schulstunden in Anspruch nimmt. Der vorbereitende Unterricht (ca. zwei Unterrichtsstunden) liefert das Vorwissen für das Experimentalpraktikum (ca. zwei Unterrichtsstunden). In der nachbe-

reitenden Unterrichtsstunde wird das angeeignete Wissen vertieft und thematische Besonderheiten diskutiert.

6.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum

Die beiden vorbereitenden Unterrichtsstunden legen die Grundlagen für das Verständnis und die sachlogische Eingliederung des Experimentierens in die Unterrichtsreihe des Naturwissenschaftsunterrichts. Die Stundengestaltung lag in den Händen der jeweiligen Lehrkräfte. Da das Thema „Fette und Öle“ explizit im Lehrplan genannt wird, wurde für den vorbereitenden schulischen Unterricht lediglich ein Aufgabenblatt entwickelt (siehe Anhang 6.1). Ein inhaltlich gleicher Rahmen war für alle Schulklassen gewährleistet, da im Vorfeld mit den entsprechenden Lehrkräften die Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum vereinbart wurden:

Die Schülerinnen und Schüler

- nennen die drei Grundnährstoffe der Nahrung. [Wissen]
- benennen neben den drei Grundnährstoffen weitere Grundkomponenten der Nahrung. [Wissen]
- definieren den Begriff „Energie“. [Wissen]
- erläutern den Begriff „Nährstoff“ unter Verwendung des Basiskonzepts „Energie“. [Verständnis]
- begründen, weshalb Lebewesen nur überlebensfähig sind (arbeiten können), wenn sie in ausreichendem Maße Nährstoffe zu sich nehmen. [Verständnis]
- vergleichen und erläutern den Energiebedarf bei unterschiedlichen Tätigkeiten und Aktivitäten. [Anwendung]
- beschreiben die Zusammensetzung konsumierter Lebensmittel hinsichtlich ihres Nährstoffgehalts. [Wissen]
- zählen Lebensmittel und Speisen auf, die viel Fett enthalten. [Wissen]
- beschreiben Öle als zähflüssige, Fette als feste Substanzen. [Wissen]

6.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele

6.2.4.1. Kompetenzbereiche

Die Kultusministerkonferenz hat 2005 für Deutschland verbindliche BILDUNGSSTANDARDS im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss eingeführt (KMK, 2005b; MNU, 2007). Diese Bildungsstandards des Faches Chemie werden in vier verschiedene Kompetenzbereiche unterteilt: die Inhaltsdimension FACHWISSEN und die drei Handlungsdimensionen ERKENNTNISGEWINNUNG, KOMMUNIKATION und BEWERTUNG (Kirsch, 2014). Für einige der Kompetenzbereiche der Klassenstufe 10 werden mit den beiden Themenmodulen der Klassenstufe 5 Grundsteine gelegt. Dabei werden folgende Kompetenzbereiche des Faches Chemie angesprochen:

Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften. (F 1.1)
- führen energetische Erscheinungen bei chemischen Reaktionen auf die Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in andere Energieformen zurück. (F 4.2)

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind. (E1)
- planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen. (E2)
- führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese. (E3)
- beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte. (E4)
- erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten. (E5)

- zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf (E8)

Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler ...

- stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her (und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt). (K3)
- planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team. (K10)

Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler ...

- nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen. (B3)
- diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven.(B5)

6.2.4.2. Lernziele

Stundenziel: Die Schülerinnen und Schüler probieren sich beim Experimentieren aus und sammeln Erkenntnisse über den Nachweis, die Eigenschaften und die Gewinnung von Ölen und Fetten.

Die folgende Tyler-Matrix systematisiert die Erwartungen (Lernziele) hinsichtlich Verhalten (Wissen, Verständnis, Anwendung und Analyse oder Bewertung) und Inhalt.

Dimension Inhalt	Wissen	Verständnis	Anwendung	Analyse/Bewertung
Eigenschaften von Ölen und Fetten	...nennen Eigenschaften von Fetten	-	...beschreiben ein Experiment, mit dem man die Brennbarkeit von Fetten untersuchen kann ...beschreiben ein Experiment, mit dem man die Mischbarkeit von Fetten/Ölen mit Wasser untersuchen kann ...beschreiben ein Experiment, mit dem man die Zähflüssigkeiten von Fetten untersuchen kann	...analysieren, wieso ein modifizierter Versuchsaufbau zur Verbrennung von Öl nicht funktioniert.
Nachweis von Fetten	...nennen eine Methode zum Nachweis von Fetten	-	...beschreiben eine Methode zum Nachweis von Fetten	-
Gewinnung von Fetten	...nennen eine Methode, um Öle zu gewinnen	-	...optimieren anhand von getesteten Eigenschaften der Öle und Fetten eine Methode zur besseren Gewinnung von Fetten.	-
Verwendung von Fetten	...nennen Verwendungsmöglichkeiten für Öle und Fette.	...begründen, wieso Öl und nicht Wasser in Automotoren zum Einsatz kommt.		...bewerten die Zugabe von Öl zu einem Salat

Abbildung 6.11: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul „Fette und Öle“

6.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum

Pro Arbeitsplatz werden folgende Geräte benötigt:

Geräte	Menge
Filterpapier	10
Reagenzgläser	5
Reagenzglasständer	1
Teelichter	1
Teelichtbecher und Docht	1
Feuerzeug	1
Rührmäuse (möglichst klein)	2
Bechergläser	1
Stahlplatten	2
Schraubzwingen	2
Urglas	1
Einweg-Pipetten	5
Spatel	1

Abbildung 6.12: Geräte für jeden Arbeitsplatz

Pro Arbeitsplatz werden folgende „Chemikalien“ benötigt:

Chemikalien	Menge
Sonnenblumenöl in 50 ml Spritzflasche	1
Wasser	
Benzin in 50 ml Spritzflasche	1
Vitamin C in Schnappdeckelgläschen	1
Vitamin D in 50 ml Spritzflasche	1

Abbildung 6.13: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz

Anmerkung: Schülerinnen und Schüler dürfen aus Sicherheitsgründen nicht mit Benzin arbeiten. Daher wird als Ersatzstoff n-Hexan verwendet. Da der Begriff n-Hexan den Lernenden in der Klassenstufe 5 noch nie begegnet ist, wird weiterhin die Bezeichnung *Benzin* verwendet.

In der Praxis sieht die Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz wie folgt aus:



Abbildung 6.14: Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz

Zentral für alle nutzbar wird ein Föhn für den Fettfleckversuch zur Verfügung gestellt. Alle Schülerinnen und Schüler erhalten darüber hinaus einen Schutzkittel und eine Schutzbrille.

6.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift

Der Konzeption der Versuchsvorschrift liegen dieselben Anforderungen zugrunde wie die des Themenmoduls „Wasserreinigung“ (Kapitel 5.2.7).

Ein einleitender Informationstext soll das in dem vorangegangenen Unterricht erworbene Vorwissen aktivieren. Lediglich Aufgabe 1 macht konkrete Angaben zur Vorgehensweise, die anderen Aufgaben haben gemäß der gewählten Methode des NanoBioLabs einen offenen Charakter. Die Aufgaben berücksichtigen die Unerfahrenheit der Schülerinnen und Schüler, indem lediglich bekannte Stoffe verwendet werden: Wasser, Sonnenblumenöl, Vitamin C und E und Benzin (ersetzt durch n-Hexan). Im Vergleich zu Benzin ist n-Heptan nicht als krebserregend eingestuft, hat jedoch eine ähnlich gute Brennbarkeit. Um einem leichtsinnigen und unüberlegten Handeln vorzubeugen, wird über die Gefahren des Stoffes auf der Versuchsvorschrift hingewiesen und vor Versuchsbeginn nochmals aufgeklärt.

Die Protokollführung wird wieder erleichtert, indem bei den entsprechenden Aufgaben direkt Platz für Notizen vorhanden ist.

6.2.7. Die Versuchsvorschrift

Fette

Fette sind ein sehr wichtiger Bestandteil unserer Nahrung. Täglich nehmen wir mit der Nahrung mehrere Gramm Fett zu uns. Heute wirst du einige Experimente zu Fetten und Öle machen.

Dabei untersuchst du

- Eigenschaften von Fetten
- Gewinnung von Fetten
- Verwendung von Fetten

Aufgabe 1: Nachweis von Fetten

Beantworte folgende Forschungsfrage mit einem Experiment: „**Ist Sonnenblumenöl überhaupt ein Fett?**“

Hilfe: Ein Nachweis für Fette ist die „**Fettfleckprobe**“. Bringt man Fett auf Papier, so zeigen sich dauerhafte Fettflecke. Diese können besonders gut gesehen werden, wenn das Papier gegen das Sonnenlicht gehalten wird.

Material: Filterpapier, Sonnenblumenöl

Notiere deine Beobachtungen:

Aufgabe 2: Eigenschaften von Fetten

Fette haben typische Eigenschaften, die nur diese Stoffe besitzen. Untersuche Sonnenblumenöl!

a) Löslichkeit: Untersuche, ob sich Öle/Fett besser in Wasser oder in Benzin löst!

Material: Reagenzgläser, Sonnenblumenöl, Wasser, Benzin.

Notiere deine Beobachtungen:

b) Brennbarkeit: Untersuche die Brennbarkeit von Öl/Fett!

Material: Teelichter, Docht, Feuerzeug, Sonnenblumenöl

!!!! KEIN BENZIN !!!!!

Notiere deine Beobachtungen:

c) Zähflüssigkeit (Viskosität): Untersuche die Zähflüssigkeit von verschiedenen Ölen! Vergleiche diese mit Wasser.

Material: Reagenzgläser, weiße Stäbchen, Wasser, Sonnenblumenöl.

Notiere deine Beobachtungen:

Aufgabe 3: Gewinnung von Fetten

Eine Methode, Öle zu gewinnen ist das Pressen von Lebensmitteln, die viel Fett enthalten. Versuche, aus Sonnenblumen Fett zu gewinnen!

Material: Sonnenblumenkerne, Filterpapier, Stahlplatten, Schraubzwingen

Notiere deine Beobachtungen:

Aufgabe 4: Verwendung von Fetten

Oft wird an Salat Fett in Form von Sonnenblumen- oder Olivenöl zugegeben! Versuche, dies mit einem geeigneten Versuch zu erklären.

Tipp: ein fertiger Salat enthält oft viele für den Menschen lebensnotwendige Vitamine!

Material: Vitamin C, Vitamin E, Reagenzgläser, Wasser, Sonnenblumenöl.

Notiere deine Beobachtungen:

	Fett	Wasser
Vitamin C		
Vitamin E		

6.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung

Wie in Kapitel 5.2.8 kennzeichnet die blaue Umrandung die Ausschnitte aus der Versuchsvorschrift. Anschließend werden die einzelnen Versuche um Hinweise zur Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung ergänzt.

Aufgabe 1: Nachweis von Fetten

Beantworte folgende Forschungsfrage mit einem Experiment: „**Ist Sonnenblumenöl überhaupt ein Fett?**“

Hilfe: Ein Nachweis für Fette ist die „**Fettfleckprobe**“. Bringt man Fett auf Papier, so zeigen sich dauerhafte Fettflecke. Diese können besonders gut gesehen werden, wenn das Papier gegen das Sonnenlicht gehalten wird.

Versuchsdurchführung:

Sonnenblumenöl und Wasser werden mit einer Pipette auf ein Filterpapier gegeben. Die entstehenden Flecken werden anschließend geföhnt.

Beobachtung:

Der Wasserfleck verschwindet nach dem Föhnen, während der Ölfleck weiterhin sichtbar bleibt. Auch nach längerem Föhnen verschwindet der Ölfleck nicht.

Deutung:

Die Fettfleckprobe verläuft positiv. Das bedeutet, dass Sonnenblumenöl ein Öl (flüssiges Fett) ist. Sonnenblumenöl hinterlässt auf dem Filterpapier dauerhafte Fettflecken, während Wasserflecke verdunsten.

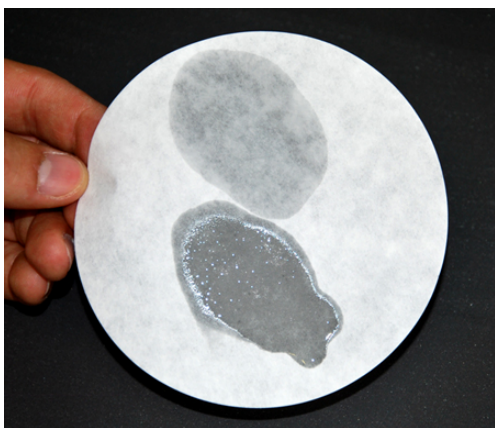


Abbildung 6.15: Fettfleck (unten) und Wasserfleck (oben) vorm Erhitzen.

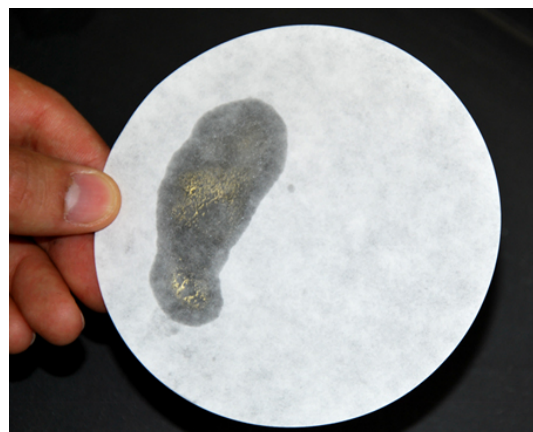


Abbildung 6.16: Filterpapier nach dem Erhitzen. Nur noch der Fettfleck ist zu sehen.

Aufgabe 2: Eigenschaften von Fetten

Fette haben typische Eigenschaften, die nur diese Stoffe besitzen. Untersuche Sonnenblumenöl!

a) Löslichkeit: Untersuche, ob sich Öle/Fett besser in Wasser oder in Benzin löst!

Material: Reagenzgläser, Sonnenblumenöl, Wasser, Benzin.

Versuchsdurchführung:

Mit einer Pipette wird Sonnenblumenöl in ein Reagenzglas mit Wasser und in ein Reagenzglas mit Benzin gegeben. Anschließend werden die Reagenzgläser geschüttelt.

Beobachtung:

Sonnenblumenöl und Wasser vermischen sich auch nach dem Schütteln nicht. Sonnenblumenöl bildet eine Ölschicht auf der Wasseroberfläche. Öl und Benzin vermischen sich.

Deutung:

Sonnenblumenöl ist in Wasser nicht löslich. Jedoch löst es sich in Benzin.

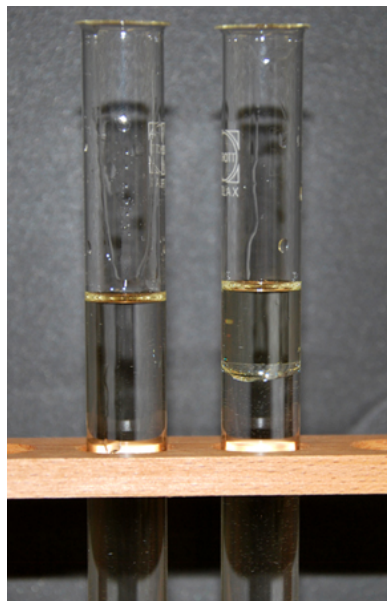


Abbildung 6.17: Reagenzglas mit Öl und Benzin (links); Reagenzglas mit Öl und Wasser (rechts). Die Grenzfläche zwischen Öl und Wasser ist zu erkennen.

Aufgabe 2: Eigenschaften von Fetten

Fette haben typische Eigenschaften, die nur diese Stoffe besitzen. Untersuche Sonnenblumenöl!

b) Brennbarkeit: Untersuche die Brennbarkeit von Öl/Fett!

Material: Teelichter, Docht, Feuerzeug, Sonnenblumenöl

!!!! KEIN BENZIN !!!!!

Versuchsdurchführung:

Sonnenblumenöl wird in ein leeres Teelicht gegeben. Es wird versucht, dieses mit einem Feuerzeug zu entzünden. Der Vergleich mit einem vollständigen Teelicht (Mantel, Docht und Wachs) zeigt, dass ein Docht benötigt wird. So wird anschließend der Versuch mit einem Docht (ohne Wachsummantelung) wiederholt. Dieser wird in das Öl gestellt und angezündet.

Beobachtung:

Das Sonnenblumenöl selbst lässt sich mit einem Feuerzeug nicht entzünden. Mit Hilfe eines Dochtes kann man dieses jedoch verbrennen.

Deutung:

Sonnenblumenöl ist brennbar. Um das Öl entzünden zu können, muss das Öl jedoch erhitzt werden, damit ein zündfähiges Gas-Luft-Gemisch entsteht. Der Docht setzt den Flammpunkt des Sonnenblumenöls herab, sodass dies leichter entzündet werden kann.



Abbildung 6.18: Selbstgebaute Öllampe aus Teelichtmantel, Docht und Sonnenblumenöl.

Aufgabe 2: Eigenschaften von Fetten

Fette haben typische Eigenschaften, die nur diese Stoffe besitzen. Untersuche Sonnenblumenöl!

c) Zähflüssigkeit (Viskosität): Untersuche die Zähflüssigkeit von verschiedenen Ölen! Vergleiche diese mit Wasser.

Material: Reagenzgläser, weiße Stäbchen, Wasser, Sonnenblumenöl.

Versuchsdurchführung:

Gleiche Mengen an Sonnenblumenöl und Wasser werden in jeweils ein Reagenzglas gefüllt. Zeitgleich lässt man zwei weiße Stäbchen (kleine Magnetrührer) in die Reagenzgläser fallen und beobachtet, wie schnell die Stäbchen zu Boden sinken.

Beobachtung:

In Öl braucht das weiße Stäbchen signifikant länger, bis es zu Boden gesunken ist, als bei Wasser.

Deutung:

Sonnenblumenöl ist zähflüssiger als Wasser.



Abbildung 6.19: Schülerinnen bei der Untersuchung der Viskosität von Ölen.

Aufgabe 3: Gewinnung von Fetten

Eine Methode, Öle zu gewinnen ist das Pressen von Lebensmitteln, die viel Fett enthalten. Versuche, aus Sonnenblumen Fett zu gewinnen!

Material: Sonnenblumenkerne, Filterpapier, Stahlplatten, Schraubzwingen

Versuchsdurchführung:

Sonnenblumenkerne werden auf ein Filterpapier gegeben und mitsamt dem Papier zwischen zwei Stahlplatten gepresst. Dann wird die Fettfleckprobe durchgeführt.

Beobachtung:

Nach dem Pressen sind auf dem Papier Flecken, die auch nach dem Föhnen sichtbar sind.

Deutung:

Bei den Flecken handelt es sich, gemäß der Fettfleckprobe, um Öle. Pressen ist eine Möglichkeit, um Öle zu gewinnen.

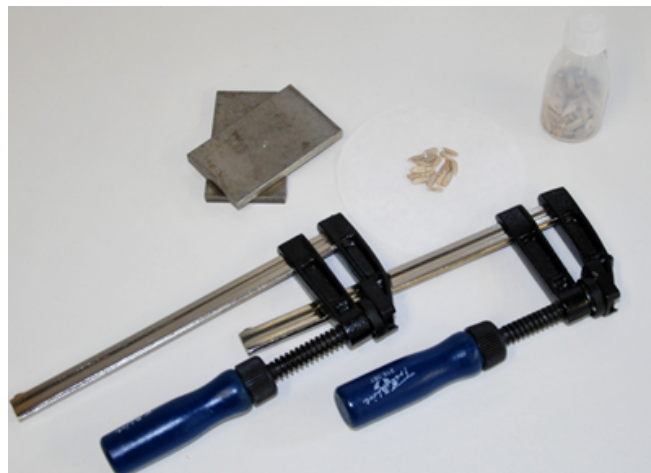


Abbildung 6.20: Material für Aufgabe 3.

Aufgabe 4: Verwendung von Fetten

Oft wird an Salat Fett in Form von Sonnenblumen- oder Olivenöl zugegeben! Versuche, dies mit einem geeigneten Versuch zu erklären.

Tipp: ein fertiger Salat enthält oft viele für den Menschen lebensnotwendige Vitamine!

Material: Vitamin C, Vitamin E, Reagenzgläser, Wasser, Sonnenblumenöl.

Versuchsdurchführung:

In zwei Reagenzgläsern befindet sich Sonnenblumenöl und in zwei anderen Wasser. Vitamin C bzw. Vitamin E wird in je eines der Reagenzgläser gegeben und geschüttelt.

Beobachtung:

	Fett	Wasser
Vitamin C	unlöslich	löslich
Vitamin E	löslich	unlöslich

Deutung:

Fette und Öle sind Lösemittel für die fettlöslichen Vitamine, wie das Vitamin E. Aufgrund der Fettlöslichkeit mancher Vitamine, sind Fette und Öle eine wichtige Quelle für derartige Vitamine.

7. Das Experimentiermodul „Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe“ für die Klassenstufe 10

7.1. Fachinhaltliche Aspekte des Themas

Der Mensch ist von Natur aus bedacht, den süßen Geschmack eines Lebensmittels als wohl-schmeckend wahrzunehmen. Natürlich vorkommende Süßungsmittel sind Zucker und Zuckeraustauschstoffe (Belitz & Grosch, 1992).

Unter *Zucker* versteht man natürliche Zuckerarten, wie Saccharose (Rohr- und Rübenzucker), Glucose, Maltose, Lactose und Fructose.

Unter *Zuckeraustauschstoffen* versteht man Zuckeralkohole, welche sowohl für Ernährung als auch für technische Zwecke eingesetzt werden. Bekannte Vertreter sind Sorbitol, Xylitol, Mannitol und Lactit. Diese besitzen ungefähr die gleiche Süßkraft wie Zucker.

Es gibt aber nicht nur natürlich vorkommende, sondern auch chemisch hergestellte Süßungsmittel, die *Süßstoffe*. Süßstoffe besitzen ein Vielfaches der Süßkraft der Saccharose.

Süßungsmittel sind ein wichtiger Bestandteil unserer Nahrung, was sich an der jährlichen Weltproduktion abzeichnet (vgl. Abbildung 7.1)

Kategorie	Süßungsmittel	Rel. Süße ²¹	Nährwert [kcal/g]	Insulinabhängigkeit ²²
Zucker	Saccharose	1,0	4	+
	Glucosesirup	0,3-0,5	4	++
	Glucose	0,5-0,8	4	++
	Lactose	0,2-0,6	4	+
	Fructose	1,1-1,7	4	-
Zucker- austausch- tausch- stoff	Sorbitol	0,4-0,5	2	-
	Mannitol	0,4-0,5	2	-
	Xylitol	1,0	2	-
Süßstoff	Aspartam	ca. 200	4	-
	Na-Cyclamat	ca. 35	0	-

Abbildung 7.1: Übersicht der Süßungsmittel nach (Baltes & Matissek, 2011; Belitz & Grosch, 1992)

²¹ Die relative Süßkraft bezieht sich auf Saccharose und ist konzentrationsabhängig

²² ++ = sehr starke Wirkung; + = starke Wirkung; - keine Wirkung

Im Folgenden wird nun an den Beispiel der Süßungsmittel, welche im Experimentalpraktikum verwendet werden, näher auf Eigenschaften und Unterschiede der Zucker, Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen eingegangen.

7.1.1. Zucker am Beispiel von Glucose

Aufbau und Einordnung

Zucker gehören zu den *Kohlenhydraten*. Der Name Kohlenhydrate leitet sich von der Summenformel $C_n(H_2O)_n$ ab. Kohlenhydrate werden in *Monosaccharide* (einfache Zucker, wie Glucose oder Fructose), *Oligosaccharide* (Verknüpfung von 2-6 Monosacchariden, wie Rohrzucker) und *Polysaccharide* (wie Cellulose) unterteilt.

Glucose zählt zu den Monosacchariden, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Monosaccharide lassen sich nach den enthaltenen funktionellen Gruppen unterteilen. Ist eine Aldehyd-Gruppe vorhanden, spricht man von einer Aldose. Ist eine Keto-Gruppe vorhanden, so spricht man von einer Ketose. Die Glucose gehört zu den Aldosen.

Ferner ist eine Unterteilung der unverzweigten Monosaccharide nach der Anzahl der C-Atome möglich.

Die Aldosen, welche alle auf Glycerinaldehyd zurückzuführen sind, besitzen ein asymmetrisches (chirales) C-Atom. Die Fischer-Projektion dient der Darstellung der Zucker. Sie berücksichtigt Chiralitätszentren: Die Kohlenstoffkette wird von dem höchst oxidierten C-Atom, hier von dem C-Atom der Aldehyd-Gruppe, aus nummeriert. Die Ausrichtung der Alkohol-Gruppe am letzten C-Atom nach dieser Nummerierung gibt dabei an, ob ein Zucker zu der L-Reihe (nach links ausgerichtete OH-Gruppe: *lat. laevus*) oder zu der D-Reihe (nach rechts ausgerichtete OH-Gruppe: *lat. dexter*) gehört (Latscha, Kazmaier & Klein, 2008).

Die Bezugssubstanz, auf die sich die Aldosen zurückführen lassen, ist das Glycerinaldehyd. Das Glycerinaldehyd besitzt, wie bereits erwähnt, zwei Enantiomere Formen:



Die im Praktikum eingesetzte D-Glucose leitet sich von D-Glycerinaldehyd ab (vgl. Abbildung 7.2).

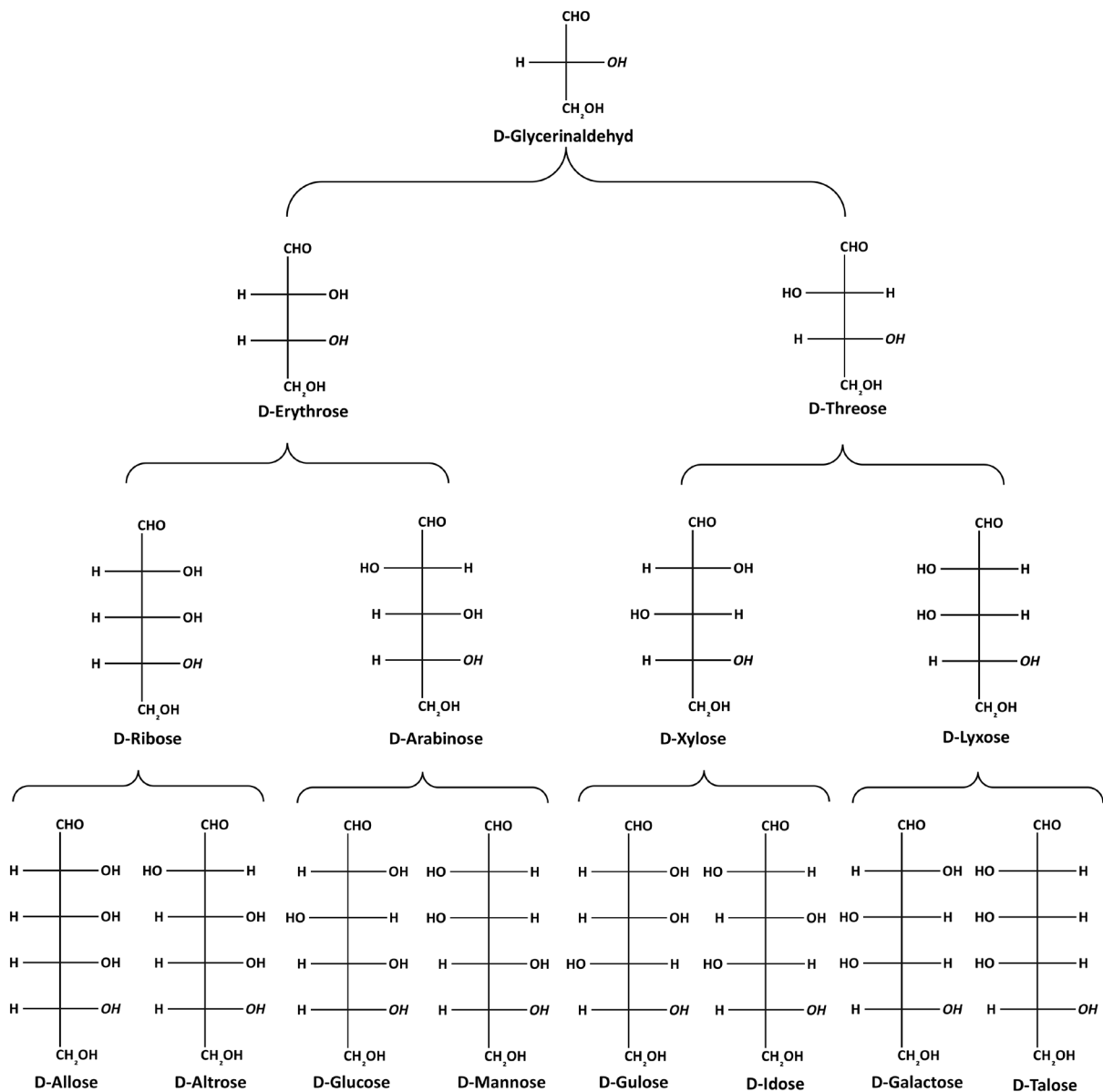


Abbildung 7.2: Stammbaum der D-Aldosen nach (Baltes & Matissek, 2011; Belitz & Grosch, 1992)

Gewinnung

Glucose, umgangssprachlich als *Traubenzucker* bezeichnet, ist ein Baustein vieler Oligo- und Polysaccharide. Für die Gewinnung von Glucose ist vor allem das Polysaccharid *Stärke* von Bedeutung. Durch Hydrolyse der Stärke mit Säuren oder aber auch durch enzymatischen Abbau mit α -Amylasen und Glucoamylasen ist Glucose zugänglich. Als Stärkerohstoffe dienen vorwiegend Mais, Kartoffeln und Weizen (Belitz & Grosch, 1992).

Verwendung

Glucose wird hauptsächlich zur menschlichen Ernährung in Getränken, Backwaren, Marmeladen und Süßigkeiten verwendet (Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009). Sie stellen mit ihrem

hohen Nährwert viel Energie zur Verfügung (physiologischer Nährwert beträgt ca. 4 kcal/g) (Schmidt, Lang, & Heckmann, 2007) . Der Mensch verstoffwechselt Zucker wie Glucose mit Hilfe des in der Bauchspeicheldrüse gebildeten Insulins. Für Diabetiker, deren Funktion der Bauchspeicheldrüse gestört ist, ist der übermäßige Verzehr von Zucker nicht geeignet, da dieser zu einer dauerhaften Erhöhung des Blutzuckerspiegels führt. Ferner wird Glucose aufgrund der schnellen Resorption als Nährpräparate und Arzneimittel eingesetzt (Belitz & Grosch, 1992).

7.1.2. Zuckeraustauschstoffe am Beispiel von Sorbitol und Xylitol

Aufbau

Unter *Zuckeraustauschstoffen* versteht man Zuckeralkohole. Zuckeralkohole sind die Alkohol-Homologen eines Zuckers. Anders als die Zucker besitzen die Zuckeralkohole weder eine Aldehyd- noch eine Keto-Gruppe, sondern lediglich Alkohol-Gruppen (Kempkes, 1985).

Sorbitol, oder kurz Sorbit, ist dabei das Homologe zur Glucose.

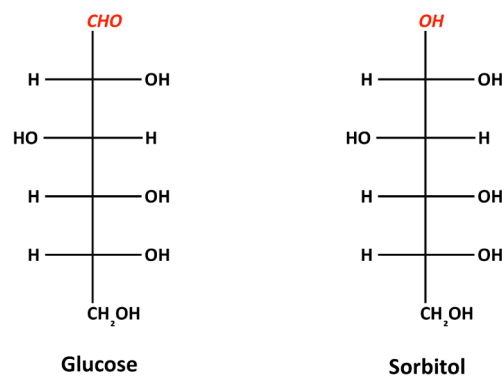


Abbildung 7.3: Glucose (links) und Sorbitol (rechts)

Xylitol, oder kurz Xylit ist das Homologe zur Xylose

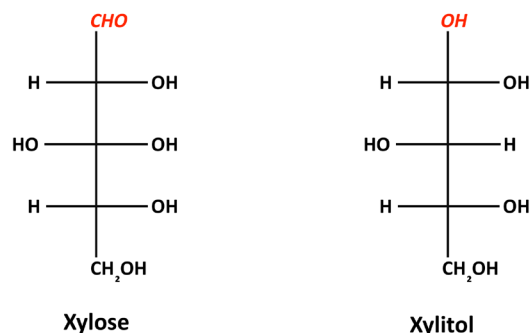


Abbildung 7.4: Xylose (links) und Xylitol (rechts)

Gewinnung

Sorbit leitet sich von Glucose ab. Deswegen wird Sorbit großtechnisch durch katalytische Hydrierung von Glucose hergestellt. Als Rohstoffe dienen folglich Mais, Kartoffeln und Weizen. Natürlich kommt Sorbit in den Früchten der Eberesche vor, welche jedoch für die technische Herstellung keine Rolle spielen (Belitz & Grosch, 1992).

Xylit kommt in vielen Früchten und Gemüsen natürlich vor. Es leitet sich von der Xylose ab (Trivialname *Holzzucker*). Als Rohstoff zur großtechnischen Herstellung dient Hemicellulose, dessen Hydrolyseprodukt unter anderem Xylose ist. Xylose wird wieder katalytisch zu Xylit hydriert (Belitz & Grosch, 1992).

Verwendung

Zuckeraustauschstoffe werden in gleichen Mengen wie Zucker eingesetzt, weswegen man von sogenannten *Bulk-Sweeteners* spricht. Die beiden Zuckeraustauschstoffe Sorbit und Xylit besitzen einen süßen Geschmack, belasten den Blutzuckerspiegel nicht und werden unabhängig von Insulin vom Körper abgebaut. Sorbit wird nur langsam resorbiert und zu Fructose umgewandelt. Xylit wird über den Pentose-Phosphat-Stoffwechsel abgebaut. Deswegen sind sie als Süßungsmittel für Diabetiker geeignet. Allerdings erzeugen Zuckeralkohole bei übermäßigem Verzehr Durchfälle (Baltes & Matissek, 2011).

Sorbit wird darüber hinaus auch als Feucht- und Weichhaltungsmittel für Süß- und Backwaren eingesetzt. Bei der Herstellung von zuckerfreien Süßwaren (z.B. Kaugummi) kann Sorbit zum Einsatz kommen (Belitz & Grosch, 1992).

Xylit wird ebenso zur Vermeidung von Karies verstärkt in Süßwaren, wie Bonbons und Kaugummis, eingesetzt, da Xylit die Kariesbildung hemmt (Baltes & Matissek, 2011).

Für die Verwendung in Süßgetränken sind Zuckeralkohole nicht zugelassen, da mit ihnen größere Mengen der Zuckeralkohole aufgenommen werden können, was zu unerwünschten Nebenwirkungen, wie Durchfällen, führen kann (Baltes & Matissek, 2011).

7.1.3. Süßstoffe am Beispiel von Aspartam und Cyclamat

Aufbau und Entdeckung

Süßstoffe haben per se keinen gemeinsamen Aufbau. Diese Klasse der Süßungsmittel setzt auf der Zunge an denselben Rezeptoren wie die Zucker und Zuckeraustauschstoffe an, was die Wahrnehmung eines süßen Geschmacks bewirkt.

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Süßstoffe, die meisten von ihnen werden synthetisch hergestellt. Das Extrakt der Stevia Pflanze zählt zu den natürlich vorkommenden Süßstoffen (Grupp, 1977). Aspartam (E 951) und Cyclamat zählen zu den bekanntesten Vertretern der künstlichen Süßstoffe, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

Aspartam ist ein Dipeptidester aus den Aminosäuren L-Asparaginsäure, L-Phenylalanin und Methanol.

Der süße Geschmack Aspartams war nicht abzusehen, da keines der Edukte süß schmeckt. Im Gegenteil: die beiden Aminosäuren haben einen bitteren Geschmack (Roth & Lück, 2012). Deswegen kam die Entdeckung auch eher zufällig durch ein Missgeschick des Chemikers Schlatters zustande (Ebermann & Elmadfa, 2011):

„Als ich die Verbindung in einem Kolben mit Methanol erhitzte, spritzte etwas vom Inhalt auf die Außenseite des Kolbens. So kam etwas Substanz an meine Finger. Als ich wenig später an meinen Fingern leckte, um ein dünnes Blatt Wägepapier hochzuheben, bemerkte ich einen stark süßen Geschmack. Zunächst dachte ich, dass ich noch vom Frühstück Zucker an meinen Fingern gehabt hätte. Wie dem auch sei, mir wurde aber schnell klar, dass dies nicht der Fall gewesen sein konnte, da ich inzwischen meine Hände gewaschen hatte. Ich verfolgte daher die Spur der Substanz auf meiner Hand rückwärts bis zu dem Kolben, in dem ich den Aspartylphenylalanin-methylester umkristallisiert hatte. Da mir klar war, dass ein Dipeptidester nicht toxisch sein konnte, probierte ich davon ein wenig und merkte, dass dies tatsächlich die gleiche Substanz war, die ich schon an meinem Finger geschmeckt hatte.“ zitiert nach Roth & Lück (2012, S. 175).

Die drei Stereoisomere zu Aspartam, welche aus anderen Kombinationen von D- und L-isomeren Aminosäuren (L/D; D/L; D/D) schmecken nicht süß, sondern bitter (Lutz & Pfeifer, 1989).

Genauso zufällig war die Entdeckung des Süßstoffes Cyclamat. Der Chemiker Sveda sollte im Zuge seiner Doktorarbeit fiebersenkende Wirkstoffe synthetisieren. Als er im Labor während seiner Arbeit eine Zigarette genoss, fiel ihm der ungewöhnlich süße Geschmack der Zigarette

auf. Die Zigarette lag offenbar vorher in der synthetisierten Cyclohexylsulfaminsäure, deren Natrium-, Kalium- und Calciumsalze süß schmecken. Diese Salze wurden unter dem Sammelbegriff *Cyclamat* zusammengefasst (Roth & Lück, 2012).

Herstellung

Aspartam wird heute direkt durch die Umsetzung des Phenylalaninmethylesters mit N-formyliertem Asparaginsäureanhydrid synthetisiert. Nebenprodukte dieser direkten Umsetzung werden durch Kristallisation abgetrennt (Roth & Lück, 2012).

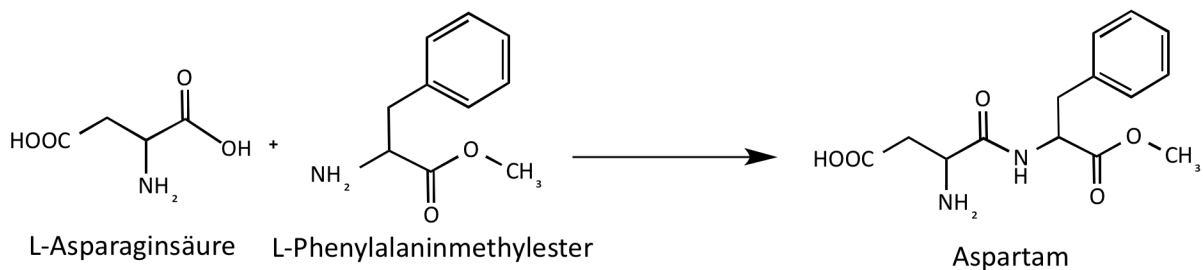


Abbildung 7.5: Synthese des Aspartams

Cyclohexylsulfaminsäure wird durch Chlorsulfonierung von Cyclohexylamin hergestellt. Die Reaktion mit NaOH, KOH oder Ca(OH)₂ liefert das entsprechende Cyclamat Salz (Roth & Lück, 2012).

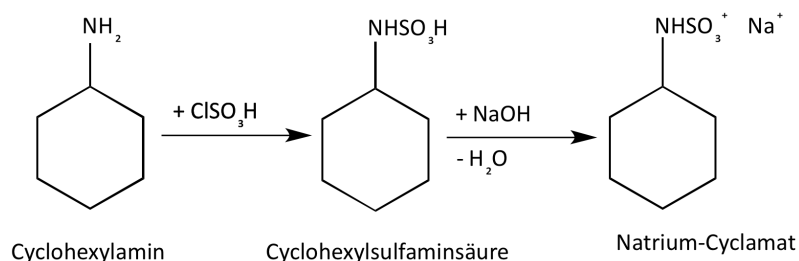


Abbildung 7.6: Synthese des Cyclamats

Verwendung

Süßstoffe besitzen eine vielfache Süßkraft im Vergleich zu Saccharose. Sie werden, ähnlich wie Zuckeraustauschstoffe, unabhängig von Insulin metabolisiert, unterscheiden sich jedoch in den Nährwerten. Süßstoffe besitzen für den Menschen keinen Nährwert²³. Alle diese Eigenschaften machen Süßstoffe eigentlich zu perfekten Süßungsmitteln in Lebensmitteln. Unter diesen Gesichtspunkten sind sie sowohl für eine diabetische als auch kalorienreduzierte Ernährung geeignet.

Viele Süßstoffe stehen allerdings wegen ihrer schlechten Verträglichkeit in Verruf.

²³ Als Dipeptid hat Aspartam einen Nährwert, der jedoch aufgrund der geringen aufgenommenen Mengen zu vernachlässigen ist.

Aspartamhaltige Lebensmittel müssen den Hinweis „enthält eine Phenylalaninquelle“ enthalten. Ein Zerfallsprodukt des Aspartams ist Phenylalanin, welches bei Phenylketonurie-Patienten zu schweren geistigen Entwicklungsstörungen und Epilepsie führen kann (Roth & Lück, 2012).

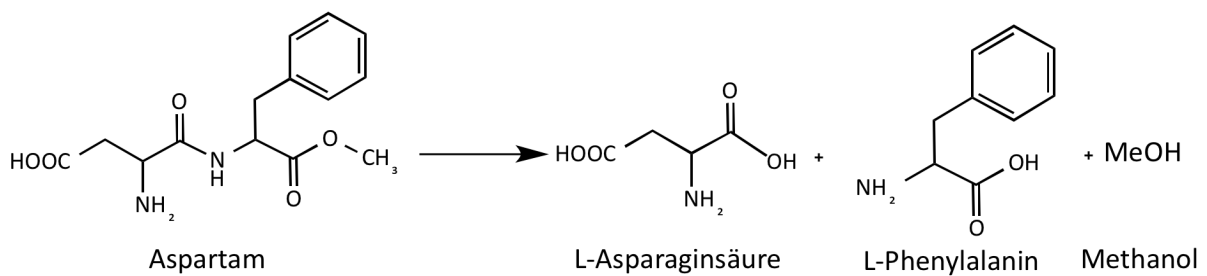


Abbildung 7.7: Aspartamhydrolyse

Darüber hinaus ist Aspartam als Oligopeptidester weniger stabil als andere Süßstoffe, Zucker oder Zuckeraustauschstoffe. So ist er zum Backen gänzlich ungeeignet. Durch die Zersetzung verschwindet nicht nur der süße Geschmack, er wird sogar durch einen bitteren ersetzt. Eine Eigenschaft, die man nur ungerne, z.B. beim Kuchenbacken, in Kauf nehmen würde. Folglich wird Aspartam im Wesentlichen zum Süßen von Getränken eingesetzt.

Cyclamat wird ebenso als Süßungsmittel in Lebensmittel eingesetzt. Anders als andere Süßstoffe bietet es den Vorteil, dass der Geschmack dem Rohrzucker am ähnlichsten ist und im Vergleich zu Saccharin kein metallischer Nachgeschmack vorhanden ist. In Kombination mit Saccharin ist der Süßstoff oftmals in Getränken vorhanden. Cyclamat stand im Verdacht, beim Verzehr kanzerogen zu wirken. Aufgrund dessen wurde es 1969 in den USA verboten. Obwohl Studien mehrfach belegten, dass weder Cyclamat noch eines der Abbauprodukte kanzerogene Eigenschaften besitzen, blieb der Stoff in den USA bis heute verboten (Roth & Lück, 2012).

7.1.4. Aspekte der Nachhaltigkeit

Über den Aspekt der Ernährung hinaus vermögen einige der hier vorgestellten Stoffe, Kunststoffe zu bilden.

Kunststoffe werden heute in vielen alltäglichen Situationen eingesetzt. Sei es in Form eines Plastiktüte im Supermarkt, in Form von technischen Geräten, wie Computer, Fernseher, Handys, in Form von CDs, in Haushaltsgegenständen, in Autos und in vielen weiteren Bereichen unseres täglichen Lebens. Ein Leben ohne Kunststoffe wäre also kaum denkbar. Die Gründe für den vielfältigen Einsatz der Kunststoffe sind einerseits die billige Produktion und andererseits die verschiedenen Eigenschaften der Kunststoffe. Je nach Einsatzgebiet lassen

sich harte, weiche, zähe, zerbrechliche oder spröde Kunststoffe herstellen (Roth & Lück, 2012). Die billige Verfügbarkeit macht Kunststoffe zu idealen billigen „Wegwerfartikeln“ (Garner, Huwer, Siol, Hempelmann & Eilks, 2015).

Dies führt auch direkt zum großen Nachteil der Kunststoffe, nämlich der sehr aufwendigen Entsorgung: weder das Verbrennen, noch das Deponieren scheinen langfristige und umweltschonende Entsorgungsmethoden zu sein. Gerade die Deponierung hat zusätzlich mit der langen Haltbarkeit der Kunststoffe zu tun: diese werden nämlich nur sehr langsam abgebaut. Damit einher gehen Umweltprobleme: Unsere Ozeane dienen mitunter als Mülldeponien. Ein Beispiel hierfür wäre der 1997 entdeckte und ca. 100 Millionen Tonnen schwere Teppich aus Kunststoffabfall vor der amerikanischen Westküste (Lohmann, 2014).

Lösungsansätze für die steigende Problematik liefert die Chemie: *biologisch abbaubare (biodegradable) Kunststoffe*. Diese Kunststoffe erfüllen im Idealfall gleich mehrere Aspekte der Nachhaltigkeit. Zum einen basieren die Stoffe nicht mehr auf fossilen sondern auf nachwachsenden Rohstoffen. Zum anderen sind sie auch biologisch abbaubar. Das heißt, sie sind kompostierbar (Huntemann & Parchmann, 2000).

Beispiele für biodegradable Kunststoffe sind *Celluloseacetat* (z.B. in Textilien), *Thermoplastische Stärke* (z.B. in Folien) oder *Polymilchsäure* (z.B. in Joghurtbechern) (Garner, Huwer, Siol, Hempelmann & Eilks, 2015).

Ein weiteres Beispiel, welches die Schülerinnen und Schüler im Experimentalpraktikum selbst herstellen, ist der duroplastische hochvernetzte Polyester aus Zitronensäure und Xylit bzw. Sorbit.

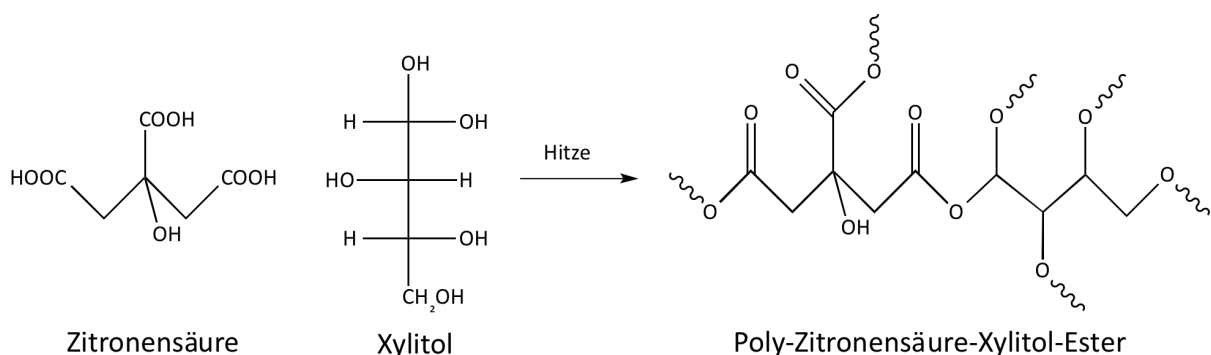


Abbildung 7.8: Polymerisation von Zitronensäure und Xylitol

An diesem Beispiel lässt sich gut das Drei-Säulen-Konzept der Nachhaltigkeit diskutieren. Nur Xylit erfüllt alle drei Kriterien, da dessen Rohstoffe in keiner Konkurrenz zu Lebensmitteln stehen.

7.2. Das Experimentalpraktikum

7.2.1. Didaktische Reduktion

Das Themenmodul wird im Zuge der organischen Chemie in der Klassenstufe 10 behandelt. Im Zuge dessen werden nur solche Süßungsmittel im Praktikum vorkommen, deren funktionelle Gruppen den Schülerinnen und Schülern bekannt sind. Einzige Ausnahme hierbei ist der Süßstoff Cyclamat.

Auf Reaktionsmechanismen wird gänzlich verzichtet, da die Betrachtung der organischen Chemie in der Klassenstufe 10 rein phänomenologischer Natur ist. Dies gilt sowohl für die Synthesen bzw. Gewinnung der Süßungsmittel als auch für deren Nachweisreaktionen.

Die Auswahl der Süßungsmittel unterlag ebenso Kriterien, welche die Nachweise der einzelnen Stoffe betreffen. So wurden die Süßungsmittel derartig ausgewählt, dass die auftretenden funktionellen Gruppen mit wenigen Versuchen nachzuweisen und somit einem Stoff eindeutig zuzuordnen sind.

Die Polymerisation aus Zitronensäure und Xylit ist nur phänomenologisch zu betrachten, da Kunststoffe eigentlich erst Thema der Oberstufe sind.

7.2.2. Lehrplankontext der Klassenstufe 10

Der Lehrplan der Klassenstufe 10 sieht im mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweig ein Experimentalpraktikum vor (Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes, 2008, S. 16). Eines der vorgeschlagenen Themenfelder für das Praktikum ist „Chemie im Alltag“.

Das Themengebiet Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe eignet sich gut, um im Zuge dieses Kontextes ein Schülerpraktikum zu ermöglichen. Ein Großteil der Zeit der Klassenstufe 10 (25 Unterrichtsstunden) beschäftigt sich mit der organischen Chemie. Dieses Themengebiet stellt für diese Schülerinnen und Schüler den erstmaligen Kontakt mit der organischen Chemie dar. Es werden einige Grundkenntnisse vermittelt, ehe verschiedene Stoffklassen, wie Alkohole, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren und deren Derivate, Aminosäuren, Peptide, Eiweiße und Kohlenhydrate, thematisiert werden.

Das Experimentalpraktikum ist derartig angelegt, dass die gewählten Stoffe die bekannten funktionellen Gruppen, d.h. Alkohole (z.B. Sorbit und Xylit), Aldehyde (z.B. Glucose), Peptidbindungen (z.B. Aspartam), enthalten.

Die Eigenschaften und Nachweise der einzelnen Stoffe (z.B. Fehling-Probe für den Nachweis von Glucose, Nachweis der Alkohole durch Oxidation mit Kaliumpermanganat, Nachweis von Peptidbindungen durch den Oligopeptidtest) können in dem Praktikum eingesetzt werden, um naturwissenschaftliche Fragestellungen selbst zu beantworten.

Unter dem Kontext Süßungsmittel werden nahezu alle, den Lernenden bekannten, funktionellen Gruppen angesprochen. Das Themenmodul stellt somit ein Überblick über nahezu den gesamten Inhalt des Kapitels „Einführung in die organische Chemie“ praktisch dar.

7.2.3. Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum

Die beiden vorbereitenden Unterrichtsstunden legen die Grundlagen für das Verständnis und die sachlogische Eingliederung des Experimentierens in die Unterrichtsreihe des Chemieunterrichts. Die Stundengestaltung lag in den Händen der jeweiligen Lehrkräfte. Da das Thema in dieser Form explizit im Lehrplan genannt wird, wurden für den vorbereitenden schulischen Unterricht Arbeitsblätter entwickelt (siehe Anhang 7.1-7.5).

Ein inhaltlich gleicher Rahmen war für alle Schulklassen gewährleistet, da im Vorfeld mit den entsprechenden Lehrkräften die Lernvoraussetzungen für das Experimentalpraktikum vereinbart wurden:

Die Schülerinnen und Schüler

- nennen die funktionellen Gruppen: Alkohole, Aldehyde, Carbonsäuren, Peptidbindungen, (Ester). [Wissen]
- sind in der Lage, in einer Strukturformel funktionelle Gruppe zu benennen. [Wissen]
- zeichnen Einfach-Zucker in der Fischer-Projektion [Wissen]
- nennen die Kryoskopie zur Bestimmung der Molaren Masse eines organischen Moleküls [Wissen]
- beschreiben die Fehling-Probe als Nachweisreaktion für Aldehyde [Verständnis]
- beschreiben die Ninhydrin-Probe als Nachweis für Peptid-Bindungen [Verständnis]
- beschreiben die Oxidation von Alkoholen und Aldehyden [Verständnis]

7.2.4. Kompetenzbereiche und Lernziele

7.2.4.1. Kompetenzbereiche

Die Kultusministerkonferenz hat 2005 für Deutschland verbindliche BILDUNGSSTANDARDS im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss eingeführt (KMK, 2005b; MNU, 2007). Diese Bildungsstandards des Faches Chemie werden in vier verschiedene Kompetenzbereiche unterteilt: die Inhaltsdimension FACHWISSEN und die drei Handlungsdimensionen ERKENNTNISGEWINNUNG, KOMMUNIKATION und BEWERTUNG (Kirsch, 2014). Für die Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 10 sind diese Kompetenzen verbindlich.

In dem entwickelten Bildungsangebot werden folgende Kompetenzbereiche des Fachs Chemie angesprochen:

Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften. (F1.1)
- beschreiben modellhaft den submikroskopischen Bau ausgewählter Stoffe. (F1.2)
- nutzen ein geeignetes Modell zur Deutung von Stoffeigenschaften auf Teilchenebene. (F2.2)

Erkenntnisgewinnung:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind. (E1)
- planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen. (E2)
- führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese. (E3)
- beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte. (E4)
- erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten. (E5)

- zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf (E8)

Kommunikation

Die Schülerinnen und Schüler ...

- recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen. (K1)
- prüfen Darstellungen in Medien hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit. (K3)
- stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt. (K5)
- protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse von Untersuchungen und Diskussionen in angemessener Form. (K6)
- argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig. (K8)
- planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team. (K10)

Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erkennen Fragestellungen, die einen engen Bezug zu anderen Unterrichtsfächern aufweisen und zeigen diese Bezüge auf. (B2)
- nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen. (B3)
- entwickeln aktuelle, lebensweltbezogene Fragestellungen, die unter Nutzung fachwissenschaftlicher Erkenntnisse der Chemie beantwortet werden können.(B4)
- diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven.(B5)

7.2.4.2. Lernziele

Stundenziel: Die Schülerinnen und Schüler probieren sich beim Experimentieren aus und sammeln Erkenntnisse über den Nachweis und Eigenschaften von Zucker, Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen.

Die folgende Tyler-Matrix systematisiert die Erwartungen (Lernziele) hinsichtlich Verhalten (Wissen, Verständnis, Anwendung und Analyse oder Bewertung) und Inhalt.

Dimension Inhalt	Wissen	Verständnis	Anwendung	Analyse/ Bewertung
Nachweis funktioneller Gruppen	<p>... benennen funktionelle Gruppen der organischen Chemie</p>	<p>...erklären die Farben bei der Oxidation von Kaliumpermanganat mit den Stoffen A,B,C,D, E</p> <p>... Erklären die Reaktion von Kaliumpermanganat mit Alkoholen</p> <p>... Erklären die Farbänderung bei positiver Fehling-Probe</p> <p>... Erklären die Kryoskopie</p> <p>... Unterscheiden Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</p>	<p>... beschreiben ein Experiment zur Bestimmung der molaren Masse.</p> <p>... beschreiben mindestens ein Experiment zum Nachweis von reduzierten Zuckern</p> <p>... beschreiben mindestens ein Experiment zum Nachweis von Peptid-Bindungen</p> <p>... beschreiben ein Experiment zum Nachweis von Natrium-Cyclamat</p> <p>... beschreiben ein Experiment zur Oxidation von Alkoholen</p>	<p>... Bewerten Hinweise auf diätischen Lebensmitteln, welche Zuckeraustauschstoffe oder Süßstoffe enthalten.</p> <p>... Bewerten experimentelle Situationen.</p>
Zucker, Zuckeraustauschstoffe, Süßstoffe	<p>... nennen zwei Zuckeraustauschstoffe</p> <p>... nennen zwei Süßstoffe</p>	<p>... erklären den Unterschied zwischen Zucker, Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen</p>	<p>... beschreiben ein Experiment zur Unterscheidung von Zucker, Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen</p>	<p>... bewerten den gesetzlich vorgeschriebenen Hinweis auf Lebensmitteln „enthält Phenylalanin“</p>

Abbildung 7.9: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe*

7.2.5. Ausrüstung für das Experimentalpraktikum

Pro Arbeitsplatz werden folgende Geräte benötigt:

Geräte	Menge
Heizplatte	1
Reagenzgläser A-E	5
Thermometer	2
Becherglas	1
DC-Kammer	1
Glaskapillare für DC	4

Abbildung 7.10: Geräte für jeden Arbeitsplatz

Pro Arbeitsplatz werden folgende Chemikalien benötigt:

Chemikalien	Menge
Fehling I Lösung ($\beta = 7\%$)	ca. 10 mL
Fehling II Lösung ($\beta = 30\%$)	ca. 10 mL
KMnO ₄ -Lösung ($\beta = 2\%$)	ca. 10 mL
Ninhydrin-Lösung ($\beta = 1\%$)	ca. 10 mL

Abbildung 7.11: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz

Für den gemeinsamen Gebrauch werden folgende Geräte benötigt:

Geräte	Menge
Feinwaage	3
Trockenschrank	1

Abbildung 7.12: gemeinsam genutzte Geräte

Für den gemeinsamen Gebrauch werden folgende Chemikalien benötigt:

Chemikalien	Menge
Ninhydrin in Zerstäuber	100 mL
Natriumnitrit	Vorratsgefäß
Bariumchlorid	Vorratsgefäß
DC-Folien	Pro Schülergruppe 1
L-Phenylalanin-Lösung (in verd. HCL)	10 mL
L-Asparaginsäure-Lösung (in verd. HCL)	10 mL
Aspartam-Lösung (in verd. HCL)	10 mL
Eiswasser mit Kochsalz für Kryoskopie	Pro Schülergruppe 200 mL

Abbildung 7.13: gemeinsam genutzte Chemikalien

7.2.6. Konzeption der Versuchsvorschrift

Der Konzeption der Versuchsvorschrift liegen dieselben Anforderungen zugrunde wie die des Themenmoduls „Wasserreinigung“ (Kapitel 5.2.7).

Ein einleitender Informationstext soll das in dem vorangegangenen Unterricht erworbene Vorwissen aktivieren.

Daran anknüpfend ist eine Tabelle mit den zu untersuchenden Stoffen und deren Eigenschaften eingefügt. Diese bietet genügend Platz um die funktionellen Gruppen der Stoffe aufschreiben zu können, was auch in Aufgabe 1 gefordert ist.

Die Aufgaben selbst haben gemäß der gewählten Methode des NanoBioLabs (Forschendes Experimentieren) einen offenen Charakter. Es ist allerdings zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler nicht alle Nachweisreaktionen auswendig wissen.

Zur Erinnerung werden auf zwei zusätzlichen Seiten Hilfestellungen gegeben. Diese führen alle notwendigen Versuche auf, lassen jedoch genügend Freiraum für eine kreative Umsetzung. Am ausführlichsten ist die Beschreibung der Dünnschichtchromatographie, da die Schülerinnen und Schüler von ihrem Wissensstand diese Analyseverfahren nicht kennen dürften.

Die Hilfestellungen gewährleisten jedoch nicht automatisch das erfolgreiche Bearbeiten der Aufgaben. Die Hilfestellungen sind bewusst nicht in der Reihenfolge angeordnet wie die Aufgabe. Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler sich wohl überlegen müssen, welche Hilfestellung sie für welche Aufgabe heranziehen.

Weiterhin stellt die Aufgabe 3 für die Lernenden die besondere Herausforderung dar, dass sie sich Gedanken über eine sinnvolle Reihenfolge der Nachweise und über deren Bedeutung machen müssen. Je besser die Jugendlichen im Team zusammenarbeiten und sich eine geschickte Reihenfolge der Experimente aussuchen, desto schneller können sie die unbekanntesten Stoffe A, B, C, D und E einem der fünf Stoffe auf der ersten Seite zuordnen.

Ferner wird nun von *Aufgaben* und nicht von *Versuchen* gesprochen. Dies ist notwendig, da der Begriff *Versuch* implizieren würde, dass es zur Lösung des Problems nur eines Versuchs bedarf. Deswegen wird den Schülerinnen und Schülern eine Aufgabe gestellt, die es mittels verschiedener Versuche zu lösen gilt.

7.2.7. Die Versuchsvorschrift

Süßstoffe und Zuckeraustauschstoffe

Es gibt viele Möglichkeiten, ein Lebensmittel zu süßen. Dies zeigt der Besuch im Supermarkt. Es gibt Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe.

Zucker sind in vielen Naturprodukten enthalten und dienen in der Ernährung neben Fetten als Hauptenergielieferant. Sie besitzen einen hohen Brennwert und fördern zudem Karies.

Zuckeraustauschstoffe besitzen dem Haushaltszucker ähnliche chemische Eigenschaften, werden allerdings vom Körper langsamer abgebaut.

Süßstoffe haben gegenüber Zucker oder Zuckerersatzstoffen den Vorteil, dass sie vom menschlichen Stoffwechsel nicht verwertet werden.

Die verschiedenen Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe schmecken alle süß. In ihren chemischen Eigenschaften unterscheiden sie sich jedoch.

	Sorbit	Glucose	Aspartam	Natrium-Cyclamat	Xylit
Summenformel	$C_6H_{14}O_6$	$C_6H_{12}O_6$	$C_{14}H_{18}N_2O_5$	$C_6H_{12}NNaO_3S$	$C_5H_{12}O_5$
Struktur	$ \begin{array}{c} CH_2OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ CH_2OH \end{array} $	$ \begin{array}{c} CHO \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ CH_2OH \end{array} $			$ \begin{array}{c} CH_2OH \\ \\ H-C-OH \\ \\ HO-C-H \\ \\ H-C-OH \\ \\ CH_2OH \end{array} $
Molare Masse	182 $g \cdot mol^{-1}$	180 $g \cdot mol^{-1}$	294 $g \cdot mol^{-1}$	201 $g \cdot mol^{-1}$	152 $g \cdot mol^{-1}$
Funktionelle Gruppen					
	Austauschstoff	Zucker	Süßstoff	Süßstoff	Austauschstoff

Aufgabe 1:

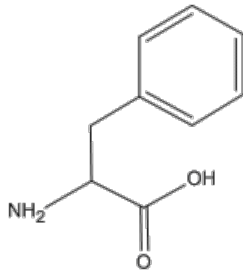
Identifiziere bei den verschiedenen Süßstoffen, Zuckeraustauschstoffen und Zucker funktionelle Gruppen und benenne diese.

Aufgabe 2:

Auf Lebensmitteln, welche Aspartam als Süßstoff enthalten, ist gesetzlich der Hinweis „Enthält Phenylalanin“ vorgeschrieben. Jedoch ist in den Zutaten kein Phenylalanin aufgeführt.

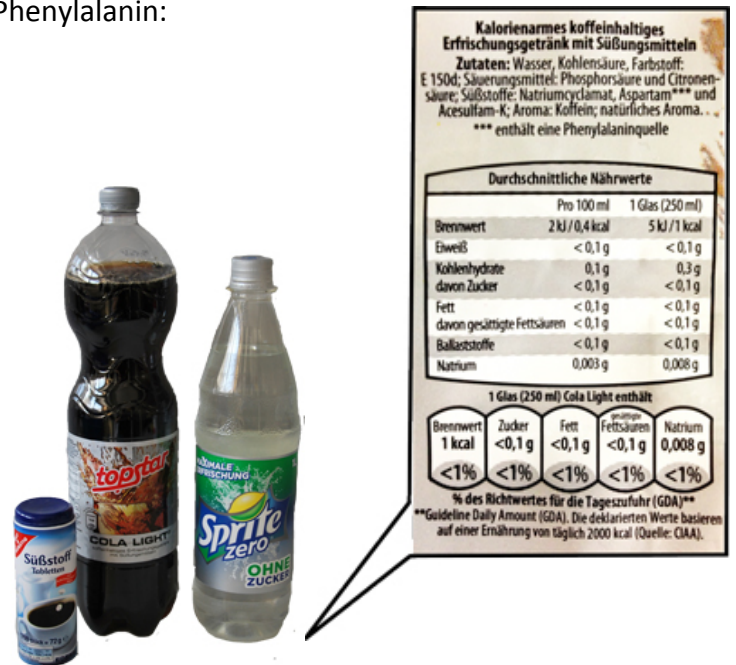
Erkläre mithilfe eines geeigneten Experiments, weshalb dieser Aufdruck dennoch sinnvoll ist.

Zur Erinnerung die Strukturformel von Phenylalanin:



Tipp:

Während der Wartezeit kannst du mit Aufgabe 3 beginnen!



Kalorienarmes koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln			
Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma...			
*** enthält eine Phenylalaninquelle			
Durchschnittliche Nährwerte			
	Pro 100 ml	1 Glas (250 ml)	
Brennwert	2 kJ / 0,4 kcal	5 kJ / 1 kcal	
Eiweiß	< 0,1 g	< 0,1 g	
Kohlenhydrate	0,1 g	0,3 g	
davon Zucker	< 0,1 g	< 0,1 g	
Fett	< 0,1 g	< 0,1 g	
davon gesättigte Fettsäuren	< 0,1 g	< 0,1 g	
Ballaststoffe	< 0,1 g	< 0,1 g	
Natrium	0,003 g	0,008 g	

1 Glas (250 ml) Cola Light enthält				
Brennwert	Zucker	Fett	gesättigte Fettsäuren	Natrium
1 kcal	< 0,1 g	< 0,1 g	< 0,1 g	0,008 g
< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%

% des Richtwertes für die Tageszufuhr (GDA)**
**Guideline Daily Amount (GDA). Die deklarierten Werte basieren auf einer Ernährung von täglich 2000 kcal (Quelle: CIAA).

Aufgabe 3:

Leider hat ein Chemiker vergessen, seine Chemikalien zu beschriften. Nun ist es deine Aufgabe die 5 Stoffe A, B, C, D und E eindeutig den oben aufgeführten Stoffen zuzuordnen.

Tipp:

Nutze hierzu die Eigenschaften der funktionellen Gruppen aus, welche du in Aufgabe 1 den Stoffen zugeordnet hast.

Aufgabe 4:

Polyestern gehören zu den Kunststoffen. Diese entstehen, wenn eine Säurefunktion mit einer Alkoholfunktion eines anderen Moleküls reagiert. Biokunststoffe unterscheiden sich von herkömmlichen Kunststoffen in ihren Bestandteilen. So sind Biokunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und sind im Idealfall auch wieder biologisch abbaubar.

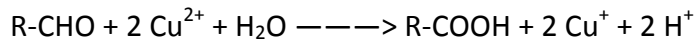
Welche der in Aufgabe 1 genannten Stoffe würdest du mit Zitronensäure reagieren lassen, um einen Biokunststoff herzustellen?

Diskutiere diese Frage mit einem Betreuer und stelle einen Biokunststoff her!

Hilfen

Fehling-sche Probe:

Bei Zugabe der Lösung der hellblauen *Fehlingschen Lösung I (Kupfersulfat)* zur farblosen *Fehlingschen Lösung II (Tatratlösung)* entsteht ein tiefblauer Kupfer-II-Komplex. Aldehyde sind in der Lage, das Kupfer zu reduzieren, so dass sich rotes Kupfer-I-oxid bildet. Unter Erwärmung verläuft die Reaktion schneller.



Oxidation

Alkohole und Aldehyde lassen sich mit KMnO_4 oxidieren. Dabei ändert sich die Farbe der Lösung.

Mn^{7+}	violett
Mn^{6+}	grün
Mn^{4+}	bräunlich bis gelblich
Mn^{2+}	farblos bis schwach rosa

Oligopeptid-Nachweis

Ninhydrin ist ein Nachweisreagenz für Aminosäuren und Oligopeptide.

Ninhydrin selbst ist ein farbloser Stoff.

Durch Erhitzen wird Ninhydrin in Anwesenheit von Aminosäuren oder Oligopeptiden zu einem **lila Farbstoff** reduziert.

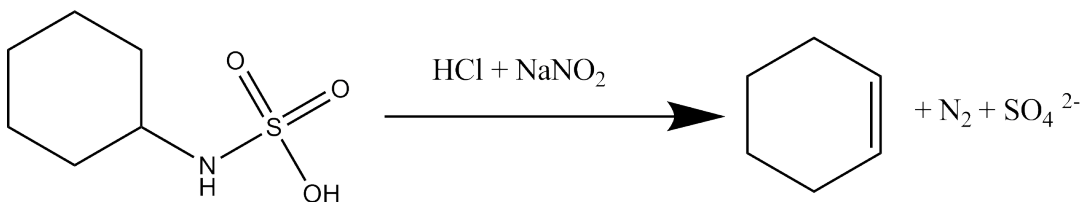
Spaltung von Sulfaminsäure-Gruppe/ Sulfat Nachweis

Manche Stoffe in der organischen Chemie enthalten *Sulfaminsäure-Gruppen*.

Diese lassen sich in Stickstoff (N_2) und Sulfat (SO_4^{2-}) spalten.

Hierzu verwendet man Natriumnitrit (NaNO_2) und wenige Tropfen konzentrierter Salzsäure (HCl).

ACHTUNG! Zuerst das Natrium-Cyclamat in Lösung vorlegen, dann NaNO_2 dazu und am Ende HCl .



Sulfate lassen sich mithilfe von Bariumchlorid (BaCl_2) nachweisen, da BaSO_4 als weißer Niederschlag ausfällt.

Bestimmung der Molaren Masse: (Kryoskopie)

Die molare Masse kann mithilfe von Kryoskopie (Gefrierpunktniedrigung) bestimmt werden.

ACHTUNG! Wichtig ist, darauf zu achten, dass ihr zur Unterscheidung zweier Stoffen immer dieselben Volumina und Massen verwendet!

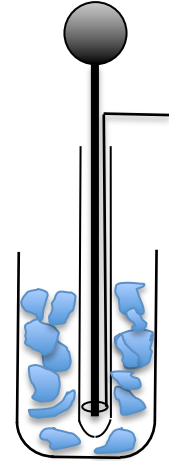
Die hierfür notwendige Formel lautet:

$$M = \frac{m \cdot E_n}{m_L \cdot \Delta T}$$

$E_n = 1860 \text{ g} \cdot \text{K} / \text{mol}$

$m_L = \text{Masse des Lösemittels}$

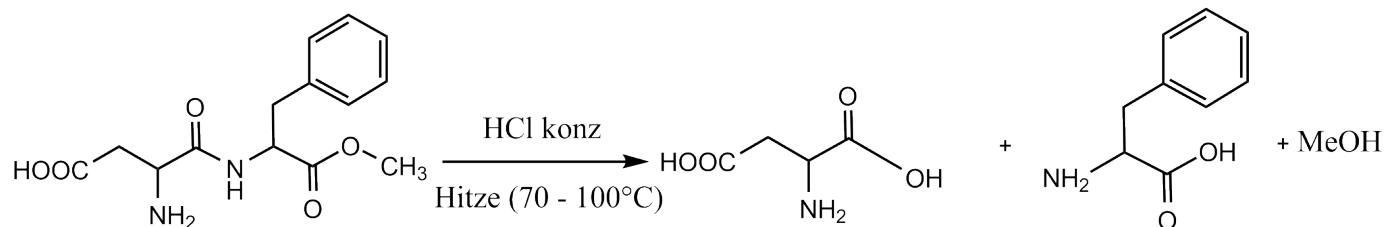
$m = \text{Masse des gelösten Stoffes}$



Hydrolyse (Spaltung) eines Peptids

Peptide lassen sich mit Hilfe der sauren Hydrolyse in ihre Ausgangsstoffe spalten.

Hierzu wird das zu spaltende Peptid mit konzentrierter HCl versetzt und ca. 30 min im Trockenschrank bei ca. 100 °C erhitzt.



Dünnschichtchromatografie (DC)

Die DC ist eine Methode zur Trennung und Identifizierung von Stoffen. Die Strecke, die ein Stoff in einer bestimmten Zeit zurücklegt, ist charakteristisch für genau diesen Stoff.

Zeichne mit dem Bleistift vorsichtig etwa 1 cm über dem unteren Rand der DC-Folie Punkte und gib mit einer Glaskapillare je einen kleinen Tropfen der zu untersuchenden Lösungen auf.

Lass den Tropfen trocknen und stelle die Folie in das mit Fließmittel gefüllte Schraubdeckelglas. Warte ca. 1 Stunde, bis du die Folie entnimmst.

Entnehme die Folie und trockne diese kurz.

Du kannst die Tropfen sichtbar machen, indem du sie mit Ninhydrin besprühst und ca. 3 min in den Trockenschrank bei ca. 100°C legst.

7.2.8. Versuchsdurchführung, Beobachtung und Deutung

Aufgabe 1:

Identifiziere bei den verschiedenen Süßstoffen, Zuckeraustauschstoffen und Zucker funktionelle Gruppen und benenne diese.

Stoff	Funktionelle Gruppen
Sorbitol	Alkohol
Xylitol	Alkohol
Aspartam	Peptidbindung, Ester, Carbonsäure
Na-Cyclamat	Sulfaminsäure
Glucose	Alkohol, Aldehyd

Aufgabe 2:

Auf Lebensmitteln, welche Aspartam als Süßstoff enthalten, ist gesetzlich der Hinweis „Enthält Phenylalanin“ vorgeschrieben. Jedoch ist in den Zutaten kein Phenylalanin aufgeführt.

Erkläre mit Hilfe eines geeigneten Experiments, weshalb dieser Aufdruck dennoch sinnvoll ist.

Versuchsdurchführung:

Eine Spatelspitze Aspartam wird in konzentrierter Salzsäure gelöst und für ca. 30 Minuten im Trockenschrank bei 100°C erhitzt. Anschließend wird eine Dünnschichtchromatographie durchgeführt. Zum Vergleich des Hydrolyseproduktes werden auf die DC-Folie salzsaure Lösungen von Aspartam, L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin gegeben. Nach einer Laufzeit von ca. 90 Minuten ist die Trennung gut genug, um die Stoffe unterscheiden können. Da die Stoffe auf der DC-Folie farblos sind, wird diese mit etwas Ninhydrin besprüht und für ca. 2-3 Minuten in den Trockenschrank gelegt.

Beobachtung:

Der Punkt des Hydrolyseproduktes auf der DC-Folie teilt sich auf. Diese beiden Punkte befinden sich auf exakt der Höhe von L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin.

Deutung:

Aspartam wird unter Hitze und Säurezugabe zu L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin zer-
setzt. Ähnliche Bedingungen herrschen im menschlichen Magen, sodass Aspartam auch dort
zersetzt wird. Menschen, die unter einer Phenylketonurie leiden, können Phenylalanin nicht
abbauen. Deswegen muss der Hinweis „enthält eine Phenylalaninquelle“ auf aspartamhalti-
gen Produkten angebracht sein.

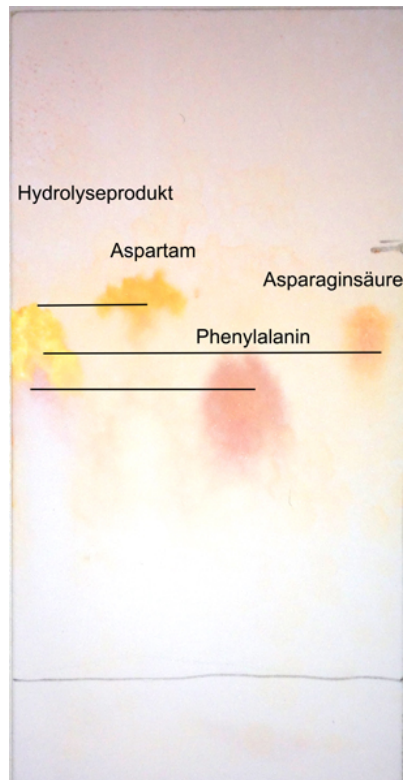


Abbildung 7.14: fertige Dünnschichtchromatographie

Aufgabe 3:

Leider hat ein Chemiker vergessen seine Chemikalien zu beschriften. Nun ist es deine Aufgabe, die 5 Stoffe A, B, C, D und E eindeutig den oben aufgeführten Stoffen zuzuordnen.

Die hier vorgeschlagene Reihenfolge der Versuche stellt eine Möglichkeit zur Identifikation der Stoffe dar. Viele andere Kombinationen, die gleichermaßen zum Ziel führen, sind denkbar. Die Abbildungen zeigen immer alle fünf Reagenzgläser, in denen die Versuche durchgeführt wurden. Die Stoffe sind nach der Reihenfolge der Stoffe auf dem Aufgabebblatt angeordnet.

1. Versuch: Fehling-Probe

1. Versuchsdurchführung:

In fünf Reagenzgläsern befinden sich jeweils einer der zu untersuchenden Stoffe in einer wässrigen Lösung. Jeder Stoff wird mit Fehling-I- und Fehling-II-Lösung versetzt. Die Reagenzgläser werden für wenige Minuten in ein erhitztes Wasserbad gestellt.

1. Beobachtung:

Das Reagenzglas, welches den Stoff B enthält verfärbt sich von tiefblau nach rotbraun.

1. Deutung:

Der Stoff B muss Glucose sein, da Glucose als einziger Stoff eine Aldehydfunktion besitzt.

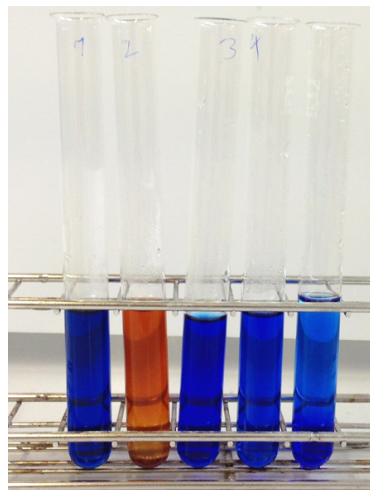


Abbildung 7.15: Ergebnis der Fehling-Probe

2. Versuch: Oligopeptidnachweis

2. Versuchsdurchführung:

In fünf Reagenzgläsern befinden sich jeweils einer der verbleibenden Stoffe in einer wässrigen Lösung. Jeder Stoff wird mit Ninhydrin-Lösung versetzt. Die Reagenzgläser werden für wenige Minuten in ein erhitztes Wasserbad gestellt.

2. Beobachtung:

Das Reagenzglas, welches den Stoff C enthält, verfärbt sich von farblos nach violett.

2. Deutung:

Der Stoff C muss Aspartam sein, da Aspartam als einziger Stoff eine Peptidbindung besitzt.

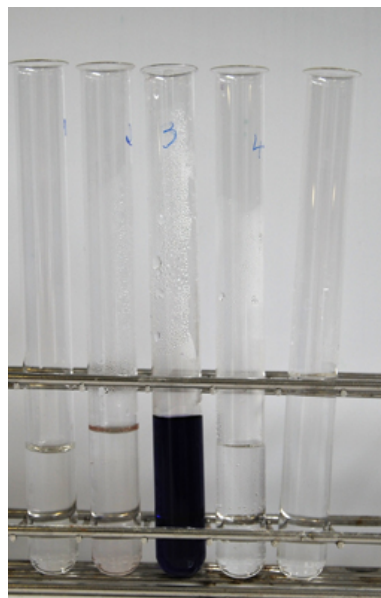


Abbildung 7.16: Ergebnis des Oligopeptidnachweises

3. Versuch: Nachweis der Sulfamingruppe

3. Versuchsdurchführung:

In drei Reagenzgläsern befinden sich jeweils einer der verbleibenden Stoffe in einer wässrigen Lösung. Jeder Stoff wird mit einer Spatelspitze Natriumnitrit und anschließend mit wenigen Tropfen konzentrierter Salzsäure versetzt.

Danach wird Bariumchlorid hinzugegeben.

3. Beobachtung:

In dem Reagenzglas, in dem sich der Stoff D befindet, steigen Gasbläschen auf. Nach Zugabe von Bariumchlorid bildet sich ein weißer Niederschlag.

3. Deutung:

Der Stoff D muss Natrium-Cyclamat sein, da nur bei Natrium-Cyclamat Sulfat-Ionen abgespalten werden können, welche mit Bariumchlorid als schwerlösliches Bariumsulfat gefällt werden kann.

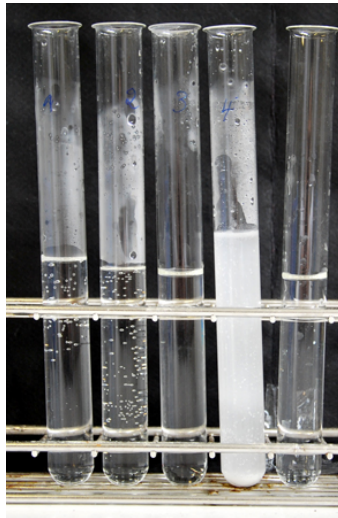


Abbildung 7.17: Ergebnis des Nachweises der Sulfaminsäuregruppe

4. Versuch: Bestimmung der molaren Masse

4. Versuchsdurchführung:

Es verbleiben die beiden Stoffe A und E. Exakt gleiche Mengen der beiden Stoffe werden in exakt gleichen Menge Wasser gelöst. Die Reagenzgläser mit den Lösungen werden in ein Becherglas mit einer Kältemischung aus Eis und Kochsalz gestellt. Die Temperatur der beiden Stoffe wird mit einem Stabthermometer gemessen.

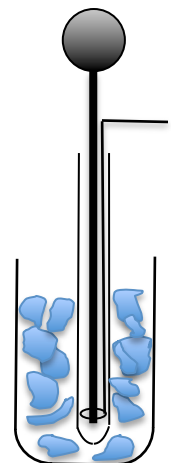
4. Beobachtung:

Die Lösung von Stoff E gefriert bei niedrigeren Temperaturen als die Lösung des Stoffes A.

4. Deutung:

Gemäß der Formel zur Berechnung der Molaren Masse muss der Stoff A Sorbitol und der Stoff E Xylitol sein.

Die Versuchsskizze sieht wie folgt aus:



Aufgabe 4:

Kunststoffe, wie Polyester, entstehen, wenn eine Säurefunktion mit einer Alkoholfunktion eines anderen Moleküls reagiert. Biokunststoffe unterscheiden sich von herkömmlichen Kunststoffen in ihren Bestandteilen. So sind Biokunststoffe meist aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und sind im Idealfall auch wieder biologisch abbaubar.

Welche der in Aufgabe 1 genannten Stoffe würdest du mit Zitronensäure reagieren lassen, um einen Biokunststoff herzustellen?

Diskutiere diese Frage mit einem Betreuer und stelle einen Biokunststoff her!

Versuchsdurchführung:

Gleiche Mengen Citronensäure und Xylitol werden in ein Reagenzglas gegeben und dieses mit einem Filterpapierstopfen derartig verschlossen, dass keine Flüssigkeit aus dem Reagenzglas herausspritzt. Das Reagenzglas wird in einer Mikrowelle vorsichtig erhitzt.

Beobachtung:

Die beiden weißen Feststoffe schmelzen zunächst. Nach kurzer Wartezeit steigen Gasbläschen auf und der Stoff verfärbt sich gelblich bis bräunlich. Nach der Reaktion ist der Stoff für kurze Zeit zähflüssig, sodass er in eine Form gegossen werden kann.

Deutung:

Die beiden Stoffe wurden zu einem Duroplasten verestert.

8. Studie zum Einfluss der Schülerpraktika auf die aktuelle Motivation und Kognition in Klassenstufe 5

8.1. Fragestellungen und Hypothesen

Die nun folgende Studie soll überprüfen, inwiefern sich das vorgestellte Schülerlabor-On-Tour Modell auf die aktuelle Motivation und Kognition der Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 auswirkt. Dabei wird die Auswirkung der jeweiligen Themenmodule (*Fette und Öle* sowie *Wasserreinigung*) im Einzelnen auf Kognition und aktuelle Motivation untersucht.

Im Folgenden werden die Fragestellungen und Hypothesen dargestellt. Die Hypothesen sind auf die in Kapitel 3 vorgestellten Grundlagen gestützt.

8.1.1. Fragestellung 1: Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf die aktuelle Motivation

- Wirkt sich das Themenmodul *Fette und Öle* positiv auf die aktuelle Motivation der Schülerinnen und Schüler aus? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?
- Wirkt sich das Themenmodul *Wasserreinigung* positiv auf die aktuelle Motivation der Schülerinnen und Schüler aus? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?
- Sind Unterschiede zwischen den Themenmodulen zu beobachten?

Hypothesen:

Nach beiden Praktika sollte eine höhere aktuelle Motivation zu beobachten sein als vor den Praktika. Es wird angenommen, dass beide Themenmodule sich gleich auf die aktuelle Motivation auswirken.

Wie in Kapitel 3.4.6 dargestellt, kann angenommen werden, dass Jungen eine höhere aktuelle Motivation besitzen als Mädchen (Schiefele, 2008). Schulunterschiede werden keine angenommen.

8.1.2. Fragestellung 2: Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)

- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul *Fette und Öle* des Schülerlabor-On-Tour Modells auf die vier Komponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?
- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul *Wasserreinigung* des Schülerlabor-On-Tour Modells auf die vier Komponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?
- Sind Unterschiede zwischen den Themenmodulen zu beobachten?

Hypothesen:

Nach beiden Praktika sollten die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung) höhere („bessere“) Werte aufweisen als vor den Praktika. Das bedeutet, dass Interesse, Herausforderung (hier im Sinne der Leistungsmotivation) und Erfolgserwartung steigen. Eine Steigerung der Erfolgserwartung sollte sich durch eine Senkung der Misserfolgserwartung zeigen.

Es wird angenommen, dass beide Themenmodule sich gleich auf die aktuelle Motivation auswirken.

Wie in Kapitel 3.4.6 dargestellt, kann angenommen werden, dass Jungen in den Komponenten Interesse, Herausforderung und Erfolgserwartung bessere Werte aufweisen als Mädchen. Dementsprechend sollten die Werte der Misserfolgserwartung bei Mädchen schlechter als bei den Jungen ausfallen.

Schulunterschiede werden keine angenommen.

8.1.3. Fragestellung 3: Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf den Wissenserwerb (Kognition)

- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul *Fette und Öle* des Schülerlabor-On-Tour Modells auf den Wissenserwerb? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich des Wissenserwerbs (Kognition) zu beobachten?
- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul *Wasserreinigung* des Schülerlabor-On-Tour Modells auf den Wissenserwerb? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich des Wissenserwerbs (Kognition) zu beobachten?

Hypothesen:

Nach beiden Praktika werden die in den Tyler-Matrices definierten Lernziele (vgl. Kapitel 5.2.4.2 und Kapitel 6.2.4.2) erreicht. Geschlechter- und Schulunterschiede werden keine angenommen.

8.1.4. Fragestellung 4: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der motivationalen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und dem Lernerfolg?
- Welche FAM-Faktoren sind in den Lernergebnissen nachweisbar?

Hypothesen:

Gemäß dem INVO-Modell (vgl. Kapitel 3.4.2 Erfolgreiches Lernen und aktuelle Motivation) stellt die aktuelle Motivation eine Komponente *Erfolgreichen Lernens* dar. Folglich wird eine positive Korrelation der aktuellen Motivation mit dem Wissenserwerb vermutet. Die Ausführungen in Kapitel 3.4 lassen vermuten, dass die Korrelation der FAM-Faktoren Herausforderung und Interesse hoch ausfällt.

8.1.5. Fragestellung 5: Ursachenprüfung

- Ist die angenommene Steigerung der aktuellen Motivation auf den Inhalt des Schülerlabor-on-Tour Modells oder auf die Neuartigkeit der Lernsituation (Novitätseffekt) zurückzuführen?

Hypothese:

Die angenommene Steigerung der aktuellen Motivation ist auf den Inhalt und weniger auf Novitätseffekte zurückzuführen.

8.2. Methode

8.2.1. Stichprobe

Die Evaluation des Schülerlabor-on-Tour Modells fand mit Genehmigung des Ministeriums für Bildung und Kultur in Kooperation mit vier saarländischen Schulen statt:

- Christian von Mannlich Gymnasium in Homburg,
- Albertus-Magnus-Gymnasium in St. Ingbert,
- Leibniz-Gymnasium in St. Ingbert
- Gymnasium am Steinwald in Neunkirchen

Gemäß den Vorgaben des Ministeriums für Bildung und Kultur wurden die Schulen, Lehrkräfte und Eltern in einem umfassenden Informationsschreiben über Art und Vorgehensweise der Evaluation des Schülerlabor-on-Tour Modells informiert. Die Einverständniserklärungen der Schulleitungen, der beteiligten Lehrkräfte sowie die der Erziehungsberechtigten wurden eingeholt. Die Teilnahme an dem Projekt „Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor“, in dessen Kontext das besagte Modell entwickelt wurde, war freiwillig. Die Teilnahme an den Experimentalpraktika setzte nicht zwingend die Teilnahme an der begleitenden Evaluation voraus.

Insgesamt nahmen fast alle Schülerinnen und Schüler an den Experimentalpraktika und den der begleitenden Evaluation teil. Lediglich wenige Schülerinnen und Schüler verweigerten die Teilnahme an der Evaluation.

Insgesamt waren 331 Schülerinnen und Schüler im Alter von neun bis zwölf Jahren an der Erhebung beteiligt. Der Altersdurchschnitt betrug 10,41 Jahre ($SD = .13$). Eine genaue Zuordnung war bei 44 Probanden aufgrund verweigerter Angabe nicht möglich. Unter den 331 Teilnehmern befanden sich 155 Mädchen und 134 Jungen. Bei 42 Teilnehmern war aufgrund verweigerter Angabe keine Zuordnung möglich.

8.2.2. Design und Ablauf der Studie

Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler nahmen im bestehenden Klassenverband an der Studie teil.

Zur Untersuchung des Wissenserwerbs wurde ein nicht-randomisierter Zwei-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest (quasi-experimentelles Design, Typ VI) und für die Untersuchung der aktuellen Motivation wurde ein nicht-randomisierter Ein-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest (vor-experimentelles Design, Typ IV) verwendet. (Rost, 2013)

Ferner wurde die Studie in einem Wartekontrollgruppen-Design durchgeführt. Das Wartekontrollgruppen-Design gilt im schulischen Kontext als effizient, da alle Schülerinnen und Schüler am Ende auf demselben Wissensstand sind und es damit zu keiner Benachteiligung einzelner Gruppen kommt. Dies ist von Vorteil, weil dadurch Problemen mit Eltern umgangen werden, die ihrer Kinder benachteiligt sehen könnten.

Ebenso wurde eine Entscheidung für die Durchführung im Klassenverband getroffen, weil dies eine Erleichterung bei der Durchführung im Schulalltag bedeutet. So ist es möglich, nur die jeweiligen Unterrichtsstunden im Fach Naturwissenschaften zur Durchführung der Studie (Evaluation, Unterricht und Experimentalpraktikum) in Anspruch nehmen zu müssen. Dies bedeutet, dass ein weiterer Unterrichtsausfall vermieden wird.

Der Evaluationszeitraum erstreckte sich von Januar 2014 bis einschließlich April 2014.

Von jeder teilnehmenden Schule wurde mindestens eine Schulklasse als Wartekontrollgruppe und mindestens eine Klasse als Experimentalgruppe bestimmt. Soweit es die Stundentafeln der jeweiligen Schulen zuließen, durchliefen alle Klassen, die als Wartekontrollgruppe deklariert wurden, die gesamte Evaluation zeitgleich. Gleiches gilt für alle Schulklassen, die als Experimentalgruppe bestimmt worden waren.

Die jeweiligen Testungen zu den Zeitpunkten T_0 , T_2 , T_4 , T_6 und T_8 fanden für alle Schulklassen einer Schule (also für alle Experimental- und Wartekontrollgruppen) zeitgleich statt, insofern es die Stundenpläne zuließen.

Folgende Abbildung 8.1 zeigt den Gesamtablauf (beider Themenmodule) der Evaluation im Wartekontrollgruppen-Design.

Zeitpunkt	Experimentalgruppe (VSG)	Wartekontrollgruppe (VGG)
T_0	Wissens-Vortest (ca. 25 min) FAM-Vortest (ca. 10 min)	Wissens-Vortest (ca. 25 min) FAM-Vortest (ca. 10 min)

Themenmodul: Öle und Fette

T_1	Treatment: Fette und Öle Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (90 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)	keine Aktion
T_2	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min)
T_3	keine Aktion	Treatment: Fette und Öle Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (90 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)
T_4	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min)	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)

Themenmodul: Wasserreinigung

T_5	Treatment: Wasserreinigung Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (90 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)	keine Aktion
T_6	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min)
T_7	keine Aktion	Treatment: Wasserreinigung Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (90 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)
T_8	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min)	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)

Abbildung 8.1: Ablauf der gesamten Evaluation

Zunächst wurden mit zwei Vortests die Werte der aktuellen Motivation und des Wissensstandes erhoben (Zeitpunkt T_0).

Anschließend wurde das erste Themenmodul durchgeführt.

Zu dem Zeitpunkt T_1 erhielt die Experimentalgruppe das Treatment gemäß dem Schülerlabor-on-Tour Modell (Vorbereitender Unterricht im Umfang von ca. zwei Schulstunden, Experimentalpraktikum im Umfang von zwei Unterrichtsstunden und Nachbereitung von ca. 20 Minuten). Während dieses Zeitpunkts erhielt die Wartekontrollgruppe kein Treatment, sondern beschäftigte sich im Naturwissenschaftsunterricht mit anderen Themen des Lehrplans. In der ersten Unterrichtsstunde nach dem vollständigen Durchlaufen des Treatments wurde bei beiden Gruppen (Versuchs- und Kontrollgruppe) der Wissensstand erhoben. Ferner wurden die Werte der aktuellen Motivation der Experimentalgruppe evaluiert (Zeitpunkt T_2).

Nach ca. fünf Wochen (Zeitpunkt T_3) erhielt die Wartekontrollgruppe das Treatment gemäß dem Schülerlabor-on-Tour Modell, während die Experimentalgruppe keine Intervention erfuhr. Zum Zeitpunkt T_4 (erste Unterrichtsstunde nach dem vollständigen Durchlaufen des Treatments seitens der Wartekontrollgruppe) wurden bei der Wartekontrollgruppe die aktuelle Motivation und der Wissensstand direkt nach dem Praktikum evaluiert. Der Wissensstand der Experimentalgruppe wurde ebenfalls getestet. Für diese Gruppe stellte der Test eine Überprüfung der Langzeitstabilität des Wissens dar, da sie in der Zwischenzeit kein weiteres Treatment erhielten.

Im Anschluss wurde das zweite Themenmodul zu den Zeitpunkten T_5 - T_8 analog durchgeführt.

Zur Untersuchung der *Fragestellung 5: Ursachenprüfung* (vgl. Kapitel 8.1.5) begannen lediglich drei der vier Schulen mit dem Themenmodul „Fette und Öle“ (zweites Themenmodul = „Wasserreinigung“). Die Gruppen des Christian von Mannlich Gymnasiums in Homburg führten die gesamte Evaluation in umgekehrter Reihenfolge durch (zuerst das Themenmodul „Wasserreinigung“ und dann das Themenmodul „Fette und Öle“).

Die gesamte Evaluation fand anonym statt. Alle Fragebögen und Tests wurden mit einem Code versehen, der es unmöglich macht, Rückschlüsse auf die Schülerinnen und Schüler zu ziehen.

8.2.3. Datenerhebung und Testinstrumente

8.2.3.1. Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM)

Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2001) entwickelten einen Fragebogen mit 18 Items zur Erfassung der aktuellen Motivation in Lern- und Leistungssituationen (= „FAM“). Dieser wurde zur Evaluation der aktuellen Motivation in der vorgestellten Studie eingesetzt. Wie in dem Grundlagenkapitel bereits erwähnt, sind die vier Dimensionen der aktuellen Motivation Misserfolgsbefürchtung, Erfolgswahrscheinlichkeit, Interesse und Herausforderung. Zur Abbildung der aktuellen Motivation werden diese vier Dimensionen in Form der vier FAM-Faktoren erfasst.

Die 18 Items des Fragebogens sind mit einer siebenstufigen Skala zu beantworten, welche von „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“ reicht.

Für die Untersuchung der aktuellen Motivation vor und nach den jeweiligen Treatments wurden der FAM modifiziert. Die Items wurden so modifiziert, dass sie direkten Bezug zu dem Lerngegenstand bzw. zum Experimentalpraktikum hatten. Dabei wurde die sehr allgemeine Formulierung „Aufgaben“ durch konkretere Bezeichnungen wie „Experimente“ und „Experimentieren“ ersetzt.

Der eingesetzte FAM-Vortest umfasst lediglich 14 Items, da einige Items (z.B. Item 7: „Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Experimente sehr interessant.“) im Vorfeld nicht beantwortet werden können. Der eingesetzte FAM-Nachtest enthält alle 18 Items.

Die Konsistenz der Skalen ist nach Rheinberg (2004b) hinreichend. Diese liegen im Fall der Skala Herausforderung im Mittel bei Cronbachs α^{24} um .70. Für die drei anderen Skalen liegen sie bei $\alpha > .70$.

Im Folgenden werden die vier FAM-Faktoren näher erläutert. Die dunkelgrau hervorgehobenen Items waren im Vortest nicht enthalten. Links findet sich die modifizierte Version des FAM und rechts die Originalversion nach Rheinberg, Vollmeyer und Burns (2001). Die verwendeten Fragebögen finden sich im Anhang.

Interesse:

Dieser Faktor bildet die *aktivierte Motivation* über den *Aufgabeninhalt* (Sachinteresse) ab. Hierunter wird die Vorliebe bzw. die Bedeutung, welche einer Aufgabe oder einem Gegen-

²⁴ Cronbachs α ist das Maß der internen Konsistenz einer Skala

stand zugemessen wird, verstanden. Ebenso wird mit ihm die Bereitschaft, sich über die Lernsituation hinaus mit dem Lerngegenstand zu beschäftigen, evaluiert (Rheinberg & Vollmeyer, 2000).

Siehe hierzu auch Kapitel 3.4.5 „Interesse“.

Eingesetzte Modifikation	Original
Ich mag solche Experimente.	Ich mag solche Rätsel und Knobeleyen
Bei den Experimenten mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.	Bei der Aufgabe mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt.
Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Experimente sehr interessant.	Nach dem Lesen der Instruktion erscheint mir die Aufgabe sehr interessant.
Bei Experimenten wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.	Bei Aufgaben wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß.
Solche Experimente würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	Eine solche Aufgabe würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.

Abbildung 8.2: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Interesse

Herausforderung:

Dieser Faktor bildet die *aktivierte Motivation* über die *Gelegenheit zur Erprobung der eigenen Tüchtigkeit* (Leistungsmotivation) ab. Dabei wird gemessen, wie sich die Situation und das Aufgabenformat auf die Leistungsmotivation auswirken. Siehe hierzu auch Kapitel 3.4.3 Herausforderung, Lern- und Leistungsmotivation.

Eingesetzte Modifikation	Original
Die Experimente sind eine richtige Herausforderung für mich.	Die Aufgabe ist eine richtige Herausforderung für mich.
Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich beim eigenständigen Experimentieren abschneiden werde.	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich hier abschneiden werde.
Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Experimenten voll anzustrengen.	Ich bin fest entschlossen, mich bei dieser Aufgabe voll anzustrengen.
Wenn ich die Experimente schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.	Wenn ich die Aufgabe schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein.

Abbildung 8.3: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Herausforderung

Erfolgswahrscheinlichkeit:

Dieser Faktor bildet die *aktivierte Motivation* über den *Grad der Zuversicht* ab (Erfolgserwartung). Die Erfolgserwartung hängt dabei stark von der subjektiven Einschätzung der Aufgabenschwierigkeit und der eigenen Kompetenzen ab. Siehe hierzu auch Kapitel 3.4.4 Erfolgs- und Misserfolgserwartung.

Eingesetzte Modifikation	Original
Ich glaube, der Schwierigkeit von Experimenten gewachsen zu sein.	Ich glaube, der Schwierigkeit dieser Aufgabe gewachsen zu sein.
Wahrscheinlich werde ich die Experimente nicht schaffen.	Wahrscheinlich werde ich die Aufgabe nicht schaffen.
Ich glaube, das kann jeder schaffen.	Ich glaube, das kann jeder schaffen.
Ich glaube, ich schaffe diese Experimente nicht.	Ich glaube, ich schaffe diese Aufgabe nicht.

Abbildung 8.4: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Erfolgswahrscheinlichkeit

Misserfolgsbefürchtung:

Dieser Faktor bildet die *aktivierte Motivation* ebenso über den *Grad der Zuversicht* ab (Erfolgserwartung). Dabei gibt die Misserfolgsbefürchtung Auskunft über subjektiv wahrgenommene Konsequenzen im Falle eines Scheiterns. Auch dieser Faktor bildet die *aktivierte Motivation* über den *Grad der Zuversicht* ab (Erfolgserwartung).

Eingesetzte Modifikation	Original
Ich fühle mich unter Druck, bei den Experimenten gut abschneiden zu müssen.	Ich fühle mich unter Druck, bei der Aufgabe gut abschneiden zu müssen.
Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich beim eigenständigen Experimentieren blamieren könnte.	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich hier blamieren könnte.
Es ist mir etwas peinlich, beim eigenständigen Experimentieren zu versagen.	Es ist mir etwas peinlich, hier zu versagen.
Wenn ich an die Experimente denke, bin ich etwas beunruhigt.	Wenn ich an die Aufgabe denke, bin ich etwas beunruhigt.
Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich.

Abbildung 8.5: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Misserfolgsbefürchtung

Um aussagekräftige Mittelwerte für die einzelnen FAM-Faktoren sowie für die Globalvariable bilden zu können, wurden die negativ gepolten Items analog zum vorherigen Kapitel derartig umgepolt, sodass der Skalenwert „7“ jeweils die beste und der Skalenwert „1“ die schlechteste Antwortmöglichkeit darstellt. Die positiv formulierten Items behalten ihre Polung bei.

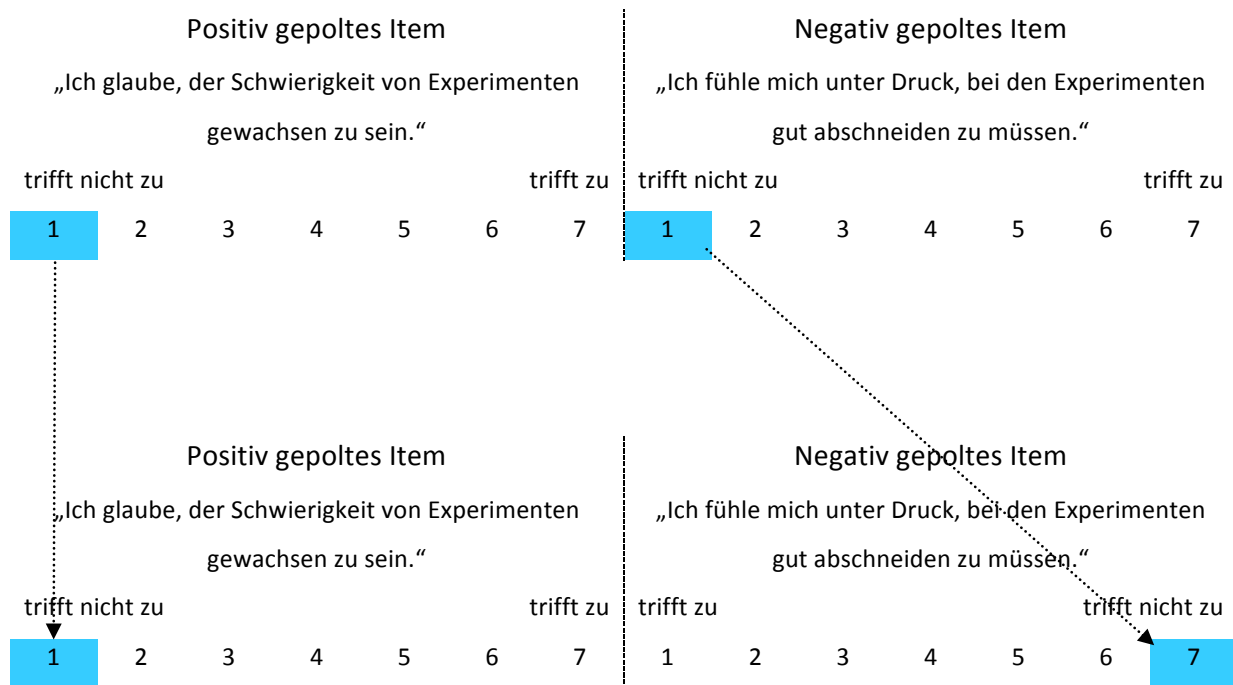


Abbildung 8.6: Umpolung der Skalenwerte bei negativ gepolten Items.

Nach der Umpolung betragen die Werte der einzelnen FAM-Faktoren (nach Umpolung) im ungünstigsten Fall 1,0, im besten Fall 7,0.

Die Globalvariable „Aktuelle Motivation“ wird im Folgenden als „Gesamtmotivation“ bezeichnet, um sie besser von den einzelnen FAM-Faktoren hervorzuheben. Die aktuelle Gesamtmotivation versteht sich als Mittelwert der vier einzelnen FAM-Faktoren.

8.2.3.2. Wissenstests

Zur Erhebung des Wissenserwerbs vor und nach der Intervention wurden selbst kriteriumsorientierte Wissenstests nach Klauer (1987) eingesetzt.

Dabei wurden zunächst Lernziele formuliert und in Tyler-Matrices eingeordnet. Aus diesen Tyler-Matrices wurde für beide Themenmodule ein gemeinsamer Vorwissenstest generiert, der elementare Kompetenzen beider Module testet. Weiterhin wurden zur Kontrolle des jeweiligen Lernzuwachses nach den beiden Treatments je zwei Wissenstest generiert. Dabei decken die gewählten Items alle Verhaltens- und Inhaltsdimensionen ab. Die entwickelten Tests wurden in der Folge mit den an der Evaluation beteiligten Lehrkräften abgestimmt und hinsichtlich der Aufgabenformulierung optimiert. Dabei wurde darauf Wert gelegt, die Formulierung der Aufgaben derartig zu gestalten, dass sie von sonstigen „Hausaufgabenüberprüfungen“ für die Schülerinnen und Schüler nicht zu unterscheiden sind. Infolgedessen konnten sie seitens der Lehrkräfte als *Lernerfolgskontrollen* verwendet werden.

Die Wissenstests enthalten, je nach Verhaltensdimension und Schwierigkeitsgrad, Freantwort- und Multiple-Choice-Aufgaben sowie Lückentexte (McMillian, 2001).

Die Wissens-Nachtests 1 (zu den Zeitpunkten T2 bzw. T6) enthielt für die jeweiligen Wartekontrollgruppen den Hinweis:

„Wir möchten gerne wissen, ob du dieses Quiz schon lösen kannst. Es ist nicht schlimm, wenn du Fragen nicht beantworten kannst. In diesem Falle lasse sie einfach weg bzw. mache einen Strich durch die Aufgaben.“

Dieser Hinweis erschien wichtig, weil die Wartekontrollgruppe zu den genannten Zeitpunkten noch keine Intervention (Unterricht und Experimentalpraktikum) erfahren. Es ist also zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler kein Vorwissen besitzen. Da sie dennoch den gleichen Test wie die Experimentalgruppen schreiben müssen, soll dadurch einer unmotivierten Stimmung vorgebeugt werden. Weiterhin waren die Wissenstests für die Schülerinnen und Schüler als *QUIZ* und nicht als *TEST* deklariert.

Die fünf Wissenstests sowie Musterlösungen mit einem Bewertungsschema sind im Anhang (8.3 bis 8.13) zu finden.

Da die Tests verschiedene *Gesamtpunktzahlen* besitzen, wurden die erreichten Ergebnisse in *Prozente* umgerechnet. Dies macht es möglich, die Ergebnisse in Form von Verläufen darstellen zu können und erlaubt einen Vergleich auf Intervallskalenniveau.

8.3. Ergebnisse

8.3.1. Statistische Auswertung – Einführung und Erklärung

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten wurde mit der IBM Software SPSS-Statistics 22 durchgeführt. Diese wird standardmäßig zur Auswertung statistischer Fragestellungen in den Sozialwissenschaften eingesetzt.

Die statistische Auswertung fand in drei Schritten statt.

Der erste Schritt war eine multivariate Varianzanalyse mit Messwiederholung²⁵. Sie zeigte Unterschiede in den Ausprägungen der Merkmale (Gruppenzugehörigkeit (Experimental- und Wartekontrollgruppe), Geschlecht und Schule) der aktuellen Motivation und Kognition zu den drei Messzeitpunkten eines jeden Themenmoduls. Für die Untersuchung des Wissenserwerbs waren die abhängige Variable dabei die Ergebnisse (Mittelwerte) der Wissenstests (Vortest, Nachtest 1 und Nachtest 2 eines jeden Themenmoduls); als Zwischensubjektfaktoren wurden Gruppenzugehörigkeit, Geschlecht und Schule verwendet. Für die Untersuchung der aktuellen Motivation waren die abhängige Variable dabei die Ergebnisse (Mittelwerte) des FAM (Vortest, Nachtest 1 (Fette) und Nachtest 2 (Wasserreinigung)); als Zwischensubjektfaktoren wurden Geschlecht und Schule verwendet.

Wurden statistisch signifikante Unterschiede²⁶ gefunden, zeigte im zweiten Schritt ein t-Test für verbundene Stichproben, zu welchen der drei Messzeitpunkten die Unterschiede für die jeweiligen Merkmale lagen. Hierbei wurden gepaarte Stichproben gerechnet und jeweils zwei der drei Testzeitpunkte miteinander verglichen.

Im Anschluss wurde in einem dritten Schritt der Einfluss der Zwischensubjektfaktoren *Gruppenzugehörigkeit*, *Geschlecht* und *Schule* auf den Wissenserwerb bzw. die aktuelle Motivation zu den genauen Testzeitpunkten mit einer multivariaten Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht.

Für die korrelativen Untersuchungen wurde eine bivariate Pearson-Korrelation²⁷ für die Ergebnisse der Wissenstests und die Ergebnisse der FAM-Tests gerechnet.

Den Hypothesentests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = .05$ ²⁸ zugrunde gelegt. Der Test auf Signifikanz erfolgte zweiseitig.

²⁵ Die Ergebnisse der MANOVA sind in der beiliegenden DVD zu entnehmen.

²⁶ Kenngrößen: *WILKS-LAMBDA* und *GREENHOUSE-GEISSER*

²⁷ Die *Pearson-Korrelation* ist ein Maß für die Stärke eines linearen Zusammenhangs zweier Variablen.

Effektgrößen werden mit *Cohens d* für T-Tests und in dem Wert *partielles Eta Quadrat* (η^2) angegeben.

Die Abbildungen in der nun folgenden Auswertung zeigen die aufgetragenen Mittelwerte der aktuellen Motivation bzw. die der einzelnen FAM-Faktoren zu den jeweiligen Testzeitpunkten. Die Skala des FAM reicht von 1,0 bis 7,0. Zum Vergleich und zur besseren Darstellung wird der Bereich von 4,5 bis 6,5 gewählt. Der gewählte Ausschnitt ergibt sich aus dem insgesamt kleinsten und größten gemessenen Mittelwert.

Die Mittelwerte sowie die Standardabweichungen werden gerundet auf zwei Nachkommastellen angegeben, da der kleinste Unterschied in der zweiten Nachkommastelle liegt. Die deskriptiven Statistiken im Anhang der Arbeit beinhalten die ungerundeten Werte.

Zur Visualisierung des Wissenszuwachses wurden die Mittelwerte der Testergebnisse in Prozent gegen die jeweiligen Testzeitpunkte aufgetragen. Die Skala hierbei reicht von 0 bis 100%.

Zur Vereinfachung werden die Treatments (Vorbereitender Unterricht, Experimentalpraktikum und Nachbereitung) mit einem Symbol gekennzeichnet:



= Themenmodul Fette und Öle



= Themenmodul Wasserreinigung

²⁸ ist die Wahrscheinlichkeit $p < \text{Signifikanzniveau } \alpha$, so sind die Unterschiede statistisch signifikant; die Konfidenzintervalle betragen damit 95%.

8.3.1.1. Untersuchungen zur Fragestellung 1

Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf die aktuelle Motivation

	Testzeitpunkt	H	M	SD
Paar 1 ²⁹	FAM-Vortest	214	5.57	.76
	FAM-Nachtest 1	214	5.72	.72
Paar 2	FAM-Vortest	254	5.57	.76
	FAM-Nachtest 2	254	5.60	.79
Paar 3	FAM-Nachtest 1	215	5.72	.72
	FAM-Nachtest 2	215	5.60	.80

Tabelle 8.1: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation³⁰

Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation

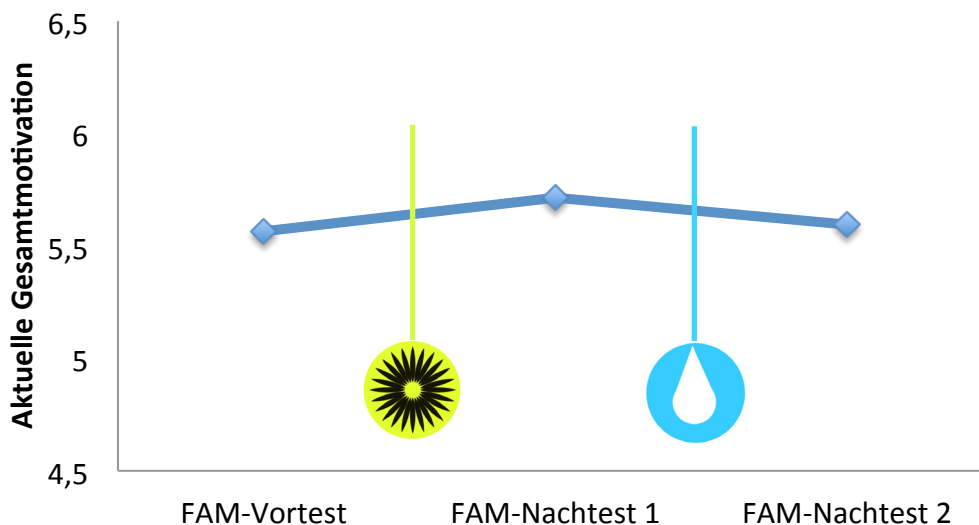


Abbildung 8.7: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant höhere Werte für die aktuelle Gesamtmotivation auf ($t_{213} = -3.078$; $p = .002^*$; $d = .20$).

Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* (FAM-Nachtest 2) sind Werte für die aktuelle Gesamtmotivation im Vergleich zum Vortest nicht signifikant verschieden ($t_{253} = -1.133$; $p = .258$ n.s.; $d = .10$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich signifikant ($t_{213} = 2.783$; $p = .006^*$; $d = .42$).

²⁹ PaarXY gibt im Folgenden jeweils an, welche beiden Tests als paarige Stichproben gerechnet wurden.

³⁰ H: absolute Häufigkeit, M: arithmetisches Mittel; SD: Standardabweichung.

Testzeitpunkt	Geschlecht	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	männlich	96	5.69	.73
	weiblich	117	5.46	.79
FAM-Nachtest 1	männlich	96	5.81	.72
	weiblich	117	5.64	.72
FAM-Nachtest 2	männlich	96	5.68	.80
	weiblich	117	5.53	.80

Tabelle 8.2: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Geschlechtern

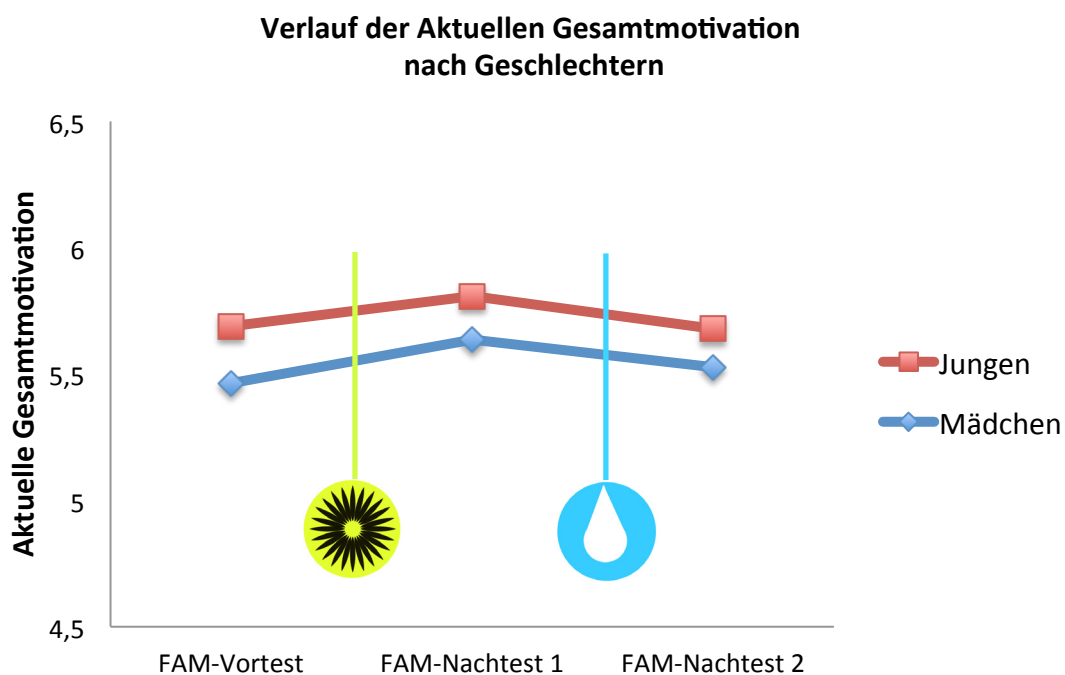


Abbildung 8.8: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Geschlechtern.

Zum Zeitpunkt des Vortests sind signifikante Geschlechtsunterschiede zu finden ($F_1 = -4.723$; $p = .031^*$; $\eta^2 = 0.30$). Die Werte nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (Nachtests 1) unterschieden sich hinsichtlich des Merkmals Geschlecht nicht signifikant; es besteht jedoch die Tendenz, dass die Jungen weiterhin über eine höhere aktuelle Motivation verfügen als Mädchen ($F_1 = 3.056$; $p = .080$ n.s.; $\eta^2 = 0.30$). Jungen und Mädchen unterscheiden sich in den Werten des Nachtests 2 (*Wasserreinigung*) ebenso nicht signifikant ($F_1 = 1.898$; $p = .170$ n.s.; $\eta^2 = 0.009$).

Signifikante Schulunterschiede können keine nachgewiesen werden ($F_1 = 1.314$; $p = .271$ n.s.; $\eta^2 = 0.19$).

8.3.1.2. Untersuchungen zur Fragestellung 2

Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)

a) Auswertung zum FAM-Faktor *Interesse*

	Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Paar 1	FAM-Vortest	214	5.66	1.62
	FAM-Nachtest 1	214	5.96	1.14
Paar 2	FAM-Vortest	214	5.66	1.62
	FAM-Nachtest 2	214	5.79	1.21
Paar 3	FAM-Nachtest 1	214	5.96	1.14
	FAM-Nachtest 2	214	5.79	1.21

Tabelle 8.3: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Interesse*

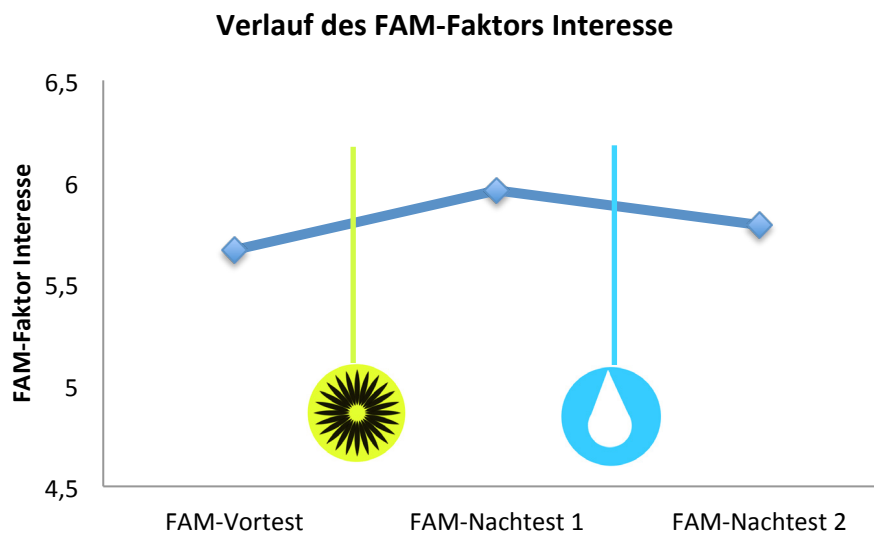


Abbildung 8.9: Verlauf des FAM-Faktors *Interesse*

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant höhere Werte für FAM-Faktor *Interesse* auf ($t_{240} = -3.231$; $p = .001^*$; $d = .30$). Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* (FAM-Nachtest 2) sind Werte für den FAM-Faktor *Interesse* im Vergleich zum Vortest nicht signifikant verschieden ($t_{253} = -1.821$; $p = .070$ n.s.; $d = .12$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich signifikant ($t_{214} = 2.408$; $p = .017^*$; $d = .25$).

Die Werte des FAM-Faktors *Interesse* unterscheiden sich weder im Merkmal Geschlecht ($F_1 = 1.008$; $p = .317$ n.s.; $\eta^2 = 0.005$) noch im Merkmal Schule signifikant ($F_3 = 2.134$; $p = .097$ n.s.; $\eta^2 = 0.030$).

b) Auswertung zum FAM-Faktor *Herausforderung*

	Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Paar 1	FAM-Vortest	214	5.50	.93
	FAM-Nachtest 1	214	5.00	1.26
Paar 2	FAM-Vortest	214	5.50	.93
	FAM-Nachtest 2	214	4.59	1.38
Paar 3	FAM-Nachtest 1	214	5.00	1.26
	FAM-Nachtest 2	214	4.59	1.38

Tabelle 8.4: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Herausforderung*

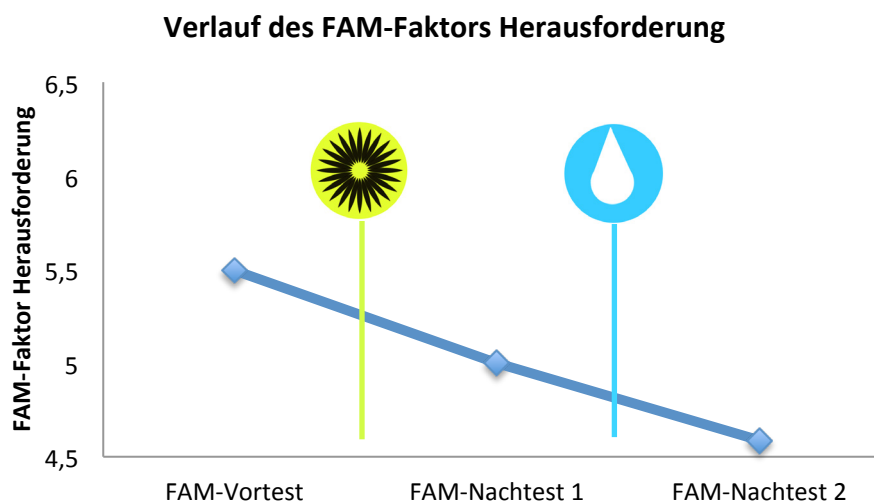


Abbildung 8.10: Verlauf des FAM-Faktors *Herausforderung*

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant geringere Werte für den FAM-Faktor *Herausforderung* auf ($t_{241} = 6.673$; $p < .001^*$; $d = .81$). Nach dem Themenmodul „Wasserreinigung“ (FAM-Nachtest 2) sind Werte für den FAM-Faktor *Herausforderung* im Vergleich zum Vortest signifikant kleiner ($t_{254} = 10.730$; $p < .001^*$; $d = 1.31$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich signifikant ($t_{214} = 4.666$; $p < .001^*$; $d = .47$).

Die Werte des FAM-Faktors *Herausforderung* unterscheiden sich im Merkmal Geschlecht zu keinem Testzeitpunkt ($F_1 = .997$; $p = .872$ n.s.; $\eta^2 = 0.003$).

Testzeitpunkt	Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	CvM	45	5.28	.97
	GaS	27	5.14	.75
	Leibniz	72	5.69	.80
	AMG	70	5.57	1.05
FAM-Nachtest 1	CvM	45	4.69	1.36
	GaS	27	4.73	1.43
	Leibniz	72	5.18	1.29
	AMG	70	5.12	1.05
FAM-Nachtest 2	CvM	45	4.46	1.35
	GaS	27	4.91	1.08
	Leibniz	72	4.28	1.59
	AMG	70	4.86	1.20

Tabelle 8.5: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Herausforderung* aufgeteilt nach Schulen

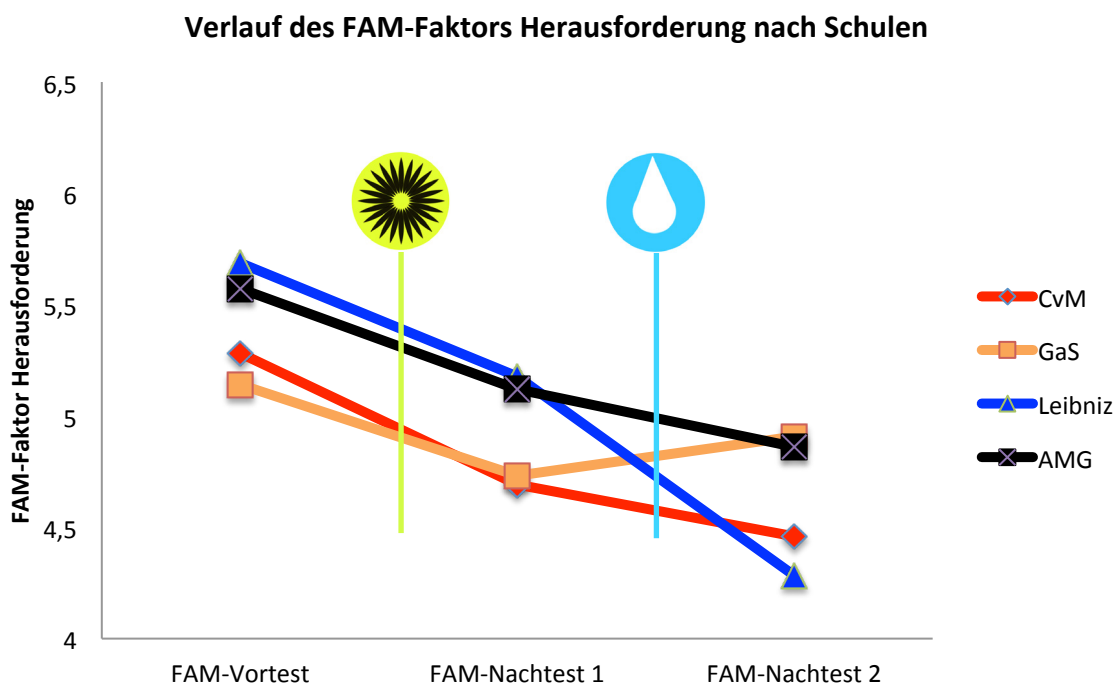


Abbildung 8.11: Verlauf des FAM-Faktors *Herausforderung* nach Schulen

Im Merkmal Schule lassen sich zu den Testzeitpunkten Vortest ($F_3 = 3.278$; $p = .022^*$; $\eta^2 = 0.046$) und Nachtest 2 ($F_3 = 2.858$; $p = .038^*$; $\eta^2 = 0.040$) signifikante Unterschiede beobachten. Zum Zeitpunkt Nachtest 1 sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten ($F_3 = 2.074$; $p = .105$ n.s.; $\eta^2 = 0.029$).

c) Auswertung zum FAM-Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit*

	Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Paar 1	FAM-Vortest	242	5.73	.82
	FAM-Nachtest 1	242	5.93	1.02
Paar 2	FAM-Vortest	255	5.73	.83
	FAM-Nachtest 2	255	6.01	.90
Paar 3	FAM-Nachtest 1	215	5.92	1.05
	FAM-Nachtest 2	215	5.98	.92

Tabelle 8.6: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit*

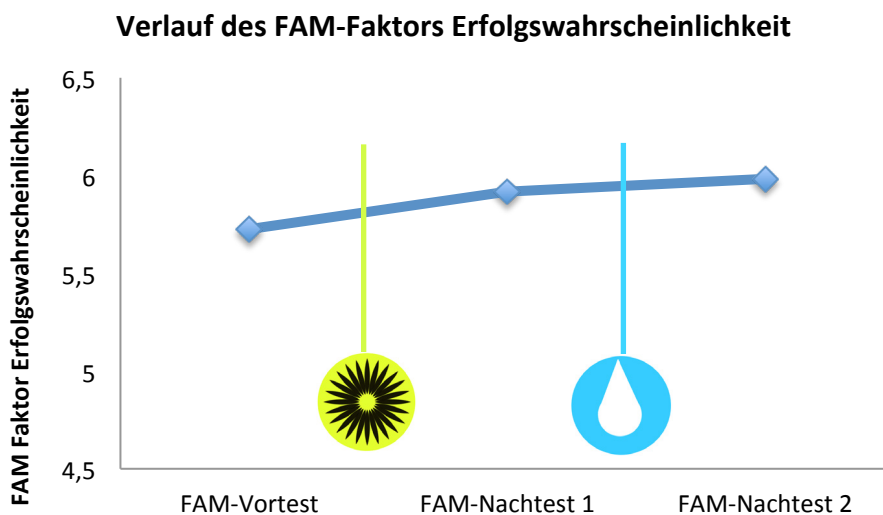


Abbildung 8.12: Verlauf des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit*

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant höhere Werte für den FAM-Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit* auf ($t_{241} = -3.024$; $p = .003^*$; $d = .47$). Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* (FAM-Nachtest 2) sind Werte für den FAM-Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit* im Vergleich zum Vortest signifikant höher ($t_{254} = -4.449$; $p < .001^*$; $d = .73$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($t_{214} = -.914$; $p = .362$ n.s.; $d = .14$).

Die Werte des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit* unterscheiden sich weder im Merkmal Geschlecht ($F_1 = 6.553$; $p = .011$ n.s.; $\eta^2 = 0.031$) noch im Merkmal Schule signifikant ($F_3 = .163$; $p = .921$ n.s.; $\eta^2 = 0.002$).

d) Auswertung zum FAM-Faktor *Misserfolgsbefürchtung*

	Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Paar 1	FAM-Vortest	242	5.34	1.28
	FAM-Nachtest 1	242	5.93	1.19
Paar 2	FAM-Vortest	255	5.46	1.23
	FAM-Nachtest 2	255	6.08	1.14
Paar 3	FAM-Nachtest 1	215	5.93	1.20
	FAM-Nachtest 2	215	6.05	1.16

Tabelle 8.7: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung*

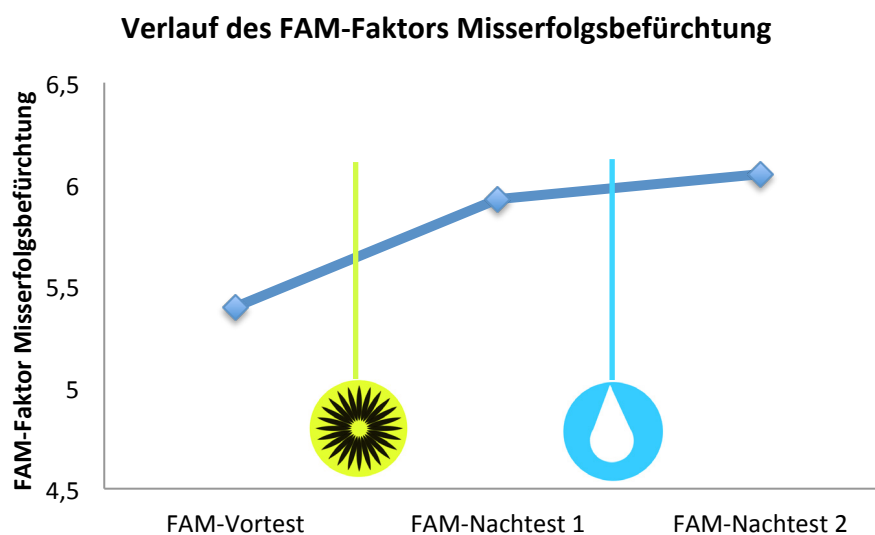


Abbildung 8.13: Verlauf des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung*

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant höhere Werte³¹ für den FAM-Faktor *Misserfolgsbefürchtung* auf ($t_{241} = -7.714$; $p < .001^*$; $d = .78$). Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* (FAM-Nachtest 2) sind Werte für den FAM-Faktor *Misserfolgsbefürchtung* im Vergleich zum Vortest signifikant höher ($t_{254} = -9.189$; $p < .001^*$; $d = .89$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($t_{214} = -1.579$; $p = .116$ n.s.; $d = .17$).

³¹ Es sei nochmals darauf verwiesen, dass höhere Werte in diesem Zusammenhang eine niedrigere Ausprägung der Misserfolgsbefürchtung bedeuten.

Testzeitpunkt	Geschlecht	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	männlich	97	5.72	1.17
	weiblich	117	5.11	1.24
FAM-Nachtest 1	männlich	97	6.15	1.16
	weiblich	117	5.75	1.21
FAM-Nachtest 2	männlich	97	6.19	1.13
	weiblich	117	5.93	1.17

Tabelle 8.8: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* aufgeteilt nach Geschlechtern

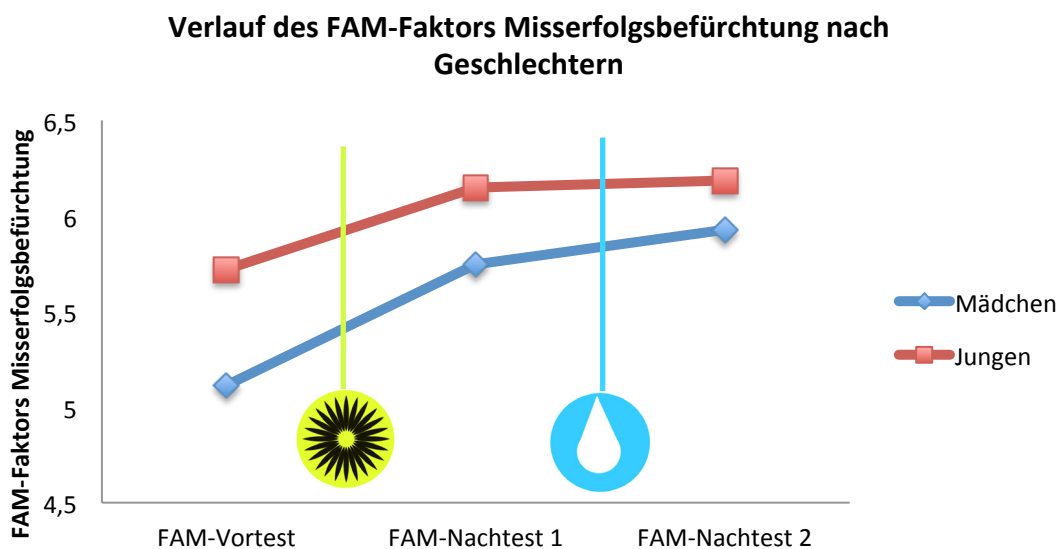


Abbildung 8.14: Verlauf FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* aufgeteilt nach Geschlechtern.

Die Werte der Jungen sind zum Zeitpunkt des Vortests ($F_1 = 14.982$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .068$) und nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (Nachtest 1) ($F_1 = 7.869$; $p = .006^*$; $\eta^2 = .037$) signifikant höher als die der Mädchen. Zum Zeitpunkt des Nachtests 2 können keine signifikanten Geschlechtsunterschiede beobachtet werden ($F_1 = 2.133$; $p = .146$ n.s.; $\eta^2 = 0.10$).

Testzeitpunkt	Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	CvM	45	5.59	1.10
	GaS	27	5.78	1.20
	Leibniz	72	5.54	1.05
	AMG	70	4.95	1.43
FAM-Nachtest 1	CvM	45	5.96	1.32
	GaS	27	6.15	1.10
	Leibniz	72	6.09	1.05
	AMG	70	5.66	1.29
FAM-Nachtest 2	CvM	45	5.67	1.35
	GaS	27	6.50	.63
	Leibniz	72	6.46	.87
	AMG	70	5.68	1.24

Tabelle 8.9: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* aufgeteilt nach Schulen

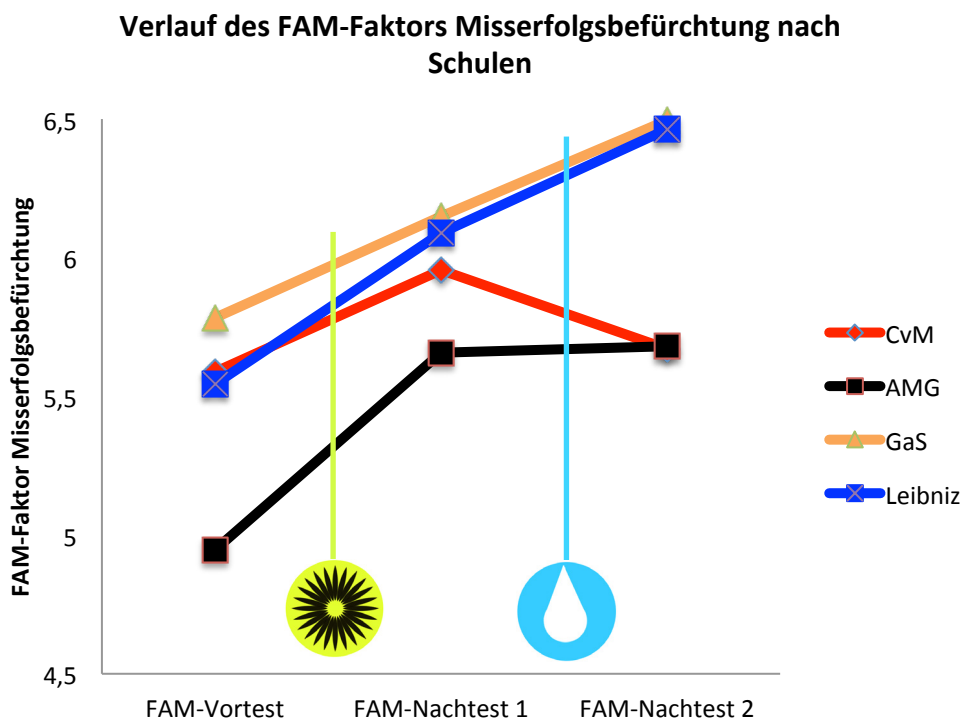


Abbildung 8.15: Verlauf FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* aufgeteilt nach Schulen.

Die Werte des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* unterscheiden sich im Merkmal Schule zu den Testzeitpunkten Vortest ($F_3 = 5.082$; $p = .002^*$; $\eta^2 = 0.069$) und Nachtest 2 ($F_3 = 8.862$; $p < .001^*$; $\eta^2 = 0.114$) signifikant voneinander. Zum Zeitpunkt Nachtest 1 sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten ($F_3 = 2.063$; $p = .106$ n.s.; $\eta^2 = 0.029$).

8.3.1.3. Untersuchungen zur Fragestellung 3

Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf den Wissenserwerb (Kognition)

a) Auswertung zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle*

	Gruppe	H	M	SD
Vortest (T0)	VSG	140	25.07	15.11
	VGG	87	21.90	13.03
Nachtest 1 (T2)	VSG	140	75.93	20.47
	VGG	87	40.35	19.93
Nachtest 2 (T4)	VSG	140	76.36	21.19
	VGG	87	81.93	14.89

Tabelle 8.10: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle*

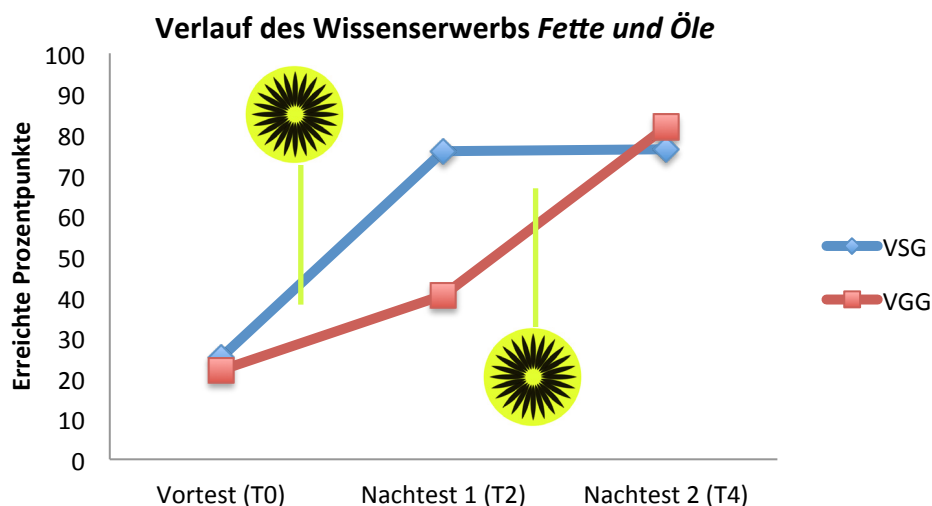


Abbildung 8.16: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle*. Zum Zeitpunkt T1 erhielt die Experimentalgruppe (VSG) das Treatment, während die Wartekontrollgruppe (VGG) keine Intervention erhielt.

Zum Zeitpunkt T3 erhielt die Wartekontrollgruppe (VGG) das Treatment, während die Experimentalgruppe (VSG) keine Intervention erhielt.

Zu Beginn (Zeitpunkt T0) unterscheiden sich die erreichten Prozentpunkte der Versuchs- und Kontrollgruppe nicht signifikant ($F_1 = 2.753$; $p = .098$ n.s.; $\eta^2 = .015$). Zum Zeitpunkt T2 erreicht die Experimentalgruppe (VSG) signifikant höhere Werte als die Wartekontrollgruppe, die zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhielt ($F_1 = 223.407$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .476$). Zum Zeitpunkt T4 (nachdem beide Gruppen dieselbe Intervention erhalten haben) erreichen beide Gruppen die gleichen Werte ($F_1 = 2.266$; $p = .136$ n.s.; $\eta^2 = .010$).

Die Experimentalgruppe erreicht zum Zeitpunkt T2 (nach der Intervention) einen signifikant höheren Wert als zum Zeitpunkt T0 (vor der Intervention) ($t_{153} = -30,480$; $p < .001^*$; $d = .31$).

Nach sechs Wochen (Zeitpunkt T4) erreicht die VSG immer noch einen Wert, der nicht signifikant vom Zeitpunkt T2 verschieden ist ($t_{153} = -.218$; $p = .828^*$; $d = .01$).

Die Wartekontrollgruppe erreicht zum Zeitpunkt T2 einen signifikant höheren Wert als zu Zeitpunkt T0 ($t_{153} = -10.093$; $p < .001^*$; $d = .12$). Nach der Intervention (T4) erreicht die VGG einen signifikant höheren Wert als vorher (T2) ($t_{153} = -21.313$; $p < .001^*$; $d = .27$).

	Testzeitpunkt	Geschlecht	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
VSG	Wissens-Vortest	männlich	58	29.14	15.54
		weiblich	82	22.20	14.21
	Wissens-Nachtest 1	männlich	58	79.87	22.36
		weiblich	82	73.14	18.66
	Wissens-Nachtest 2	männlich	58	79.40	21.39
		weiblich	82	74.21	20.91
VGG	Wissens-Vortest	männlich	43	25.12	14.41
		weiblich	44	18.75	10.79
	Wissens-Nachtest 1	männlich	43	39.77	20.69
		weiblich	44	40.91	19.39
	Wissens-Nachtest 2	männlich	43	82.03	15.81
		weiblich	44	81.82	14.12

Tabelle 8.11: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle* aufgeteilt nach Geschlechtern und Gruppen

Verlauf des Wissenserwerbs *Fette und Öle* nach Geschlecht und Gruppe

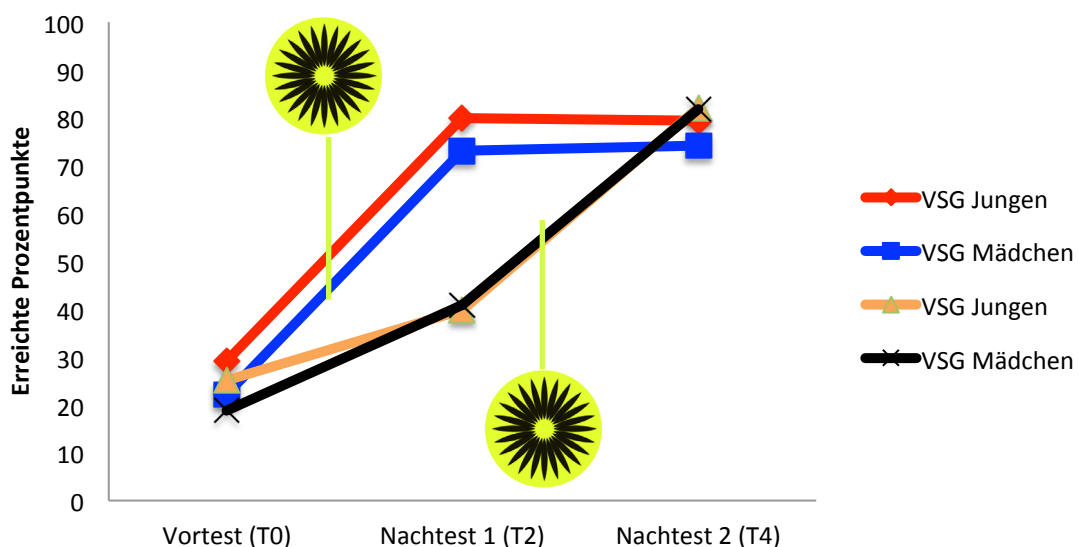


Abbildung 8.17: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle* aufgeteilt nach Gruppen und Geschlechtern

Geschlechtsunterschiede machen sich nur bei der Experimentalgruppe bemerkbar. Die Jungen erreichen zum Zeitpunkt T0 einen signifikant höheren Wert als die Mädchen ($F_1 = 4.160$;

$p = .043^*$; $\eta^2 = .030$). Nach der Intervention sind zu den Zeitpunkten T2 ($F_1 = 1.970$; $p = .163$ n.s.; $\eta^2 = .015$) und T4 ($F_1 = .122$; $p = .728$ n.s.; $\eta^2 = .001$) keine signifikanten Unterschiede mehr zu beobachten. In der Wartekontrollgruppe treten zu keinem Zeitpunkt Geschlechtsunterschiede auf ($F_1 = .019$; $p = .981$ n.s.; $\eta^2 < .001$).

Testzeitpunkt		Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest		CvM	23	20.43	8.91
		GaS	25	18.40	11.15
		Leibniz	41	35.73	18.19
		AMG	51	21.86	11.83
FAM-Nachtest 1		CvM	8	73.59	18.29
		GaS	-	-	-
		Leibniz	41	91.71	14.69
		AMG	51	69.36	18.84
FAM-Nachtest 2		CvM	23	73.26	20.48
		GaS	25	66.40	29.03
		Leibniz	41	86.52	15.01
		AMG	51	74.46	18.34

Tabelle 8.12: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle* aufgeteilt nach Schulen

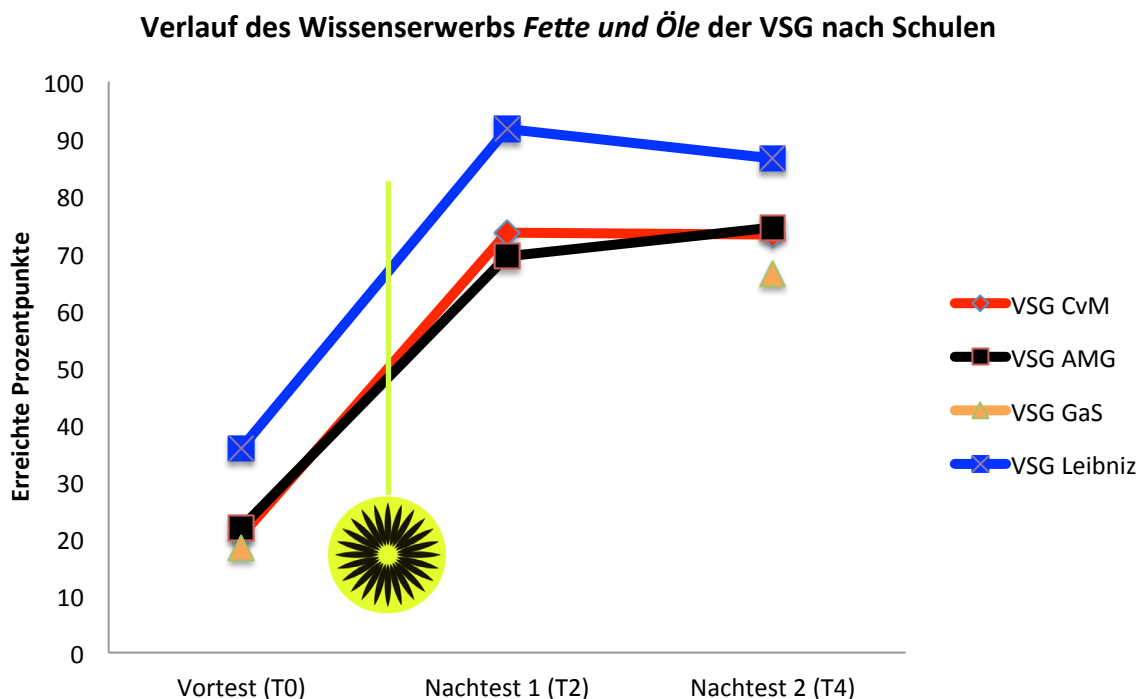


Abbildung 8.18: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Fette und Öle* für die Experimentalgruppe aufgeteilt nach Schulen

Für die Experimentalgruppe lassen sich Schulunterschiede beobachten. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler der VSG des Leibniz Gymnasiums zu allen Zeitpunkten signifikant höhere Werte als die Experimentalgruppen der drei anderen Schulen. Aussagen über den

Verlauf des Gymnasiums am Steinwald können keine getroffen werden, da die Ergebnisse des Nachtests 1 nicht mehr zu rekonstruieren waren³².

Zeitpunkt T0: $F_3 = 11.384$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .202$

Zeitpunkt T2: $F_3 = 15.085$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .251$

Zeitpunkt T4: $F_3 = 6.067$; $p = .001$ *; $\eta^2 = .120$

Die anderen Schulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Für die Wartekontrollgruppe lassen sich keine signifikanten Schulunterschiede beobachten.

Zeitpunkt T0: $F_3 = 1.390$; $p = .250$ n.s.; $\eta^2 = .037$

Zeitpunkt T2: $F_3 = .920$; $p = .403$ n.s.; $\eta^2 < .001$

Zeitpunkt T4: $F_3 = .158$; $p = .854$ n.s.; $\eta^2 = .004$

³² Aufgrund von Krankheit und organisatorischen Schwierigkeiten in der Schule konnte der Nachtest 1 nicht durchgeführt werden.

b) Auswertung zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung*

	Gruppe	H	M	SD
Vortest (T0)	VSG	136	24.60	15.15
	VGG	114	21.05	11.96
Nachtest 1 (T6)	VSG	136	84.67	14.55
	VGG	114	55.29	18.08
Nachtest 2 (T8)	VSG	136	81.27	16.43
	VGG	114	78.68	18.25

Tabelle 8.13: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung*

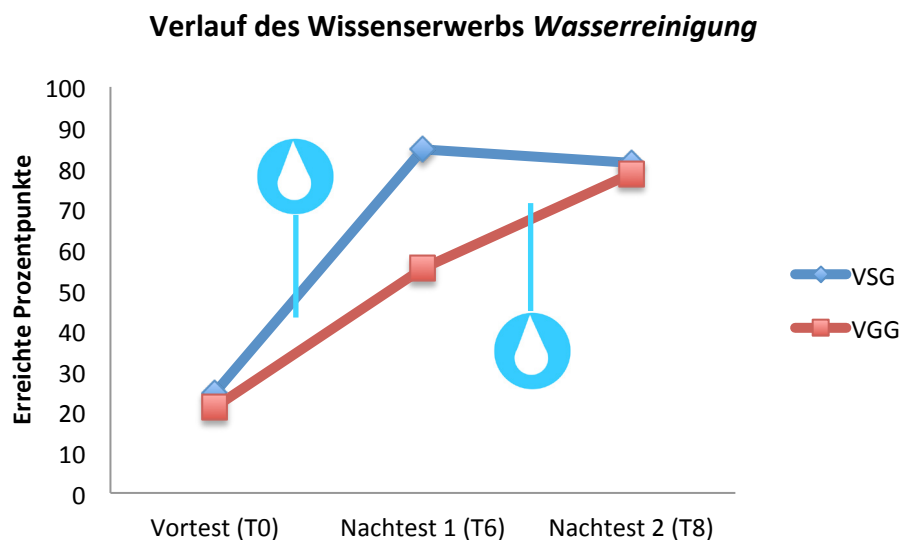


Abbildung 8.19: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung*. Zum Zeitpunkt T5 erhielt die Experimentalgruppe (VSG) das Treatment, während die Wartekontrollgruppe (VGG) keine Intervention erhielt. Zum Zeitpunkt T7 erhielt die VGG das Treatment, während die VSG keine Intervention erhielt.

Zu Beginn (Zeitpunkt T0) unterscheiden sich die erreichten Prozentpunkte der Experimental- und Wartekontrollgruppe nicht signifikant ($F_1 = 2.753$; $p = .098$ n.s.; $\eta^2 = .015$). Zum Zeitpunkt T6 erreicht die Experimentalgruppe (VSG) signifikant höhere Werte als die Wartekontrollgruppe, die zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhielt ($F_1 = 216.446$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .465$). Zum Zeitpunkt T8 (nachdem beide Gruppen dieselbe Intervention erhalten haben) erreichen beide Gruppen die gleichen Werte ($F_1 = 1.371$; $p = .243$ n.s.; $\eta^2 = .006$).

Die Experimentalgruppe erreicht zum Zeitpunkt T6 (nach der Intervention) einen signifikant höheren Wert als zum Zeitpunkt T0 (vor der Intervention) ($t_{150} = -46.610$; $p < .001^*$; $d = .54$). Nach sechs Wochen (Zeitpunkt T8) erreicht die VSG einen von Zeitpunkt T4 signifikant geringeren Wert ($t_{146} = 2.907$; $p = .004^*$; $d = .03$). Jedoch sind die erreichten Prozentpunkte immer noch signifikant vom Zeitpunkt T0 verschieden ($t_{145} = -40.542$; $p < .001^*$; $d = .45$).

Die Wartekontrollgruppe erreicht zum Zeitpunkt T6 einen signifikant höheren Wert als zu Zeitpunkt T0 ($t_{127} = -24.619$; $p < .001^*$; $d = .29$). Nach der Intervention (T8) erreicht die VGG einen signifikant höheren Wert als vorher (T6) ($t_{123} = -15.054$; $p < .001^*$; $d = .14$). Im Vergleich zum Zeitpunkt T0 fällt dieser Wert ebenso signifikant höher aus ($t_{123} = -39.156$; $p < .001^*$; $d = .48$).

	Testzeitpunkt	Geschlecht	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
VSG	Wissens-Vortest	männlich	58	29.14	15.54
		weiblich	82	22.20	14.21
	Wissens-Nachtest 1	männlich	58	79.87	22.36
		weiblich	82	73.14	18.66
	Wissens -Nachtest 2	männlich	58	79.40	21.39
		weiblich	82	74.21	20.99
VGG	Wissens -Vortest	männlich	43	25.12	14.41
		weiblich	44	18.75	10.79
	Wissens -Nachtest 1	männlich	43	39.77	20.69
		weiblich	44	40.91	19.39
	Wissens -Nachtest 2	männlich	43	82.04	15.81
		weiblich	44	81.82	14.12

Tabelle 8.14: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung* aufgeteilt nach Geschlechtern und Gruppen

Verlauf des Wissenserwerbs *Wasserreinigung* nach Geschlecht und Gruppe

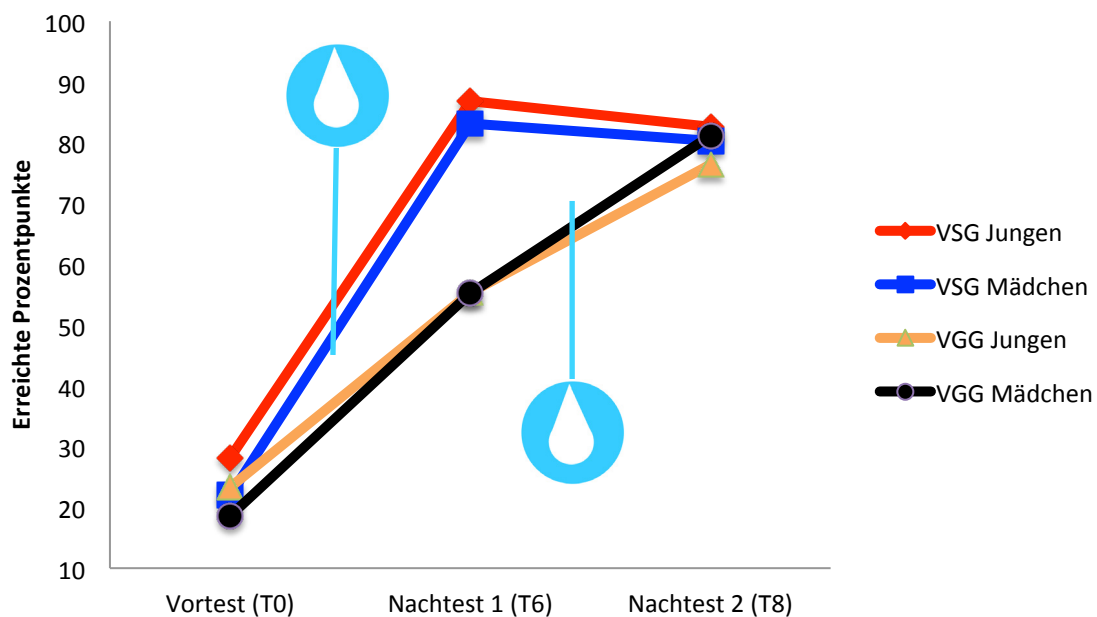


Abbildung 8.20: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung* aufgeteilt nach Gruppen und Geschlechtern

Geschlechtsunterschiede machen sich wie im vorherigen Themenmodul nur bei der Experimentalgruppe bemerkbar. Die Jungen erreichen zum Zeitpunkt T0 einen signifikant höheren Wert als die Mädchen ($F_1 = 8.282$; $p = .004$ *; $\eta^2 = .030$). Nach der Intervention sind zu den Zeitpunkten T2 ($F_1 = .676$; $p = .412$ n.s.; $\eta^2 = .003$) und T4 ($F_1 = .988$; $p = .321$ n.s.; $\eta^2 = .004$) keine signifikanten Unterschiede mehr zu beobachten.

In der Wartekontrollgruppe treten zu keinem Zeitpunkt Geschlechtsunterschiede auf ($F_1 = 2.200$; $p = .116$ n.s.; $\eta^2 = .038$).

	Testzeitpunkt	Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
VSG	FAM-Vortest	CvM	27	20.00	8.99
		AMG	41	21.34	12.70
		GaS	29	18.97	11.21
		Leibniz	39	35.39	18.11
	FAM-Nachtest 1	CvM	27	82.04	15.27
		AMG	41	81.646	14.51
		GaS	29	78.45	14.83
		Leibniz	39	94.25	8.33
	FAM-Nachtest 2	CvM	27	77.78	19.53
		AMG	41	75.12	16.83
		GaS	29	78.62	13.82
		Leibniz	39	92.12	9.17
VGG	FAM-Vortest	CvM	26	24,04	10.39
		AMG	25	20.00	11.90
		GaS	26	16.73	8.12
		Leibniz	37	22.70	14.51
	FAM-Nachtest 1	CvM	26	67.12	17.49
		AMG	25	54.40	16.29
		GaS	26	45.58	15.45
		Leibniz	37	54.39	17.34
	FAM-Nachtest 2	CvM	26	83.27	17.66
		AMG	25	80.40	11.08
		GaS	26	68.46	23.44
		Leibniz	37	81.49	16.27

Tabelle 8.15: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung* aufgeteilt nach Schulen und Gruppen

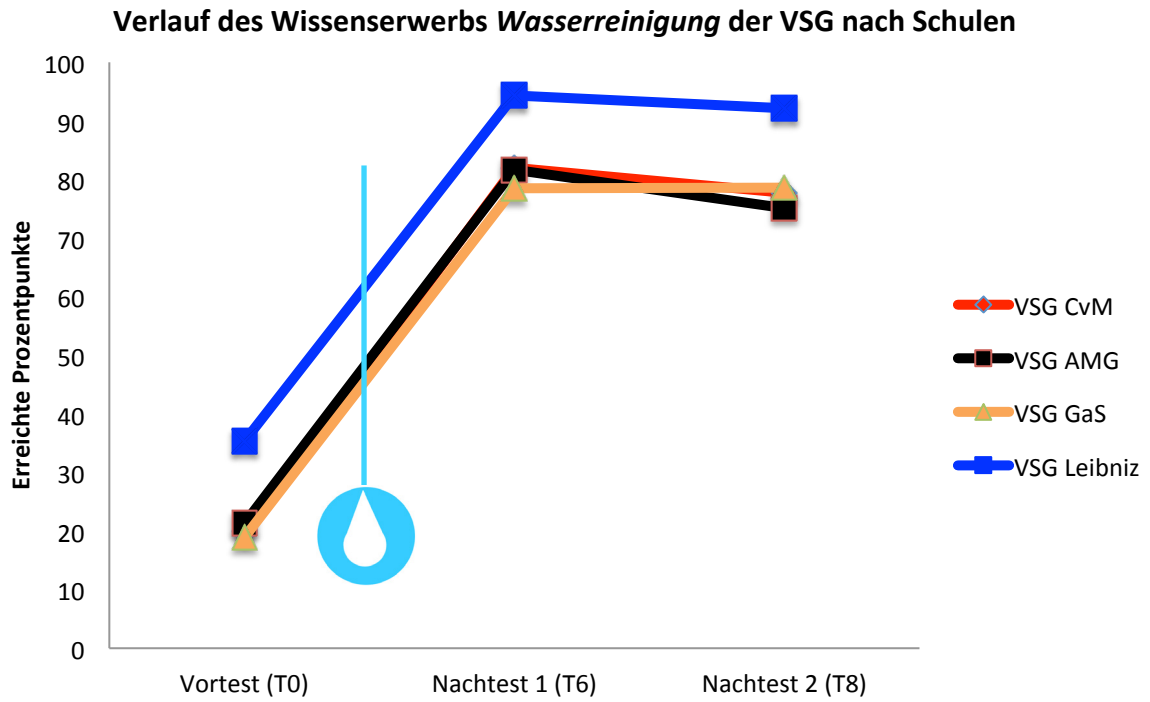


Abbildung 8.21: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung* für die Experimentalgruppen aufgeteilt nach Schulen

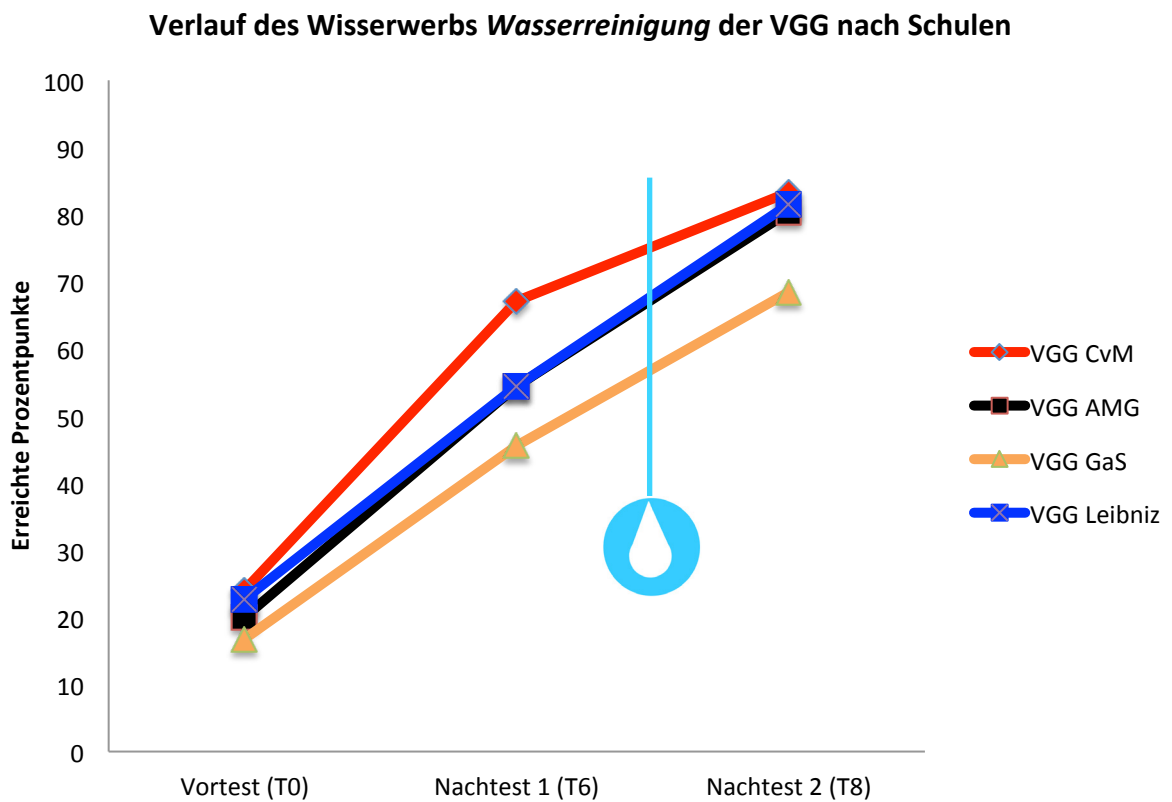


Abbildung 8.22: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Wasserreinigung* für die Wartekontrollgruppen aufgeteilt nach Schulen

Für die Experimentalgruppe lassen sich Schulunterschiede beobachten. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler der VSG des Leibniz-Gymnasiums zu allen Zeitpunkten signifikant höhere Werte als die Experimentalgruppe der drei anderen Schulen.

Zeitpunkt T0: $F_3 = 11.081$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .109$

Zeitpunkt T6: $F_3 = 8.519$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .159$

Zeitpunkt T8: $F_3 = 9.326$; $p = .001$ *; $\eta^2 = .178$

Die anderen Schulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Für die Wartekontrollgruppe lassen sich ebenso Schulunterschiede beobachten. Dabei haben die Schülerinnen und Schüler der VGG des Christian von Mannlich Gymnasiums zu den Zeitpunkten Zeitpunkten T6 und T 8 signifikant höhere Werte als die Experimentalgruppen der drei anderen Schulen.

Zeitpunkt T0: $F_3 = 1.883$; $p = .136$ n.s.; $\eta^2 = .048$

Zeitpunkt T6: $F_3 = 7.391$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .164$

Zeitpunkt T8: $F_3 = 3.314$; $p < .023$ *; $\eta^2 = .086$

Die anderen Schulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

8.3.1.4. Untersuchungen zur Fragestellung 4

Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb

Die aktuelle Gesamtmotivation korreliert mit $r = .247$ schwach positiv mit dem Vorwissen, jedoch stärker als die einzelnen FAM-Faktoren. Lediglich zwischen dem FAM-Faktor Herausforderung und dem Vorwissen kann keine signifikante Korrelation nachgewiesen werden.

		Wissens-Vortest
FAM-Erfolgserwartung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.170
	Sig. (2-Seitig)	.004*
	N	293
FAM-Interesse Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.194
	Sig. (2-Seitig)	.001*
	N	292
FAM-Misserfolgserwartung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.190
	Sig. (2-Seitig)	.001*
	N	293
FAM-Herausforderung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.056
	Sig. (2-Seitig)	.342 n.s.
	N	293
FAM-Gesamtmotivation Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.247
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	292

Tabelle 8.16: Korrelation zwischen aktueller Motivation und Vorwissen zum Zeitpunkt T0

Nachdem beide Gruppen das Treatment „Fette und Öle“ erhalten haben, lässt sich ebenso eine schwach positive Korrelation von $r = .314$ zwischen der aktuellen Gesamtmotivation und den Ergebnissen der Nachtests feststellen. Diese fallen jedoch geringfügig höher aus als die Korrelationen zwischen aktueller Motivation und Vorwissen. Wiederum kann keine signifikante Korrelation zwischen dem FAM-Faktor Herausforderung und den Ergebnissen der Nachtests nachgewiesen werden.

		Nachtest Fette und Öle
FAM-Erfolgserwartung Wissen-Nachtest 1	Pearson-Korrelation	.270
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	245
FAM-Interesse Wissen-Nachtest 1	Pearson-Korrelation	.251
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	230
FAM-Misserfolgserwartung Wissen-Nachtest 1	Pearson-Korrelation	.230
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	230
FAM-Herausforderung Wissen-Nachtest 1	Pearson-Korrelation	.112
	Sig. (2-Seitig)	.091 n.s.
	N	230
FAM-Gesamtmotivation Wissen-Nachtest 1	Pearson-Korrelation	.314
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	210

Tabelle 8.17: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls

Fette und Öle

Nachdem beide Gruppen das Treatment *Wasserreinigung* erhalten haben, lässt sich eine ebenso schwach positive Korrelation von $r = .162$ zwischen der aktuellen Gesamtmotivation und den Ergebnissen der Nachtests feststellen. Diese fällt jedoch geringfügig niedriger aus als die Korrelationen zwischen aktueller Motivation und Vorwissen. Es können keine signifikanten Korrelationen zwischen den FAM-Faktoren Herausforderung sowie Interesse und den Ergebnissen der Nachtests nachgewiesen werden.

		Nachtest Wasserreinigung
FAM-Erfolgserwartung Wissen-Nachtest 2	Pearson-Korrelation	.237
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	249
FAM-Interesse Wissen-Nachtest 2	Pearson-Korrelation	.117
	Sig. (2-Seitig)	.066 n.s.
	N	249
FAM-Misserfolgserwartung Wissen-Nachtest 2	Pearson-Korrelation	.191
	Sig. (2-Seitig)	.002*
	N	249
FAM-Herausforderung Wissen-Nachtest 2	Pearson-Korrelation	-.056
	Sig. (2-Seitig)	.379 n.s.
	N	249
FAM-Gesamtmotivation Wissen-Nachtest 2	Pearson-Korrelation	.162
	Sig. (2-Seitig)	.010*
	N	249

Tabelle 8.18: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls *Wasserreinigung*

Regressionsanalysen

Wie in Kapitel 3 erläutert, sind Lernergebnisse zum Großteil kognitiv bestimmt. Deswegen werden die Korrelationen nun einer Regressionsanalyse unterzogen, um den Einfluss des Vorwissens auf den Wissenszuwachs bei den korrelativen Untersuchungen zu berücksichtigen.

a) Regressionsanalyse zum Themenmodul *Fette und Öle*

Es kann mit einer multiplen linearen Regressionsanalyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen Vorwissen und den Ergebnissen in den Nachtests nachgewiesen werden (vgl. folgende Tabelle; $p < .001^*$).

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	SE _B	β		
Konstante	27.821	9.383	-	2.965	.003*
Vortest Wissen	.501	.082	.377	6.115	.000*
Aktuelle Gesamtmotivation (FAM Nachtest 1)	6.635	1.652	.248	4.018	.000*

Tabelle 8.19: Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation^{33 34}

Die beiden unabhängigen Variablen *Vortest Wissen* und *aktuelle Gesamtmotivation* erlauben die Vorhersage der Varianz ($F_2 = 44.748$; $p < .001^*$).

Für die Regressionsgleichung³⁵ gilt:

$$\hat{Y}_{\text{Lernergebnisse}} = .501 \cdot x_{\text{Vorwissen}} + 6.635 \cdot x_{\text{aktuelle Gesamtmotivation}} + 27.821$$

Mit einer stufenweise multiplen linearen Regression soll nun der Einfluss der beiden oben genannten Faktoren nacheinander untersucht werden. Zunächst wird dabei der Einfluss des Vorwissens und anschließend der Einfluss der aktuellen Motivation auf die Lernergebnisse des Nachtests untersucht. Diese Reihenfolge erscheint sinnvoll, da wie oben erwähnt Lernprozesse in erster Linie kognitiv determiniert sind.

³³ $R^2 = .237$ (R: Bestimmtheitsmaß)

³⁴ B: Nicht standardisierter Regressionskoeffizient

SE_B: zugehöriger Standardfehler

β: standardisiertes Regressionsgewicht

T-Wert, p: exaktes Signifikanzniveau

³⁵ $\hat{Y}_{\text{Lernergebnisse}}$: vorhergesagter Wert im Kriterium *Lernergebnisse*

$x_{\text{Vorwissen}}$: nicht standardisierter Regressionskoeffizient für den Prädiktor *Vorwissen*

$x_{\text{aktuelle Gesamtmotivation}}$: nicht standardisierter Regressionskoeffizient für den Prädiktor *Aktuelle Gesamtmotivation*

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	SE _B	β		
1	Konstante	64.400	2.353	-	27.367	.000*
	Vortest Wissen	.559	.084	.421	6.689	.000*
2	Konstante	27.821	9.383	-	2.965	.003*
	Vortest Wissen	.501	.082	.377	6.115	.000*
	Aktuelle Gesamtmotivation (FAM Nachtest 1)	6.635	1.652	.248	4.018	.000*

Tabelle 8.20: Stufenweise Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation

Der Faktor *Vorwissen* klärt 17.7 % der Kriteriumsvarianz auf ($R^2 = .177$; $F_1 = 44.748$; $p < .001^*$). Der Prädiktor *Aktuelle Gesamtmotivation* erhöht das Bestimmtheitsmaß $R^2 = .237$. Diese zusätzliche Varianzaufklärung ist statistisch signifikant ($F_1 = 16.142$; $p < .001^*$).

Somit ist nachgewiesen, dass sich der Prädiktor *Aktuelle Gesamtmotivation* systematisch auf das Kriterium *Lernergebnisse* des Themenmoduls Fette und Öle auswirkt.

b) Regressionsanalyse zum Themenmodul *Wasserreinigung*

Es kann mit einer multiplen linearen Regressionsanalyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen Vorwissen und den Ergebnissen in den Nachtests nachgewiesen werden (vgl. folgende Tabelle; $p < .001^*$).

	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
	B	SE _B	β		
Konstante	56.648	6.715		8.436	.000*
Vortest Wissen	.492	.064	.438	7.712	.000*
Aktuelle Gesamtmotivation (FAM Nachtest 2)	2.473	1.179	.119	2.098	.037*

Tabelle 8.21: Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation

Die beiden unabhängigen Variablen *Vortest Wissen* und *aktuelle Gesamtmotivation* erlauben die Vorhersage der Varianz ($F_2 = 44.748$; $p < .001^*$).

Für die Regressionsgleichung gilt:

$$\hat{Y}_{\text{Lernergebnisse}} = .492 \cdot x_{\text{Vorwissen}} + 2.473 \cdot x_{\text{aktuelle Gesamtmotivation}} + 56.648$$

Mit einer stufenweise multiplen linearen Regression wird nun der Einfluss der beiden oben genannten Faktoren nacheinander untersucht. Zunächst wird dabei wieder der Einfluss des Vorwissens untersucht. Das anschließend gerechnete Modell berücksichtigt darüber hinaus auch den Einfluss der aktuellen Motivation auf die Lernergebnisse des Nachtests.

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	t	Sig.
		B	SE _B	β		
1	Konstante	70.255	1.745		40.255	.000*
	Vortest Wissen	.505	.064	.449	7.903	.000*
2	Konstante	56.648	6.715		8.436	.000*
	Vortest Wissen	.492	.064	.438	7.712	.000*
	Aktuelle Gesamtmotivation (FAM Nachtest 2)	2.473	1.179	.119	2.098	.037*

Tabelle 8.22: Stufenweise Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation

Der Faktor *Vorwissen* klärt 20.2 % der Kriteriumsvarianz auf ($R^2 = .202$; $F_1 = 62.463$; $p < .001^*$). Der Prädiktor *Aktuelle Gesamtmotivation* erhöht das Bestimmtheitsmaß $R^2 = .216$. Diese zusätzliche Varianzaufklärung ist statistisch signifikant ($F_1 = 4.400$; $p = .037^*$).

Somit ist nachgewiesen, dass sich der Prädiktor *Aktuelle Gesamtmotivation* systematisch auf das Kriterium *Lernergebnisse* des Themenmoduls *Wasserreinigung* auswirkt.

8.3.1.5. Untersuchungen zur Fragestellung 5 Ursachenprüfung

Die Untersuchungen der Fragestellungen 1 bis 4 wurden mit den Testergebnissen aller vier Schulen durchgeführt. Um Unterschiede der Themenmodule hinsichtlich der aktuellen Motivation zu untersuchen, wurde die Modulreihenfolge für das Christian von Mannlich Gymnasium verändert: zuerst wurde das Themenmodul Wasserreinigung und erst anschließend das Themenmodul Fette und Öle behandelt.

Für die Globalvariable aktuelle Gesamtmotivation ergibt sich folgende Auswertung:

	Testzeitpunkt	H	M	SD
Paar 1	FAM-Vortest	45	5.60	.67
	FAM-Nachtest Wasser	45	5.50	.84
Paar 2	FAM-Vortest	47	5.61	.66
	FAM-Nachtest Fette	47	5.33	.96
Paar 3	FAM-Nachtest Wasser	45	5.50	.84
	FAM-Nachtest Fette	45	5.32	.96

Tabelle 8.23: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für das Christian von Mannlich Gymnasium³⁶

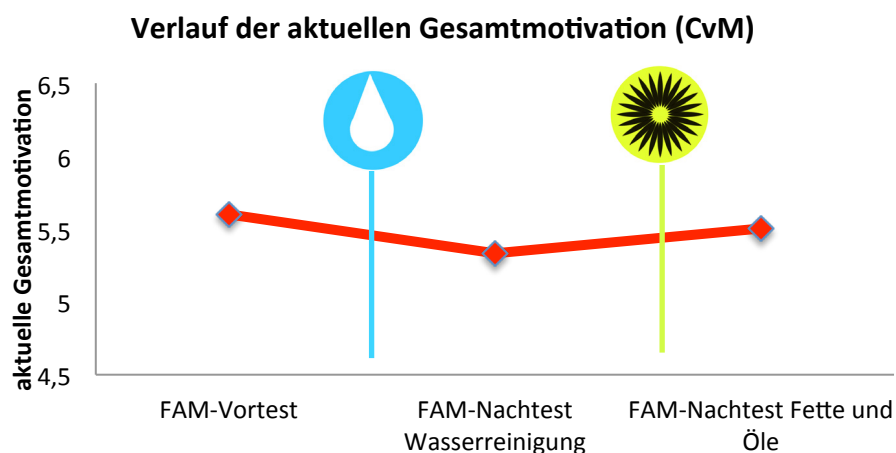


Abbildung 8.23: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für das Christian von Mannlich Gymnasium

Die Globalvariable *aktuelle Gesamtmotivation* fällt nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* signifikant niedriger aus ($t_{46} = 2.378$; $p = .022^*$; $d = 0.34$). Nach dem Themenmodul *Fette und Öle* kann eine signifikant höhere aktuelle Gesamtmotivation beobachtet werden ($t_{44} = 2.180$; $p = .035^*$; $d = 0.21$). Dabei sind die gemessenen Werte nach Beenden beider

³⁶ *FAM-Nachtest Wasser* wurde in den Auswertungen der Fragestellungen 1 bis 4 als FAM-Nachtest 2 zusammen mit den Werten der anderen drei Schulen betrachtet. Analog wurde *FAM Nachtest Fette* als FAM-Nachtest 1 zusammen mit den Werten der anderen drei Schulen betrachtet.

Themenmodule (FAM-Nachtest Fette) nicht signifikant von den Werten zu Beginn (FAM-Vortest) verschieden ($t_{44} = .838$; $p = .406$ n.s.; $d = .82$). Folglich ist die aktuelle Gesamtmotivation nach der Intervention des Schülerlabor-on-Tour Modells weder gestiegen noch gefallen.

Dementsprechend interessant ist die Betrachtung der aktuellen Motivation nur für die anderen drei Schulen:

	Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Paar 1	FAM-Vortest	168	5.56	.79
	FAM-Nachtest 1	168	5.77	.67
Paar 2	FAM-Vortest	206	5.56	.79
	FAM-Nachtest 2	206	5.67	.73
Paar 3	FAM-Nachtest 1	168	5.77	.67
	FAM-Nachtest 2	168	5.67	.73

Tabelle 8.24: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation der drei isoliert betrachteten Schulen

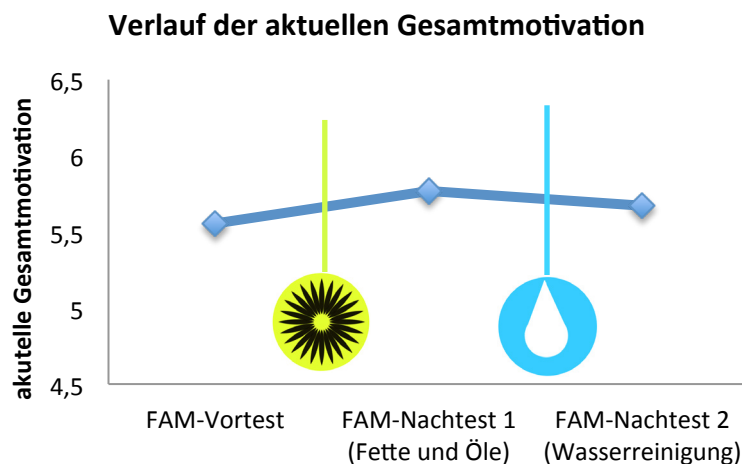


Abbildung 8.24: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für die drei isoliert betrachteten Schulen

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach dem Themenmodul *Fette und Öle* (FAM-Nachtest 1) im Vergleich zum Vortest signifikant höhere Werte für die aktuelle Gesamtmotivation auf ($t_{213} = -4.118$; $p < .001^*$; $d = .80$). Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* (FAM-Nachtest 2) sind Werte für die aktuelle Gesamtmotivation im Vergleich zum Vortest signifikant höher ($t_{206} = -2.502$; $p = .013^*$; $d = .40$).

Die Werte nach den beiden Themenmodulen unterscheiden sich signifikant ($t_{168} = 2.040$; $p = .043^*$; $d = .40$).

Die einzelnen FAM-Faktoren unterscheiden sich mit Ausnahme von *Interesse* nicht von der Betrachtung aller vier Schulen. Das *aktuelle Interesse* spiegelt den Verlauf der Globalvariable wider. Zwar sinkt das aktuelle Interesse wieder, jedoch ist der Wert nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* signifikant höher als der Wert zum Testzeitpunkt T0 (vor jeglicher Intervention) ($t_{206} = -2.175$; $p = .031^*$; $d = .38$). Ebenso sind keine anderen Ergebnisse hinsichtlich Geschlechts- und Schulunterschieden zu beobachten.

Betrachtet man die Verläufe der einzelnen Schulen, so kann folgender Trend beobachtet werden: das Themenmodul *Fette und Öle* hat einen positiven Effekt auf die aktuelle Motivation. Das Themenmodul *Wasserreinigung* verringert die aktuelle Gesamtmotivation im Verhältnis zu den vorangehenden Werten. Lediglich die Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums am Steinwald (GaS) haben eine Motivationssteigerung erfahren. Für die drei isoliert betrachteten Schulen ist die Motivation jedoch höher als die Werte zum Testzeitpunkt T0 (vor jeglicher Intervention).

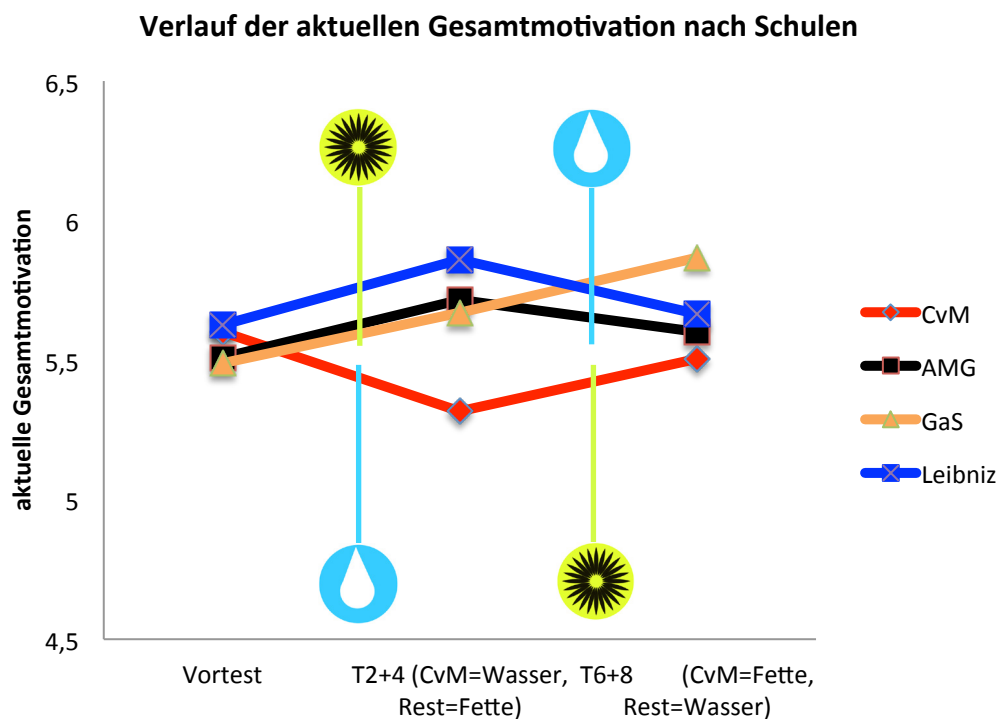


Abbildung 8.25: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation nach Schulen

8.3.2. Diskussion

Fragestellung 1:

Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf die aktuelle Motivation

Die aktuelle Gesamtmotivation ist mit einem Mittelwert von $M = 5.57$ bereits zum Zeitpunkt T_0 , also vor der ersten Intervention, auf einem hohen Niveau³⁷. Nach der ersten Intervention (Themenmodul *Fette und Öle*) kann eine signifikante Steigerung der aktuellen Motivation auf den Wert 5,71 nachgewiesen werden.

Betrachtet man die Effektstärke von $d = .20$, so handelt es sich lediglich um einen kleinen Effekt. Nach der zweiten Intervention (*Wasserreinigung*) sinken die Werte der aktuellen Motivation wieder auf einen Mittelwert von $M = 5.60$ ab. Dieser ist im Vergleich zu den Werten des Vortests nicht signifikant verschieden. Die Auswertung der Fragestellung 5 hat gezeigt, dass dieser Abfall weniger auf den Testzeitpunkt (Novitätseffekte), als vielmehr auf den Inhalt des zweiten Themenmoduls zurückzuführen ist. Ebenso konnte im Zuge der Auswertung der Fragestellung 5 gezeigt werden, dass für die drei Schulen GaS, Leibniz und AMG das Themenmodul Wasserreinigung ebenso zu einer signifikanten Steigerung der aktuellen Motivation führt. Die Steigerung der aktuellen Motivation ist jedoch immer noch signifikant geringer als die des Themenmoduls *Fette und Öle*.

Umgangssprachlich formuliert motivieren beide Themenmodule. Dabei motiviert das Themenmodul *Fette und Öle* mehr als das Themenmodul *Wasserreinigung*.

Mit ebenfalls schwachem Effekt ($\eta^2 = .30$) zeigen sich im Vortest signifikante Geschlechtsunterschiede. Gemäß der eingangs formulierten Hypothese weisen Jungen signifikant höhere Werte der aktuellen Motivation auf als Mädchen. Entgegen dieser Hypothese, lassen sich nach den beiden Praktika keine signifikanten Geschlechtsunterschiede nachweisen. Während nach dem Praktikum *Fette und Öle* noch von einer Tendenz gesprochen werden kann ($p = 0.08$), wird der Unterschied beider Geschlechter signifikant geringer. Wie bereits vermutet, unterscheiden sich die Schulen in der Globalvariablen aktuelle Gesamtmotivation nicht signifikant.

Aufgrund des vorexperimentellen Versuchsplans kann nicht mit letzter Sicherheit nachgewiesen werden, dass die Steigerung der aktuellen Motivation auf das Schülerlabor-on-Tour Modell zurückzuführen ist. Da nach Rücksprache mit den Lehrkräften keine weiteren Schü-

³⁷ Vgl. hierzu die Skala: die Skala reicht von 1 bis 7, wobei 7 nach Umpolung der negativ formulierten Items den bestmöglichen Wert darstellt.

lerpraktika bzw. Schülerexperimente in dem Untersuchungszeitraum durchgeführt wurden, besteht die begründete Annahme, dass Grund für die Steigerung der aktuellen Motivation in dem Schülerlabor-on-Tour Modell zu finden ist.

Es ist davon auszugehen, dass die schwachen Effekte auf die *Konzeption* des Schülerlabor-on-Tour Modells zurückzuführen sind. Augenscheinlich kann ein solches Angebot zwar schwach positive Effekte bewirken, es ersetzt jedoch nicht den Besuch eines außerschulischen Lernortes *Schülerlabor*.

Fragestellung 2:

Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf die FAM-Faktoren (Interesse, Herausforderung, Erfolgserwartung und Misserfolgsbefürchtung)

Nach dem Themenmodul *Fette und Öle* weisen die Schülerinnen und Schüler ein höheres aktuelles Interesse auf als vor einer Intervention; nach dem zweiten Themenmodul sinkt das aktuelle Interesse wieder auf das Ausgangsniveau zurück. Das Absinken ist auf das Interesse am Inhalt der jeweiligen Themenmodule zurückzuführen (vgl. Fragestellung 5). Entgegen der Vermutung konnten keine Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Hinsichtlich des aktuellen Interesses wirken die Themenmodule auf beide Geschlechter gleich. Gleiches kann man bei den nicht vorhandenen Schulunterschieden annehmen.

Die Werte des FAM-Faktors Herausforderung sinken nach jedem Themenmodul ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass fast alle Schülerinnen und Schüler vor Beginn der Evaluation noch niemals zuvor selbst experimentiert haben. Somit liegt die Vermutung nahe, dass die Lernenden ihre eigenen Kompetenzen in der neuen Unterrichtssituation hinsichtlich Thema und Methode nicht genau einschätzen konnten. Die hohen Werte dieses FAM-Faktors werden auf defensives Beantworten der Items zurückgeführt. Nach den jeweiligen Praktika fiel die Ungewissheit weg, sodass eine neue Einschätzung der eigenen Kompetenzen möglich war. Die eingangs formulierte Hypothese, wonach sich die Herausforderung im Verlauf der Studie erhöhen soll, weil die Praktikumssituation als leistungsmotivierende Situation wahrgenommen wird, kann nicht gehalten werden. Dennoch befinden sich die Werte dieses FAM-Faktors mit 5.00 und 4.59 auf einem hohen Niveau. Entgegen der Vermutung, konnten keine Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Hinsichtlich des aktuellen Interesses wirken die Themenmodule auf beide Geschlechter gleich. Es lassen sich ebenso, entgegen der eingangs formulierten Vermutung, Schulunterschiede feststellen. Beim Gymnasium am Stein-

wald kann eine Steigerung der Herausforderung beobachtet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Schülerinnen und Schüler bereits mehrfach selbst experimentierten und die Situation besser einzuschätzen wussten als die drei anderen Schulen.

Mit den Werten der Herausforderung gehen auch die Werte der beiden FAM-Faktoren Erfolgswahrscheinlichkeit und Misserfolgswahrscheinlichkeit einher. Die Werte der Erfolgswahrscheinlichkeit und der Misserfolgsbefürchtung verbessern sich nach jedem Treatment. Die Verbesserung im FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung wird darauf zurückgeführt, dass die Schülerinnen und Schüler die Situation als Angebot zum selbstgesteuerten Lernen (bzw. Forschenden Experimentieren) verstehen. Während der Praktika konnte von den Betreuern beobachtet werden, dass das Experimentieren nicht als eine Gelegenheit verstanden wurde, sich bloß zu stellen. Bedenkt man die Tatsache, dass die Schülerinnen und Schüler nach jedem Experimentalpraktikum auch Wissenstests schreiben mussten, ist es beachtlich, dass sie beim Experimentieren viel Spaß hatten und wenig unter Leistungsdruck standen.

Gemäß der Hypothese befürchteten die Mädchen eher Misserfolg als Jungen. Becker et al. (1992) haben nachgewiesen, dass für derartige geschlechtsspezifische Misserfolgsbefürchtungen die gesellschaftliche Rollenvergabe verantwortlich sein kann. Die Beobachtungen, die während der Experimentalpraktika seitens der Betreuer gemacht wurden, deuten in eine ähnliche Richtung. Voller Tatendrang und begeistert von der Tatsache, selbst Experimentieren zu dürfen, gingen die Jungen sofort ans Werk und experimentierten darauf los, meist jedoch, ohne sich im Team vorher Gedanken über mögliche Ergebnisse zu machen. Gemäß der Phasen der Schüleraktivität nach Neber und Anton (2008) führten die Jungen selbstständig Experimente durch. Oftmals waren die Jungen schon beim zweiten Experiment, bevor die Mädchen mit dem ersten angefangen hatten. Die Mädchen waren insgesamt sehr vorsichtig, wenn es ums Experimentieren ging. Zunächst fand ein intensiver Austausch in der Gruppe statt, in der mögliche Folgen und Ergebnisse diskutiert und die Versuchsvorschrift sowie die Materialien gemeinsam studiert wurden. Beim Experimentieren selbst forderten die Mädchen deutlich häufiger die Hilfe der Betreuer an als die Jungen, meist jedoch nur, um das eigene Handeln im Vorfeld abzuklären. Diese Vorgehensweisen spiegelten sich meist in der Sauberkeit des Arbeitsplatzes wieder.

Wenige Schülerinnen und Schüler wählten jedoch einen Mittelweg der beiden beschriebenen Extreme. Dieser ist jedoch besonders zielführend für das Forschende Experimentieren. Auf der einen Seite fördert ein unerschrockenes Vorgehen Kreativität in der Lösungsfindung

und auf der anderen Seite wird durch bedachtes Vorgehen mehr Vorwissen aktiviert, was zu einem geplanten Vorgehen notwendig ist.

Gemäß der Hypothese kann eine Steigerung des FAM-Faktors Erfolgswahrscheinlichkeit nachgewiesen werden, wobei sich nach beiden Themenmodulen diese Komponente nicht signifikant voneinander unterscheidet. Dies ist, wie schon bei den FAM-Faktoren Misserfolgsbefürchtung und Herausforderung, der Tatsache geschuldet, dass die Schülerinnen und Schüler nach den Praktika ihre eigenen Kompetenzen besser in Einklang mit der neuen Lernsituation bringen können. Folglich kann man dies als Zuversicht, in gleichen Situationen besser abschneiden zu können, interpretieren. Schulunterschiede können nicht nachgewiesen werden. Hinsichtlich der Erfolgswahrscheinlichkeit wirkt das Schülerlabor-on-Tour Modell auf beide Geschlechter gleich.

Fragestellung 3:

Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf den Wissenserwerb

Nach dem Themenmodul *Fette und Öle* kann eine signifikante Steigerung des Wissens beobachtet werden. Das Wartekontrollgruppen-Design erlaubt die Gründe für den Wissenszuwachs in der Intervention zu sehen:

Die Experimentalgruppe erreicht nach der Intervention signifikant bessere Werte als die Wartekontrollgruppe ($\eta^2 = .476$; mittlere Effektstärke), welche zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhalten hat. Die Werte der Experimental- und Wartekontrollgruppen unterscheiden sich nicht mehr, nachdem beide das Treatment *Fette und Öle* erhalten haben. Der Wissenszuwachs der Wartekontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (ohne Treatment) lässt sich damit erklären, dass die Schülerinnen und Schüler sich in den Pausen bzw. in der Freizeit gegenseitig über Inhalte des Praktikums informiert haben.

Das Wissen ist über den Zeitraum von ca. sechs Wochen stabil. Dies kann in den Ergebnissen der Experimentalgruppe zu den Zeitpunkten T2 und T4 nachgewiesen werden. Beide Zeitpunkte unterscheiden sich nämlich nicht signifikant voneinander.

Geschlechtsunterschiede machen sich nur vor Beginn der Interventionen zum Zeitpunkt T0 und nur bei der Experimentalgruppe bemerkbar. Mit einer Effektstärke von $\eta^2 = .03$ handelt es sich um geringe Effekte. Nach den Themenmodulen sind hinsichtlich des Wissenserwerbs keine Unterschiede festzustellen.

Die Tatsache, dass die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe des Leibniz-Gymnasiums zu allen Testzeitpunkten signifikant bessere Ergebnisse erzielten, wird in den Lernenden selbst gesehen. Die Schülerinnen und Schüler der beiden Experimentalgruppen waren überdurchschnittlich gut, was sich auch während der Praktika abzeichnete. Lehrereffekte werden keine angenommen, weil die Lehrkraft der Experimentalgruppen auch in einer Wartekontrollgruppe vertreten war.

Nach dem Themenmodul *Wasserreinigung* kann ebenso eine signifikante Steigerung des Wissens beobachtet werden. Das Wartekontrollgruppen-Design erlaubt auch hier die Gründe für den Wissenszuwachs in der Intervention zu sehen:

Die Experimentalgruppe erreicht nach der Intervention signifikant bessere Werte als die Wartekontrollgruppe ($\eta^2 = .465$; mittlere Effektstärke), welche zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhalten hat. Die Werte der Experimental- und Wartekontrollgruppe unterscheiden sich nicht mehr, nachdem beide das Treatment *Fette und Öle* erhalten haben. Der Wissenszuwachs der Wartekontrollgruppe zum Zeitpunkt T6 (ohne Treatment) lässt sich damit erklären, dass die Schülerinnen und Schüler sich in den Pausen bzw. Freizeit gegenseitig über Inhalte des Praktikums informiert haben.

Das Wissen ist über den Zeitraum von ca. sechs Wochen stabil. Dies kann in den Ergebnissen der Experimentalgruppe zu den Zeitpunkten T6 und T8 nachgewiesen werden. Beide Zeitpunkte unterscheiden sich nämlich nicht signifikant voneinander.

Geschlechtsunterschiede machen sich wie im vorherigen Themenmodul nur vor Beginn der Interventionen zum Zeitpunkt T0 und nur bei der Experimentalgruppe bemerkbar. Die Werte der Jungen fallen mit einer Effektstärke von $\eta^2 = .03$ nur geringfügig besser aus als die der Mädchen. Nach den Themenmodulen sind hinsichtlich des Wissenserwerbs keine Geschlechtsunterschiede festzustellen.

Wie beim Themenmodul *Fette und Öle* sind beim zweiten Themenmodul die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe des Leibniz-Gymnasiums zu allen Testzeitpunkten signifikant besser als die Experimentalgruppen der drei anderen Schulen. Gründe hierfür werden wiederum in den Lernenden selbst gesehen.

Ebenso treten nun Unterschiede in den Wartekontrollgruppen der vier Schulen auf. Die Schülerinnen und Schüler der Wartekontrollgruppe des Christian von Mannlich Gymnasiums erreichen bessere Werte als die Wartekontrollgruppen der drei anderen Schulen. An dieser Stelle werden Lehrereffekte vermutet. Die Vor- sowie Nachbereitung der Praktika wurde in

Form von Arbeitsblättern vollständig von unserer Seite geliefert. Es wird vermutet, dass die Schülerinnen und Schüler auch beim Themenmodul Fette und Öle besser abgeschnitten hätten, wenn eine Vorbereitung in Form von Arbeitsblättern mitgeliefert worden wäre.

Es bleibt festzuhalten, dass hinsichtlich Wissenszuwachs die Schülerinnen und Schüler von dem Schülerlabor-on-Tour Modell profitieren.

Fragestellung 4:

Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb

Es können schwach positive Korrelationen zwischen der Globalvariablen *aktuelle Gesamtmotivation* und den Lernergebnissen der Tests zu den Zeitpunkten T0 ($r = .25$), T2 bzw. T4 ($r = .31$) und T6 bzw. T8 ($r = .16$) gefunden werden.

Beim Themenmodul *Fette und Öle* korrelieren die FAM-Faktoren Erfolgserwartung ($r = .270$), Interesse ($r = .25$) und Misserfolgserwartung ($r = .23$) ebenso schwach positiv mit den Ergebnissen des Nachtests. Die Korrelationen fallen damit schwächer aus als die der Globalvariablen. Rheinbergs (2001) Ergebnisse, wonach die FAM-Faktoren Herausforderung und Interesse mittelstark ($r = .51$) mit den Lernergebnissen korrelieren, können nicht reproduziert werden. Die Ergebnisse stehen aber dennoch in direkter Verbindung zu den in Kapitel 3 diskutierten Theorien des Erfolgreichen Lernens. Demnach sind Lernprozesse stärker von kognitiven Variablen als von der aktuellen Motivation abhängig.

Der gefundene schwache Zusammenhang lässt somit dennoch folgende Schlussfolgerung zu: Je höher die aktuelle Motivation in der Globalvariablen ausfällt, desto besser die erzielten Lernergebnisse.

Fragestellung 5:

Ursachenprüfung

Um Unterschiede der Themenmodule hinsichtlich der aktuellen Motivation zu untersuchen, wurde die Modulreihenfolge für das Christian von Mannlich Gymnasium verändert: Zuerst wurde das Themenmodul *Wasserreinigung* und erst anschließend das Themenmodul *Fette und Öle* behandelt.

Nach dem ersten Themenmodul (hier *Wasserreinigung*) ist die Globalvariable mit einer Effektstärke von $d = .34$ geringer als vor der Intervention. Nach dem zweiten Themenmodul (hier *Fette und Öle*) steigt diese wieder mit einer Effektstärke von $d = .21$ auf das Anfangsniveau.

veau. Diese Beobachtungen decken sich mit denen der anderen Schulen. Die motivationssteigernde Wirkung des Themenmoduls *Fette und Öle* ist somit unabhängig von der Position im Verlaufsplan.

Im Vergleich der vier Schulen fällt ebenso das Gymnasium am Steinwald auf: Anders als die drei anderen Schulen lässt sich bei den Schülerinnen und Schülern auch bei dem Themenmodul *Wasserreinigung* eine motivationssteigernde Wirkung beobachten. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Lernenden dieser Schule im Zuge des MINT-Projektes an der Studie teilnahmen. Zwar umfasst das MINT-Projekt ca. 90% der Schülerinnen und Schüler der gesamten Jahrgangsstufe, aber die Teilnahme am MINT-Projekt selbst ist freiwillig. Das heißt, dass diese Lernenden vorher schon selbst experimentieren durften und deswegen die eigenen Kompetenzen besser einschätzen konnten. Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass diese Schülerinnen und Schüler bereits wissen, dass nicht jedes Experiment gleichermaßen „interessant“ ist. Einerseits ist das Thema Ernährung (*Fette und Öle*) für Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 alltagsnäher als die Funktion einer Kläranlage. Andererseits wurden die Experimente zum Thema Fette und Öle als „spannender“ empfunden. Jedenfalls hatte es für die Betreuer während der Praktikumsverläufe den Anschein, dass es den Schülerinnen und Schüler mehr Freude bereitete, mit Feuer zu experimentieren als mit Wasser.

Betrachtet man die drei Schulen GaS, Leibniz und AMG (separiert vom CvM), so erreicht das Themenmodul *Wasserreinigung* zwar immer noch niedrigere Werte als das Themenmodul *Fette und Öle*, jedoch sind die Werte der aktuellen Motivation signifikant höher als die Ausgangswerte zum Zeitpunkt T0. Somit kann also auch für das Themenmodul *Wasserreinigung* eine Steigerung der Motivation nachgewiesen werden.

Die Veränderungen der aktuellen Motivation werden somit dem Inhalt und weniger Novitätseffekten zugeschrieben.

9. Studie zum Einfluss der Schülerpraktika auf die aktuelle Motivation und Kognition in Klassenstufe 10

9.1. Fragestellungen und Hypothesen

Die nun folgende Studie soll überprüfen, inwiefern sich der Besuch des Schülerlabors NanoBioLab in Verbindung mit einer Vor- und Nachbereitung auf die aktuelle Motivation und Kognition der Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 10 auswirkt.

Im Vergleich zur Studie in der Klassenstufe 5 war den Schülerinnen und Schülern bewusst, dass das jeweilige „Wissens-QUIZ“ eine Leistungsüberprüfung war. Die Praktika fanden im außerschulischen Lernort NanoBioLab statt.

Im Folgenden werden die Fragestellungen und Hypothesen dargestellt.

9.1.1. Fragestellung 1: Auswirkungen des Themenmoduls *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* auf die aktuelle Motivation

- Wirkt sich das Themenmodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* positiv auf die aktuelle Motivation der Schülerinnen und Schüler aus? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?

Hypothesen:

Das Themenmodul hat positive Auswirkungen auf die aktuelle Motivation. Wie in Kapitel 3.4.6 dargestellt, kann angenommen werden, dass Jungen eine höhere aktuelle Motivation besitzen als Mädchen. Schulunterschiede werden keine angenommen.

9.1.2. Fragestellung 2: Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)

- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* auf die vier Komponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich der aktuellen Motivation zu beobachten?

Hypothesen:

Das Themenmodul wirkt positiv auf die die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung). Das bedeutet, dass Interesse, Herausforderung (hier im Sinne der Leistungsmotivation) und Erfolgserwartung steigt. Eine Steigerung der Erfolgserwartung sollte sich durch eine Senkung der Misserfolgserwartung zeigen. Ebenso wird angenommen, dass Jungen besser als Mädchen sind. Schulunterschiede werden keine angenommen.

9.1.3. Fragestellung 3: Auswirkungen des Themenmoduls *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* auf den Wissenserwerb (Kognition)

- Welche Auswirkungen hat das Themenmodul „Fette und Öle“ des Schülerlabor-On-Tour Modells auf den Wissenserwerb? Sind dabei Geschlechter- und/oder Schulunterschiede hinsichtlich des Wissenserwerbs (Kognition) zu beobachten?
- Ist das erworbene Wissen über den Zeitraum von sechs Wochen langzeitstabil?

Hypothesen:

Nach der Intervention sollten die in den Tyler-Matrices definierten Lernziele (vgl. Kapitel 7.2.4.2) erreicht sein. Es wird angenommen, dass das erworbene Wissen langzeitstabil ist. Geschlechter- und Schulunterschiede werden keine angenommen.

9.1.4. Fragestellung 4: Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb

- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der motivationalen Einstellung der Schülerinnen und Schüler und dem Lernerfolg?
- Welche FAM-Faktoren sind in den Lernergebnissen nachweisbar?

Hypothesen:

Gemäß dem INVO-Modell (vgl. Kapitel 3.4.2 Erfolgreiches Lernen und aktuelle Motivation) stellt die aktuelle Motivation eine Komponente Erfolgreichen Lernens dar. Folglich wird eine positive Korrelation der aktuellen Motivation mit dem Wissenserwerb vermutet. Die Ausführungen in Kapitel 3.4 lassen vermuten, dass die Korrelation der FAM-Faktoren Herausforderung und Interesse hoch ausfällt.

9.2. Methode

9.2.1. Stichprobe

Die Evaluation des Themenmoduls *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* fand mit Genehmigung des Ministeriums für Bildung und Kultur in Kooperation mit vier saarländischen Schulen statt:

- Christian von Mannlich Gymnasium in Homburg, (CvM)
- Albertus-Magnus-Gymnasium in St. Ingbert, (AMG)
- Leibniz-Gymnasium in St. Ingbert (Leibniz)
- Gymnasium am Steinwald in Neunkirchen (GaS)

Anders als bei der Evaluation des Schülerlabor-on-Tour Modells in der Klassenstufe 5 wurden die Schülerinnen und Schüler mit einem eigenen Informationsschreiben informiert und um deren Einverständnis gebeten. Die restliche Vorgehensweise entsprach dem der Klassenstufe 5. Die gesamte Evaluation fand anonym statt. Alle Fragebogen und Tests wurden mit einem Code versehen, der es unmöglich macht, Rückschlüsse auf die Schülerinnen und Schüler zu ziehen.

Insgesamt waren 158 Schülerinnen und Schüler im Alter von 14 bis 18 Jahren an der Erhebung beteiligt. Der Altersdurchschnitt betrug 15,98 Jahre. Unter den 158 Teilnehmern befanden sich 63 Mädchen und 93 Jungen. Bei zwei Teilnehmern war keine Aussage möglich.

9.2.2. Design und Ablauf der Studie

Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler nahmen im bestehenden Klassenverband an der Studie teil.

Zur Untersuchung des Wissenserwerbs wurde ein nicht-randomisierter Zwei-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest (quasi-experimentelles Design, Typ VI) und für die Untersuchung der aktuellen Motivation wurde ein nicht-randomisierter Ein-Gruppen-Plan mit Vortest, Behandlung und Nachtest (vor-experimentelles Design, Typ IV) verwendet. (Schiefele, 2008)

Ferner wurde die Studie in einem Wartekontrollgruppen-Design durchgeführt.

Der Evaluationszeitraum erstreckte sich von April 2014 bis einschließlich Juli 2014.

Von jeder teilnehmenden Schule wurden eine Schulklasse zur Wartekontrollgruppe und eine Klasse zur Experimentalgruppe bestimmt. Soweit es die Stundentafeln der jeweiligen Schu-

len zuließen, durchliefen alle Klassen, die zur Wartekontrollgruppe deklariert wurden, die gesamte Evaluation zeitgleich. Gleiches gilt für alle Schulklassen, die zur Experimentalgruppe bestimmt worden waren.

Abbildung 9.1 zeigt den Gesamtablauf (beider Themenmodule) der Evaluation im Wartekontrollgruppen-Design.

Zeitpunkt	Experimentalgruppe (VSG)	Wartekontrollgruppe (VGG)
T ₀	Wissens-Vortest (ca. 25 min) FAM-Vortest (ca. 10 min)	Wissens-Vortest (ca. 25 min) FAM-Vortest (ca. 10 min)
T ₁	Treatment: Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (120 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)	keine Aktion
T ₂	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)	Wissens-Nachtest 1 (ca. 25 min)
T ₃	keine Aktion	Treatment: Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe Vorbereitender Unterricht (90 min) + Experimentalpraktikum (120 min) + Nachbereitender Unterricht (ca. 20 min)
T ₄	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min)	Wissens-Nachtest 2 (ca. 25 min) FAM-Nachtest (ca. 10 min)

Abbildung 9.1: Ablauf der gesamten Evaluation

Zunächst wurden mit zwei Vortests die Werte der aktuellen Motivation und des Wissensstandes erhoben (Zeitpunkt T₀).

Zum Zeitpunkt T₁ erhielt die Experimentalgruppe das Treatment (Vorbereitender Unterricht im Umfang von ca. zwei Schulstunden, Experimentalpraktikum im Umfang von zwei Unterrichtsstunden und Nachbereitung von ca. 20 Minuten). Während dieses Zeitpunkts erhielt die Wartekontrollgruppe kein Treatment, sondern beschäftigte sich im Naturwissenschafts-

unterricht mit anderen Themen des Lehrplans. In der ersten Unterrichtsstunde nach dem vollständigen Durchlaufen des Treatments wurde bei beiden Gruppen (Versuchs- und Kontrollgruppe) der Wissensstand erhoben. Ferner wurden die Werte der aktuellen Motivation der Experimentalgruppe evaluiert (Zeitpunkt T₂).

Nach ca. fünf Wochen (Zeitpunkt T₃) erhielt die Wartekontrollgruppe das Treatment gemäß dem Schülerlabor-on-Tour Modell, während die Experimentalgruppe keine Intervention erfuhr. Zum Zeitpunkt T₄ (erste Unterrichtsstunde nach dem vollständigen Durchlaufen des Treatments seitens der Wartekontrollgruppe) wurden bei der Wartekontrollgruppe die aktuelle Motivation und der Wissensstand direkt nach dem Praktikum evaluiert. Der Wissensstand der Experimentalgruppe wurde ebenfalls getestet. Für diese Gruppe stellte der Test eine Überprüfung der Langzeitstabilität des Wissens dar, da sie in der Zwischenzeit kein weiteres Treatment erhielten.

9.2.3. Datenerhebung und Testinstrumente

9.2.3.1. Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation (FAM)

Zur Überprüfung der aktuellen Motivation wurde analog zur Evaluation in der Klassenstufe 5 der Fragebogen zur Erfassung der aktuellen Motivation in Lern- und Leistungssituationen verwendet (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001).

Analog wurden ebenso die Fragebogen modifiziert. Der modifizierte Fragebogen, welcher als Vortest eingesetzt wurde, enthielt ebenso lediglich 14 Items, während der Nachtest alle 18 Items beinhaltet.

Um Mittelwerte für die einzelnen FAM-Faktoren sowie für die Globalvariable bilden zu können wurden die negativ gepolten Items analog zum vorherigen Kapitel derartig umgepolt, dass der Skalenwert „7“ jeweils die beste und der Skalenwert „1“ die schlechteste Antwortmöglichkeit darstellt. Die positiv formulierten Items behalten ihre Polung bei.

Die Globalvariable „Aktuelle Motivation“ wird im Folgenden als „Gesamtmotivation“ bezeichnet, um sie besser von den einzelnen FAM-Faktoren hervorzuheben. Die aktuelle Gesamtmotivation versteht sich als arithmetischer Mittelwert aller Items. Im ungünstigsten Fall beträgt der Wert der aktuellen Gesamtmotivation (nach Umpolung) 1,0 und im besten Fall 7,0.

9.2.3.2. Wissenstests

Zur Erhebung des Wissenserwerbs vor und nach der Intervention wurden selbst entwickelte kriteriumsorientierte Wissenstests nach Klauer (1987) entwickelt. Diese Entwicklung fand analog zu denen der Klassenstufe 5 statt.

Zwar wurden die Wissenstests wieder als QUIZ deklariert, jedoch war aufgrund der operationalisierten Aufgabenstellungen für die Schülerinnen und Schüler ersichtlich, dass es sich um Tests im Sinne einer *Hausaufgabenüberprüfung* bzw. *Schriftlichen Überprüfung* handelt.

Die drei Wissenstests sowie Musterlösungen mit einem Bewertungsschema sind im Anhang (9.3 bis 9.8) zu finden.

Da die Tests verschiedene *Gesamtpunktzahlen* besitzen, werden die erreichten Ergebnisse in *Prozente* umgerechnet. Dies macht es möglich, die Ergebnisse in Form von Verläufen darstellen zu können und erlaubt einen Vergleich auf Intervallskalenniveau.

9.3. Ergebnisse

9.3.1. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung fand analog zu der Auswertung der Klassenstufe 5 statt.

Die Abbildungen in der nun folgenden Auswertung zeigen die aufgetragenen Mittelwerte der aktuellen Motivation bzw. die der einzelnen FAM-Faktoren. Zum Vergleich und zur besseren Darstellung wird der Bereich von 3,5 bis 6,0 dargestellt³⁸.

Zur Visualisierung des Wissenszuwachses werden die Mittelwerte der Testergebnisse in Prozent aufgetragen. Zur Vereinfachung werden die Treatments (Vorbereitender Unterricht, Experimentalpraktikum und Nachbereitung) mit einem Symbol gekennzeichnet:



= Themenmodul Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

9.3.1.1. Untersuchungen zur Fragestellung 1

Auswirkungen des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe auf die aktuelle Motivation

Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	116	5.19	.75
FAM-Nachtest	116	4.90	.82

Tabelle 9.1: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation³⁹

Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation

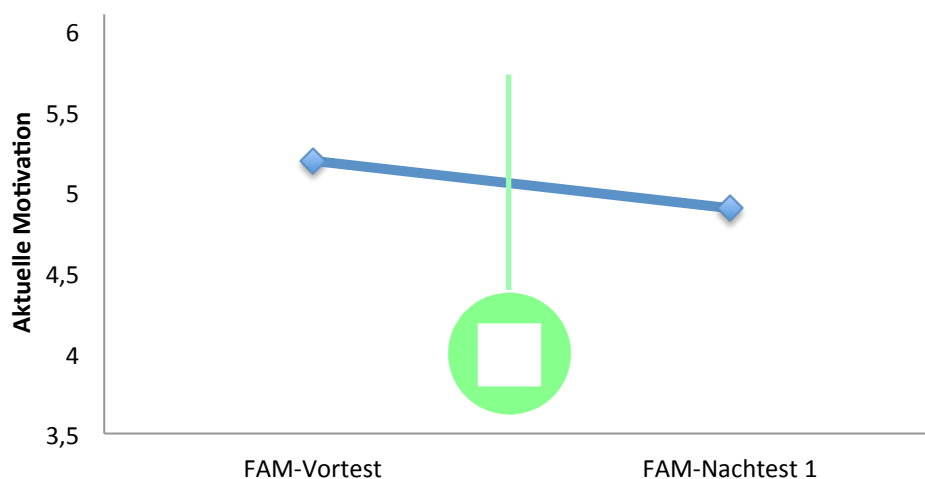


Abbildung 9.2: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation

³⁸ Anmerkung: die gesamte Skala des FAM reicht von 1,0 bis 7,0. Der gewählte Ausschnitt ergibt sich aus dem insgesamt kleinsten und größten gemessenen Wert.

³⁹ *H*: absolute Häufigkeit, *M*: arithmetisches Mittel; *SD*: Standardabweichung.

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach der Intervention signifikant niedrigere Werte für die aktuelle Gesamtmotivation auf ($t_{115} = 4.156$; $p < .001^*$; $d = .37$).

Jungen und Mädchen unterscheiden sich weder zum Zeitpunkt des Vortests ($F_1 = 1.258$; $p = .256$ n.s.; $\eta^2 = .012$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_1 = 1.281$; $p = .260$ n.s.; $\eta^2 = .012$) signifikant.

Testzeitpunkt	Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	CvM	29	4.96	.89
	AMG	30	5.28	.65
	GaS	32	5.24	.53
	Leibniz	25	5.29	.88
FAM-Nachtest	CvM	29	4.88	.94
	AMG	30	4.65	1.00
	GaS	32	4.90	.60
	Leibniz	25	5.21	.62

Tabelle 9.2: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Schulen

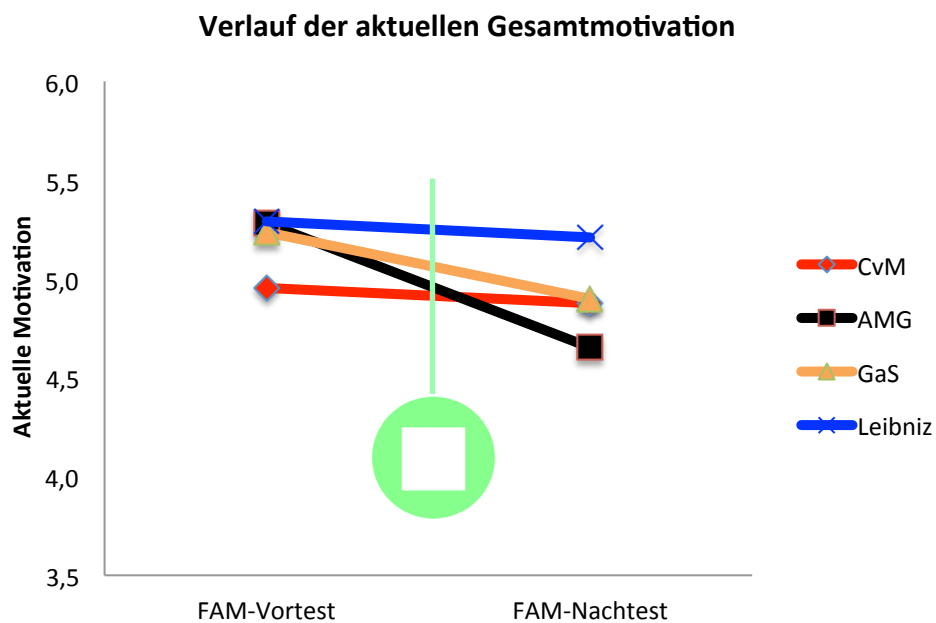


Abbildung 9.3: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation nach Schulen

Schulunterschiede machen sich im Nachtest bemerkbar. Dabei erreichen die Schülerinnen und Schüler des Leibniz-Gymnasiums signifikant höhere Werte als die des Albertus-Magnus-Gymnasiums ($F_3 = 2.848$; $p = .041^*$; $\eta^2 = .073$). Weitere signifikante Schulunterschiede können nicht beobachtet werden.

9.3.1.2. Untersuchungen zur Fragestellung 2

Auswirkungen auf die Einzelkomponenten der aktuellen Motivation (Erfolgswahrscheinlichkeit, Misserfolgsbefürchtung, Interesse und Herausforderung)

a) Auswertung zum FAM-Faktor *Interesse*

Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	115	4.34	1.81
FAM-Nachtest	115	4.19	1.41

Tabelle 9.3: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Interesse*

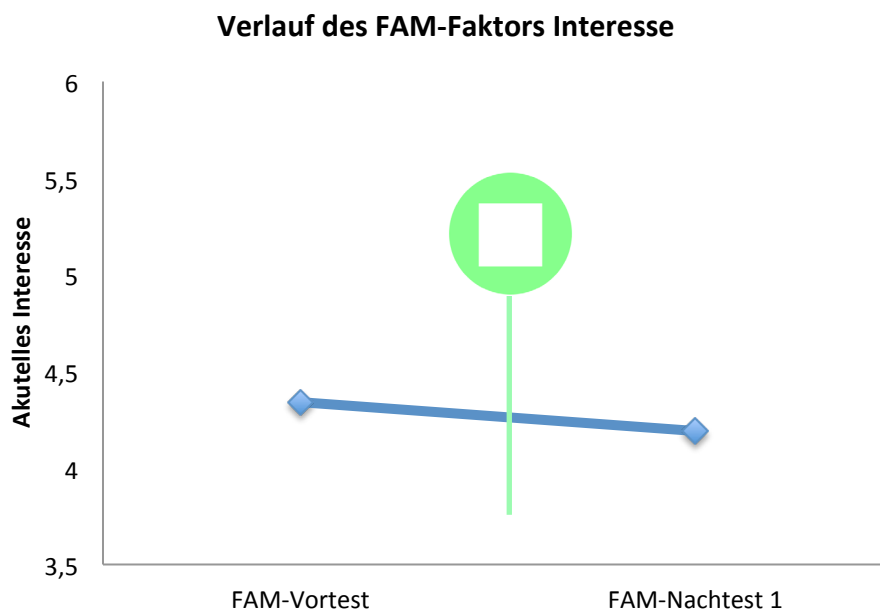


Abbildung 9.4: Verlauf des FAM-Faktors *Interesse*

Die Werte nach der Intervention unterscheiden sich von denen des Vortests nicht signifikant ($t_{114} = .957$; $p = .341$ n.s.; $d = .11$).

Testzeitpunkt	Geschlecht	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	männlich	70	4.87	1.59
	weiblich	45	3.51	1.83
FAM-Nachtest	männlich	70	4.32	1.42
	weiblich	45	4.00	1.38

Tabelle 9.4: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Interesse* nach Geschlechtern

Verlauf des FAM-Faktors Interesse nach Geschlechtern

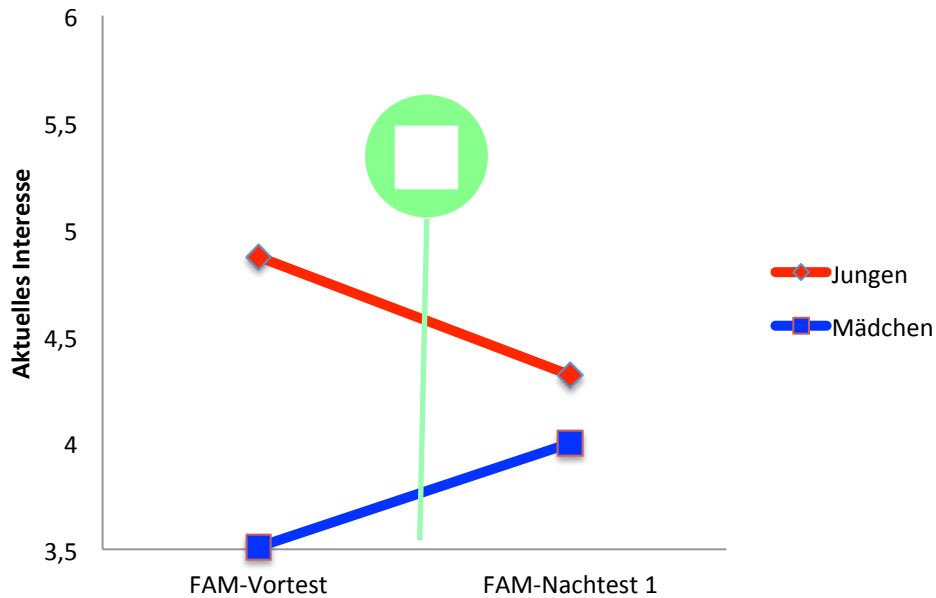


Abbildung 9.5: Verlauf des FAM-Faktors *Interesse* nach Geschlechtern

Betrachtet man Jungen und Mädchen separat, so fallen deutliche Unterschiede auf: Die Schüler haben zum Zeitpunkt T0 (Vortest) signifikant höhere Werte als die Schülerinnen ($F_1 = 20.615$; $p < .001$ *; $\eta^2 = .162$). Diese Unterschiede sind nach der Intervention nicht mehr signifikant ($F_1 = 1.890$; $\eta^2 = .172$ n.s.; $d = .017$).

Während das aktuelle Interesse der Jungen signifikant fällt ($t_{69} = 3.069$; $p = .003$ *; $d = 0.49$), bleibt das aktuelle Interesse der Mädchen gleich, wobei die Tendenz besteht, dass die Werte der Mädchen sich verbessert haben ($t_{44} = -1.937$; $p = .059$ n.s.; $d = .37$).

Signifikante Schulunterschiede können weder zum Zeitpunkt des Vortests ($F_3 = 1.157$; $p = .330$ n.s.; $\eta^2 = .031$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_3 = 1.725$; $p = .166$ n.s.; $\eta^2 = .046$) gefunden werden.

b) Auswertung zum FAM-Faktor *Herausforderung*

Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	116	4.65	.94
FAM-Nachtest	116	4.11	1.13

Tabelle 9.5: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Herausforderung*

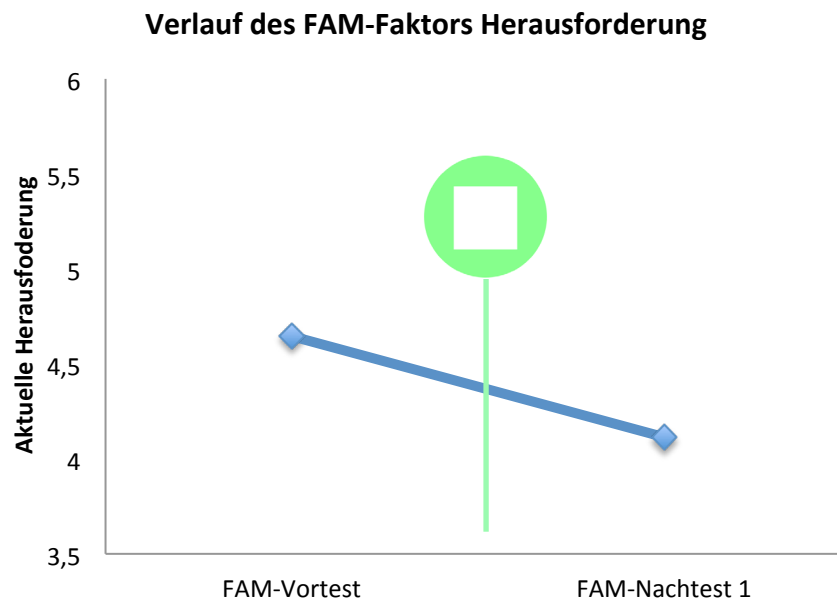


Abbildung 9.6: Verlauf des FAM-Faktors *Herausforderung*

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach der Intervention signifikant niedrigere Werte für den FAM-Faktor *Herausforderung* auf ($t_{115} = 5.241$; $p < .001$ *; $d = .98$).

Signifikante Geschlechtsunterschiede können weder zum Zeitpunkt des Vortests ($F_1 = .640$; $p = .640$ n.s.; $\eta^2 = .002$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_1 = .149$; $p = .700$ n.s.; $\eta^2 = .001$) gefunden werden.

Ebenso können weder signifikante Schulunterschiede zum Zeitpunkt des Vortests ($F_3 = .019$; $p = .997$ n.s.; $\eta^2 = .001$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_3 = .992$; $p = .400$ n.s.; $\eta^2 = .027$) gefunden werden.

c) Auswertung zum FAM-Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit*

Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	116	5.45	1.10
FAM-Nachtest	116	5.51	1.21

Tabelle 9.6: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit*

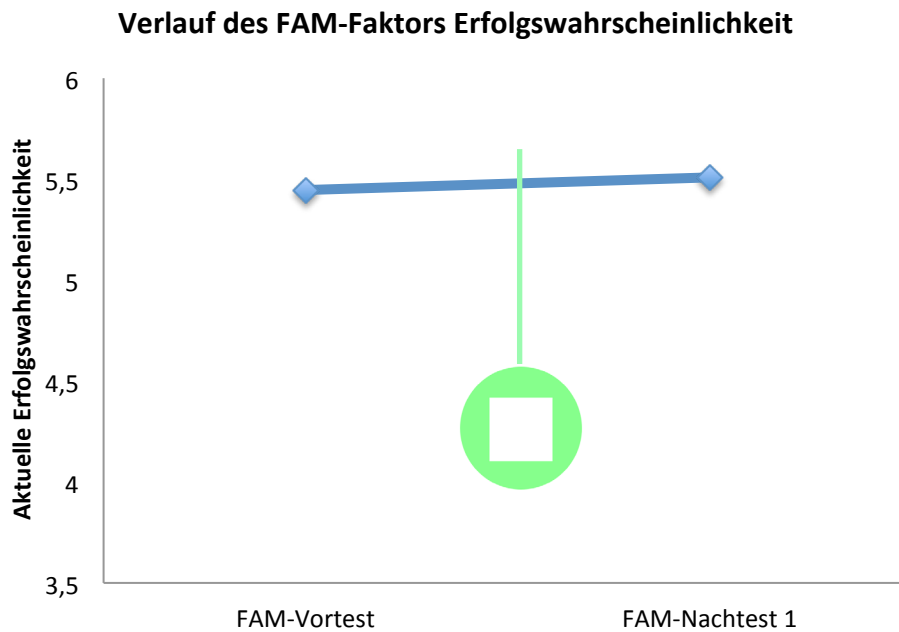


Abbildung 9.7: Verlauf des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit*

Die Werte nach der Intervention unterscheiden sich von denen des Vortests nicht signifikant ($t_{115} = -.621$; $p = .536$ n.s.; $d = .10$).

Signifikante Geschlechtsunterschiede können weder zum Zeitpunkt des Vortests ($F_1 = .016$; $p = .900$ n.s.; $\eta^2 = < .001$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_1 = .035$; $p = .853$ n.s.; $\eta^2 < .001$) gefunden werden.

Testzeitpunkt	Schule	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	CvM	29	5.22	1.21
	AMG	30	5.33	1.15
	GaS	32	5.59	.74
	Leibniz	25	5.67	1.24
FAM-Nachtest	CvM	29	5.30	1.27
	AMG	30	4.88	1.46
	GaS	32	5.88	.72
	Leibniz	25	6.04	.88

Tabelle 9.7: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit* aufgeteilt nach Schulen

Verlauf des FAM-Faktors Erfolgswahrscheinlichkeit nach Schulen

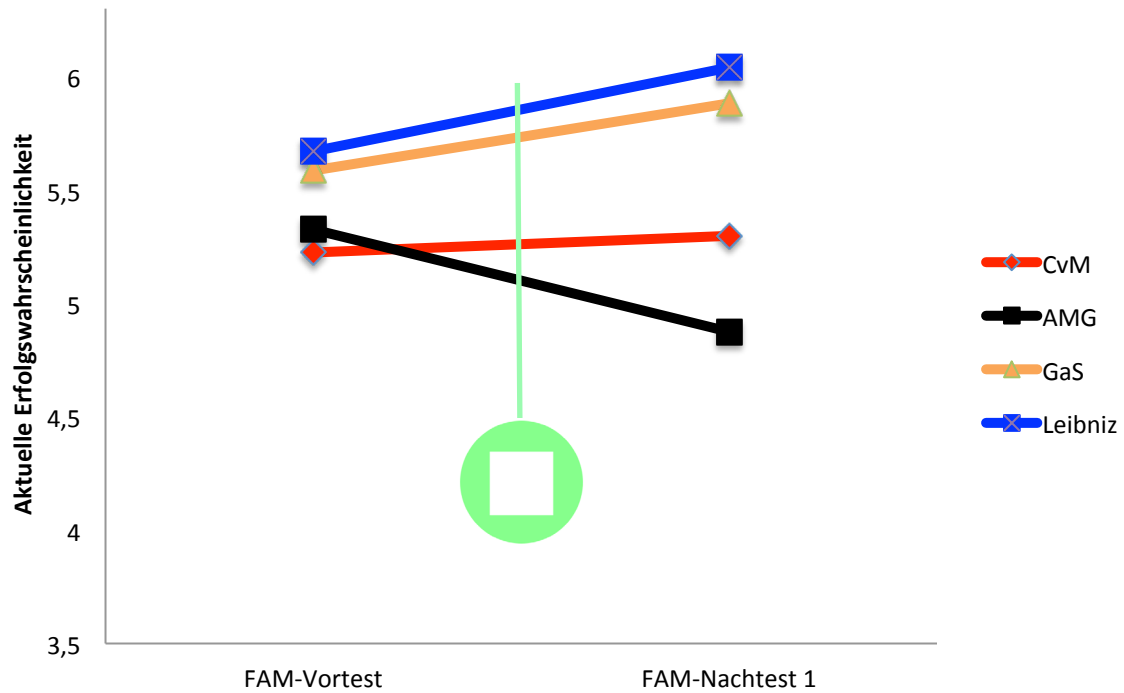


Abbildung 9.8: Verlauf des FAM-Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit* nach Schulen

Signifikante Schulunterschiede sind zum Zeitpunkt des Vortests ($F_3 = .1.606$; $p = .245$ n.s.; $\eta^2 = .038$) nicht vorhanden. Zum Zeitpunkt des Nachtests machen sich Schulunterschiede allerdings bemerkbar ($F_3 = 6.479$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .153$). Dabei schätzen die Schülerinnen und Schüler des Albertus-Magnus-Gymnasiums ihre Erfolgswahrscheinlichkeit signifikant geringer ein als die Lernenden der drei anderen Schulen.

d) Auswertung zum FAM-Faktor *Misserfolgsbefürchtung*

Testzeitpunkt	<i>H</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
FAM-Vortest	116	5.59	1.16
FAM-Nachtest	116	5.74	1.16

Tabelle 9.8: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors *Erfolgswahrscheinlichkeit*

Die Werte nach der Intervention unterscheiden sich von denen des Vortests nicht signifikant ($t_{115} = -1.304$; $p = .195$ n.s.; $d = .23$).

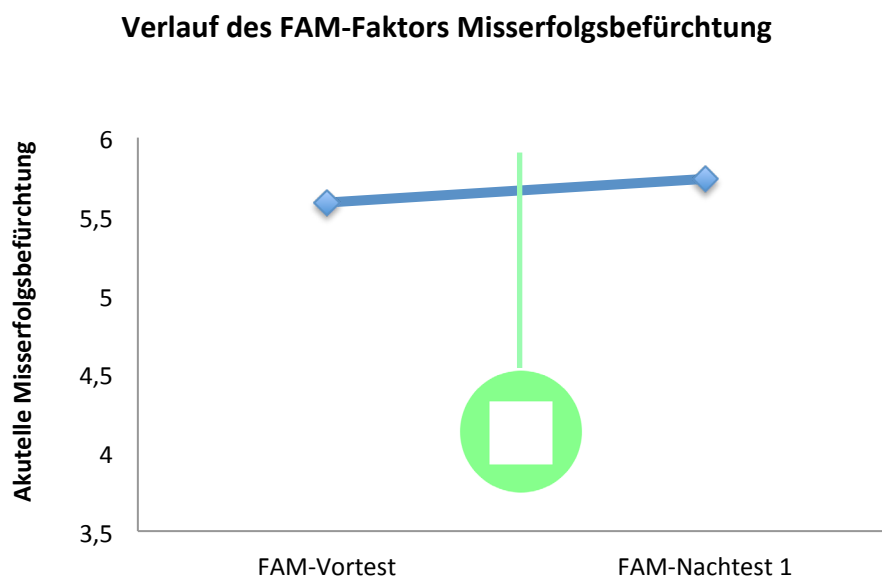


Abbildung 9.9: Verlauf des FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung*

Signifikante Geschlechtsunterschiede können weder zum Zeitpunkt des Vortests ($F_1 = .234$; $p = .629$ n.s.; $\eta^2 = .002$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_1 = .436$; $p = .511$ n.s.; $\eta^2 = .004$) gefunden werden.

Ebenso sind weder signifikante Schulunterschiede zum Zeitpunkt des Vortests ($F_3 = 1.863$; $p = .140$ n.s.; $\eta^2 = .049$) noch zum Zeitpunkt des Nachtests ($F_3 = .122$; $p = .947$ n.s.; $\eta^2 = .003$) zu finden.

9.3.1.3. Untersuchungen zur Fragestellung 3

Auswirkungen des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe auf den Wissenserwerb (Kognition)

	Gruppe	H	M	SD
Vortest (T0)	VSG	60	13.96	8.50
	VGG	57	13.16	14.13
Nachtest 1 (T2)	VSG	60	84.25	17.37
	VGG	57	30.57	12.31
Nachtest 2 (T4)	VSG	60	77.68	12.54
	VGG	57	72.48	16.29

Tabelle 9.9: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

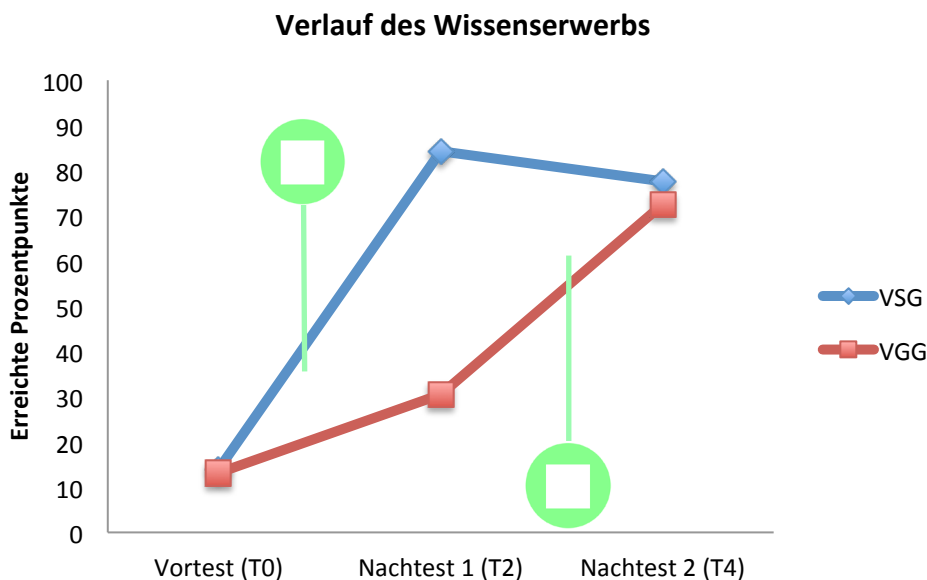


Abbildung 9.10: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe. Zum Zeitpunkt T1 erhielt die VSG das Treatment, während die VGG keine Intervention erhielt. Zum Zeitpunkt T3 erhielt die VGG das Treatment, während die VSG keine Intervention erhielt.

Zu Beginn (Zeitpunkt T0) sind die erreichten Prozentpunkte der Experimental- und Wartekontrollgruppe vergleichbar ($F_1 = 6.495$; $p = .012^*$; $\eta^2 = .015$). Zum Zeitpunkt T2 erreicht die Experimentalgruppe (VSG) signifikant höhere Werte als die Wartekontrollgruppe (VGG), die zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhielt ($F_1 = 422,42$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .751$). Zum Zeitpunkt T4 (nachdem beide Gruppe dieselbe Intervention erhalten haben) erreicht die Experimentalgruppe wiederum signifikant höhere Werte als die Kontrollgruppe ($F_1 = 4.078$; $p = .046^*$; $\eta^2 = .032$). Die beiden Gruppen unterscheiden sich allerdings mit einer wesentlich geringeren Effektstärke als zu Zeitpunkt T2.

Die Experimentalgruppe erreicht zum Zeitpunkt T2 (nach der Intervention) einen signifikant höheren Wert als zum Zeitpunkt T0 (vor der Intervention) ($t_{68} = -28.588$; $p < .001^*$; $d = .75$)

Nach sechs Wochen (Zeitpunkt T4) erreicht die VSG zwar noch einen Wert, der signifikant vom Zeitpunkt T2 verschieden ist ($t_{60} = -3.409$; $p < .001^*$; $d = .06$), jedoch ist dieser Wert ebenso deutlich von T0 verschieden ($t_{59} = -37.495$; $p < .001^*$; $d = 1.11$).

Die Wartekontrollgruppe erreicht zum Zeitpunkt T2 einen signifikant höheren Wert als zu Zeitpunkt T0 ($t_{69} = -7.584$; $p < .001^*$; $d = .20$). Nach der Intervention (T4) erreicht die VGG einen signifikant höheren Wert als vorher (T2) ($t_{68} = -28.588$; $p < .001^*$; $d = .40$).

Geschlechtsunterschiede machen sich zu keinem Zeitpunkt, weder in der Versuchs- ($F_1 = .615$; $p = .609$ n.s.; $\eta^2 = .036$) noch in der Wartekontrollgruppe, bemerkbar ($F_1 = 1.353$; $p = .269$ n.s.; $\eta^2 = .080$).

Testzeitpunkt	Schule	H	M	SD
Wissen-Vortest	CvM	16	15.63	21.22
	AMG	13	23.72	7.87
	GaS	15	8.06	6.58
	Leibniz	13	5.45	5.48
Wissen-Nachtest 1	CvM	12	28.44	13.35
	AMG	13	27.89	10.17
	GaS	13	36.00	14.29
	Leibniz	13	29.62	9.51
Wissen-Nachtest 2	CvM	16	82.57	15.25
	AMG	13	73.68	10.85
	GaS	15	77.54	10.84
	Leibniz	13	72.48	16.29

Tabelle 9.10: Deskriptive Statistik zum Verlauf des Wissenserwerbs für die VGG aufgeteilt nach Schulen

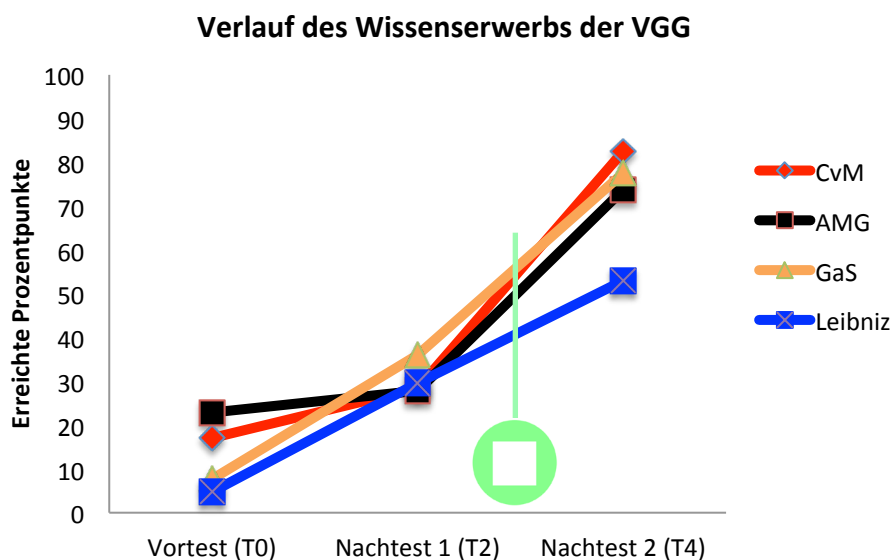


Abbildung 9.11: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* für die VGG aufgeteilt nach Schulen

Für die Experimentalgruppe lassen sich keine Schulunterschiede beobachten ($F_1 = 1.862$; $p = .064$ n.s.; $\eta^2 = .099$). Für die Wartekontrollgruppe lassen sich zum Zeitpunkt T0 signifikante

Schulunterschiede beobachten ($F_3 = 7.100$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .244$). So haben das Christian von Mannlich (CvM) und das Albertus-Magnus-Gymnasium (AMG) signifikant höhere Werte als das Gymnasium am Steinwald (GaS) und das Leibniz-Gymnasium (Leibniz). Dabei unterscheiden sich das CvM vom AMG und das Leibniz vom GaS nicht signifikant. Ebenso sind Unterschiede in der Ergebnissen des Nachtests 2 zu finden ($F_3 = 17.224$; $p < .001^*$; $\eta^2 = .484$): Dabei erreichen die Schülerinnen und Schüler des Leibniz-Gymnasiums signifikant niedrigere Werte als die der drei anderen Schulen. Die anderen Schulen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

9.3.1.4. Untersuchungen zur Fragestellung 4 *Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb*

Es kann keine signifikante Korrelation zwischen Vortest und der aktuellen Gesamtmotivation nachgewiesen werden. Gleiches gilt für die Korrelationen mit den einzelnen FAM-Faktoren. (vgl. folgende Tabelle)

		Wissens-Vortest
FAM-Erfolgserwartung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.044
	Sig. (2-Seitig)	.589 n.s.
	N	151
FAM-Interesse Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.101
	Sig. (2-Seitig)	.221 n.s.
	N	150
FAM-Misserfolgserwartung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.159
	Sig. (2-Seitig)	.052 n.s.
	N	151
FAM-Herausforderung Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	-.012
	Sig. (2-Seitig)	.880 n.s.
	N	151
FAM-Gesamtmotivation Wissen-Vortest	Pearson-Korrelation	.116
	Sig. (2-Seitig)	.156 n.s.
	N	151

Tabelle 9.11: Korrelation zwischen aktueller Motivation und Vorwissen zum Zeitpunkt T0

Nachdem beide Gruppen das Treatment erhalten haben, lässt sich ebenso eine mittlere Korrelation von $r = .422$ zwischen der aktuellen Gesamtmotivation und den Ergebnissen der Nachtests feststellen.

Die beiden FAM-Faktoren Erfolgserwartung und Herausforderung korrelieren schwach positiv mit den Ergebnissen des Nachtests. Für den FAM-Faktor Interesse kann eine mittlere Korrelation von $r = .422$ nachgewiesen werden.

Der FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung korreliert nicht signifikant mit den Lernergebnissen.

		Nachtest Fette und Öle
FAM-Erfolgserwartung Wissen-Nachtest	Pearson-Korrelation	.226
	Sig. (2-Seitig)	.018*
	N	109
FAM-Interesse Wissen-Nachtest	Pearson-Korrelation	.479
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	109
FAM-Misserfolgserwartung Wissen-Nachtest	Pearson-Korrelation	.096
	Sig. (2-Seitig)	.319 n.s.
	N	109
FAM-Herausforderung Wissen-Nachtest	Pearson-Korrelation	.280
	Sig. (2-Seitig)	.003*
	N	109
FAM-Gesamtmotivation Wissen-Nachtest	Pearson-Korrelation	.422
	Sig. (2-Seitig)	.000*
	N	109

Tabelle 9.12: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls
Fette und Öle

Regressionsanalysen

Da keine signifikante Korrelation zwischen Vorwissen und den Ergebnissen des Nachtests nachgewiesen werden kann, wird der Einfluss des Vorwissens nicht weiter untersucht. Die Varianzveränderungen werden ausschließlich der aktuellen Motivation zugeschrieben.

9.3.2. Diskussion

Fragestellung 1: Auswirkungen des Themenmoduls *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* auf die aktuelle Motivation

Die aktuelle Gesamtmotivation ist mit einem Mittelwert von $M = 5.290$ bereits zum Zeitpunkt T_0 , also vor der ersten Intervention, auf einem hohen Niveau⁴⁰. Nach der Intervention (Themenmodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe*) kann ein signifikanter Abfall der aktuellen Motivation auf den Wert $4,897$ nachgewiesen werden. Betrachtet man die Effektstärke von $d = .372$, so handelt es sich lediglich um einen kleinen Effekt.

Entgegen der Hypothese wird kein signifikanter Unterschied zwischen Jungen und Mädchen gefunden. Die Hypothese, wonach keine Schulunterschiede zu erwarten sind, muss teilweise zurückgewiesen werden. Im Nachtest unterscheiden sich die Werte der Lernenden des Leibniz-Gymnasiums und die des Albertus-Magnus-Gymnasiums (AMG). Da beide Schulen in St. Ingbert liegen, kann ein Ortsfaktor nicht ausschlaggebend sein. Das AMG ist eine Schule mit sprachlichem Schwerpunkt (mit einem Schwerpunkt auf Französisch mit der Möglichkeit eines bilingualen Unterrichts und Latein). Deswegen wird vermutet, dass Schülerinnen und Schüler des Leibniz-Gymnasiums vom naturwissenschaftlichen Experimentieren eher begeistert sind. Im Vortest sind keine Unterschiede zu beobachten.

Der Abfall nach dem Praktikum wird auf den Abfall des FAM-Faktors Herausforderung zurückgeführt (Gründe hierfür werden unten aufgeführt), da bei den drei anderen FAM-Faktoren keine signifikante Veränderung beobachtet werden kann.

Es wird darüber hinaus vermutet, dass der Abfall der Motivation weniger auf das Praktikum selbst, als auf die Evaluation als solches zurückgeführt wird. Anders als bei der Klassenstufe 5 war den Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 10 bewusst, dass es bei den jeweiligen QUIZ um Leistungsüberprüfungen handelt. Daher wird vermutet, dass die dreimalige Testung eher negativ auf die aktuelle Motivation wirkt.

⁴⁰ Vgl. hierzu die Skala: die Skala reicht von 1 bis 7, wobei 7 nach Umpolung der negativ formulierten Items den bestmöglichen Wert darstellt.

Fragestellung 2:

Auswirkungen des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe auf die FAM-Faktoren (Interesse, Herausforderung, Erfolgserwartung und Misserfolgsbefürchtung)

Nach dem Themenmodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* kann kein höheres aktuelles Interesse nachgewiesen werden. Beim FAM-Faktor *Interesse* machen sich Geschlechtsunterschiede bemerkbar. Im Vortest sind die Jungen signifikant höher interessiert als die Mädchen. Nach der Intervention sinkt das aktuelle Interesse der Jungen signifikant ab, das der Mädchen steigt. Somit befinden sich nach dem Themenmodul Jungen und Mädchen auf einem gleichen Niveau des FAM-Faktors *Interesse*. Daraus folgt, dass das Themenmodul für die Mädchen interessanter als für die Jungen war. Dies könnte mit der Thematik *Ernährung* zu tun haben. Während der Praktika war zu beobachten, dass sich Mädchen mehr Fragen zum Thema *gesunde Ernährung* gestellt und damit ein größeres Interesse an der Thematik gezeigt haben. Schulunterschiede sind keine zu finden.

Die Werte des FAM-Faktors *Herausforderung* sind nach der Intervention signifikant geringer als vor dem Praktikum. Die Schülerinnen und Schüler schätzen vor der Intervention ihre Fähigkeiten gering ein. In den Gesprächen mit den Lernenden während der Experimentalpraktika wurden die Experimente oft mit Sätzen wie „ich habe mir das viel schwieriger vorgestellt“ kommentiert. Offensichtlich erwarteten sie sehr schwere Aufgaben, für deren Bewältigung ihre eigenen Fähigkeiten als zu gering eingeschätzt wurden. Nach den Praktika fand eine Angleichung der Einschätzung der eigenen Fähigkeiten statt, so dass die Praktikumsituation eine geringe Herausforderung darstellte. Da, wie Auswertung der Fragestellung 3 gezeigt hat, ein signifikanter Wissenszuwachs beobachtet werden kann, kann angenommen werden, dass das Themenmodul dennoch leistungsmotiviert hat. Entgegen der Vermutung, konnten für den FAM-Faktor *Herausforderung* keine Geschlechtsunterschiede festgestellt werden. Schulunterschiede konnten wie erwartet keine gefunden werden.

Mit den Werten der *Herausforderung* gehen auch die Werte der beiden FAM-Faktoren *Erfolgswahrscheinlichkeit* und *Misserfolgswahrscheinlichkeit* einher. Die Werte der *Erfolgswahrscheinlichkeit* und der *Misserfolgsbefürchtung* verbessern sich zwar nicht signifikant. Es besteht bei beiden FAM-Faktoren jedoch eine Tendenz zu leicht besseren Werten im Vergleich zum Vortest.

Das heißt, dass die Schülerinnen und Schüler nach dem Praktikum ihre Chancen auf Erfolg zumindest nicht schlechter sehen, sondern tendenziell besser. Geschlechtsunterschiede können für den FAM-Faktor *Erfolgswahrscheinlichkeit* keine beobachtet werden. Schulunterschiede machen sich nur zum Zeitpunkt des Nachtests bemerkbar. Die Schülerinnen und Schüler des Albertus-Magnus-Gymnasiums schätzen ihre Fähigkeit geringer als die der anderen Schulen ein. Dies könnte wiederum damit zu tun haben, dass in den drei anderen Schulen der naturwissenschaftliche Unterricht im Vordergrund steht, während das Albertus Magnus ein sprachlich orientiertes Gymnasiums ist.

Wiederum können für den FAM-Faktors *Misserfolgsbefürchtung* keine Geschlechtsunterschiede beobachten werden. Ebenso können keine signifikanten Unterschiede im Merkmal Schule nachgewiesen werden.

Fragestellung 3:

Auswirkungen des Themenmoduls Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe auf den Wissenserwerb

Nach dem Themenmodul *Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe* kann eine signifikante Steigerung des Wissens beobachtet werden. Das Wartekontrollgruppen-Design erlaubt die Gründe für den Wissenszuwachs in der Intervention zu sehen:

Die Experimentalgruppe erreicht nach der Intervention signifikant bessere Werte als die Wartekontrollgruppe ($\eta^2 = .751$; hohe Effektstärke), welche zu diesem Zeitpunkt noch keine Intervention erhalten hat. Die Werte der Experimental- und Wartekontrollgruppen unterscheiden sich nicht mehr, nachdem beide das Treatment erhalten haben. Der Wissenszuwachs der Wartekontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (ohne Treatment) lässt sich, wie auch schon bei der Klassenstufe 5 vermutet, damit erklären, dass die Schülerinnen und Schüler sich in den Pausen bzw. in der Freizeit gegenseitig über Inhalte des Praktikums informiert haben.

Das Wissen ist über den Zeitraum von ca. sechs Wochen stabil. Dies kann in den Ergebnissen der Experimentalgruppe zu den Zeitpunkten T2 und T4 nachgewiesen werden. Die Lernergebnisse nach sechs Wochen (T4) sind zwar geringer als diejenigen, die unmittelbar nach der Intervention erhoben wurden (T2). Jedoch sind die Lernergebnisse des Nachtests 2 immer deutlich höher als vor der Intervention. Somit wird der Wissenserwerb als langzeitstabil angesehen.

Geschlechtsunterschiede machen sich weder in der Experimental- noch in der Wartekontrollgruppe keine bemerkbar. Ebenso sind für die Experimentalgruppe keine Schulunterschiede zu beobachten.

In der Wartekontrollgruppe können hingegen Schulunterschiede beobachtet werden. Die Schülerinnen und Schüler des CvM und AMG erreichen im Vortest signifikant höhere Werte als die beiden anderen Schulen. Zum Zeitpunkt des Nachtests 2 (also nach erfolgter Intervention) fallen die Werte der Schülerinnen und Schüler des Leibniz-Gymnasiums signifikant geringer aus als die der drei anderen Schulen. Das bedeutet auch, dass die Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums am Steinwald zu den eingangs noch besseren Lernenden aufgeschlossen haben, da hier kein signifikanter Unterschied mehr zu beobachten ist.

Es bleibt festzuhalten, dass hinsichtlich des Wissenserwerbs die Schülerinnen und Schüler von dem Bildungsangebot profitieren.

Fragestellung 4:

Zusammenhang zwischen aktueller Motivation und Wissenserwerb

Zwischen der aktuellen Motivation (Globalvariable bzw. den vier FAM-Faktoren) und dem Vorwissen kann keine signifikante Korrelation nachgewiesen werden. Zwischen den Lernergebnissen der Nachtests und der Globalvariablen *aktuelle Gesamtmotivation* kann eine mittlere Korrelation von $r = .422$ gefunden werden. Mit Ausnahme des FAM-Faktors Misserfolgsbefürchtung korrelieren die einzelnen FAM-Faktoren ebenso positiv mit den Lernergebnissen des Nachtests. Wie vermutet, fallen die Korrelationen zwischen Interesse ($r = .479$) und Herausforderung ($r = .280$) höher aus als die der beiden anderen FAM-Faktoren.

Eine Korrelation zwischen Vorwissen und den Ergebnissen der Nachtests kann nicht nachgewiesen werden.

Der gefundene Zusammenhang lässt somit folgende Schlussfolgerung zu:

Je höher die aktuelle Motivation in der Globalvariablen ausfällt, desto besser die erzielten Lernergebnisse.

10. Zusammenfassung und Ausblick

Klassenstufe 05: Auswirkungen des Schülerlabor-on-Tour Modells auf Wissenszuwachs und aktuelle Motivation

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass sich die Themenmodule *Fette und Öle* und *Wasserreinigung* positiv auf die aktuelle Motivation auswirken. Die Effekte fallen jedoch schwächer aus als eingangs vermutet. Gründe hierfür sind einerseits in der Wahl der Themen und andererseits in der Konzeption des Schülerlabor-on-Tour Modells als solches zu finden. Das Schülerlabor-on-Tour Modell vermag es hinsichtlich Motivationssteigerung nicht, den außerschulischen Lernort *Schülerlabor* zu ersetzen.

Die Variable *Geschlecht* hat in der Studie weniger Einfluss auf die aktuelle Motivation als vermutet. Es besteht jedoch die Tendenz, dass Jungen höhere Werte in der aktuellen Motivation aufweisen als Mädchen.

Für die Variable *Schule* kann an einigen Stellen der Studie ein Einfluss auf die Leistungsergebnisse und auf die Motivation nachgewiesen werden.

Beide entwickelten Module haben zu einem signifikanten Lernzuwachs geführt. Es konnte gezeigt werden, dass das erworbene Wissen über einen Zeitraum von mindestens sechs Wochen langzeitstabil ist. Wiederum hat die Variable *Geschlecht* wenig Einfluss auf die erzielten Lernergebnisse.

Klassenstufe 10: Auswirkungen des Schülerlabor-Themenmoduls auf Wissenszuwachs und aktuelle Motivation

Die Studie hat gezeigt, dass Schülerlabore in der Lage sind, Wissen zu vermitteln. Jedoch konnte dabei keine Steigerung der Motivation nachgewiesen werden, welche normalerweise ein grundlegendes Ziel der Schülerlabore darstellt. Dies wird einerseits auf das sinkende Interesse an der Thematik und andererseits auf die Prüfungssituation als solches zurückgeführt.

Die Variable *Geschlecht* hat in der Studie weniger Einfluss auf die aktuelle Motivation als vermutet. Ein Einfluss auf die aktuelle Gesamtmotivation konnte nicht nachgewiesen werden. Deutlich macht sich der Unterschied der beiden Geschlechter im aktuellen Interesse bemerkbar. Ferner hat die Variable *Geschlecht* keinen Einfluss auf die erzielten Lernergebnisse.

Für die Variable *Schule* kann an einigen Stellen der Studie ein Einfluss auf die Leistungsergebnisse und auf die Motivation nachgewiesen werden.

Das entwickelte Bildungsangebot hat zu einem signifikanten Lernzuwachs geführt. Es konnte gezeigt werden, dass das erworbene Wissen über einen Zeitraum von mindestens sechs Wochen langzeitstabil ist.

Einordnung des Schülerlabor-on-Tour Modells und des Schülerlabors in den Lernprozess

Aus konstruktivistischer Sicht (vgl. Kapitel 3.1 bis 3.4) spielt das eigenständige Experimentieren gerade in den Naturwissenschaften eine große Rolle, sowohl im Lernprozess als auch in der Entwicklung der aktuellen Motivation und des aktuellen Interesses. Der Anfangsunterricht stellt oftmals die Weichen für ein späteres Interesse an einem Fach. Gerade in den Naturwissenschaften bedarf es daher für die Klassenstufe 5 ein fach- und kindgerechtes, aufgearbeitetes Experimentalangebot, damit die Schülerinnen und Schüler die Naturwissenschaften im doppelten Sinne „begreifen“ können. An derartigen Angeboten im Fachbereich Chemie mangelt es jedoch zur Zeit, vergleicht man es mit dem mannigfaltigen Angebot für die Sekundarstufe 2.

Diese Arbeit konnte beweisen, dass das Schülerlabor-on-Tour Modell eine sinnvolle Ergänzung für den Naturwissenschaftsunterricht ist, da nicht nur die aktuelle Motivation gesteigert, sondern auch Wissen vermittelt werden kann.

Für höhere Klassenstufen, wie zum Beispiel die untersuchte Klassenstufe 10, kann das Schülerlabor-on-Tour Modell nicht dieselbe positive Wirkung entfalten wie in der Klassenstufe 5 und wird somit als nicht sinnvoll erachtet. Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5 hatten zuvor keinen Kontakt (vgl. Novitätseffekt) mit chemischen Experimenten und den dafür notwendigen Geräten (z.B. Becher- oder Reagenzglas). Sie betreten mit den Versuchen des Schülerlabor-on-Tour Modells „eine neue Welt“ und sind dementsprechend motiviert.

Schülerinnen und Schüler höherer Klassen, wie die der untersuchten Klassenstufe 10, haben andere Ansprüche. Das erstmalige Experimentieren mit einem Becherglas fasziniert die Lernenden der Klassenstufe 10 in keiner Weise ähnlich wie die Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 5. Wie die bisherige Forschung über Schülerlabore gezeigt hat (vgl. Kapitel 3.2), wollen diese vielmehr in authentischen Situationen, d.h in einem professionellen Umfeld lernen.

Im Falle der Chemie bedeutet dies, in einem „echten“ (Schüler)Labor selbst zu experimentieren und ins Gespräch mit „echten“ Wissenschaftlern zu treten (wie in Kapitel 3.2 dargestellt, sind Schülerlabore oftmals an Forschungsinstituten angegliedert und bieten somit die Möglichkeit zur Kommunikation mit Wissenschaftlern aus den Forschungsinstituten; so z.B. auch das Schülerlabor NanoBioLab). Dies ist auch wichtig für die spätere Berufsorientierung.

Diese Studie hat erstmalig den Nachweis erbracht, dass sowohl ein Chemie-Schülerlabor als auch das Schülerlabor-on-Tour Modell zu einem langzeitstabilen, messbaren Wissenszuwachs führen. Sie können somit als wirksames Mittel der Wissensvermittlung angesehen werden.

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Arbeit wird empfohlen, das Schülerlabor-on-Tour Modell im Anfangsunterricht *Naturwissenschaften* einzusetzen. Je weiter die Schulausbildung voranschreitet, desto professioneller muss auch die Lernumgebung gestaltet werden.

Hierfür eignen sich Schülerlabore hervorragend. Das Schülerlabor-on-Tour Modell ist allerdings kein Ersatz, sondern vielmehr eine Ergänzung zu den Schülerlaboren.

Da die Studie bewiesen hat, dass sowohl Schülerlabore als auch das ergänzende Schülerlabor-on-Tour Modell als wirksames Mittel der Wissensvermittlung angesehen werden müssen und darüber hinaus auch eine positive Auswirkung auf die aktuelle Motivation besitzen, sollten sie nicht nur ein optionaler, sondern vielmehr ein verpflichtender Teil der schulischen Ausbildung im Fach Chemie bzw. Naturwissenschaften sein. Forschendes Experimentieren sollte im Lehrplan (Chemie und Naturwissenschaften) in zweifacher Weise ausgebaut werden. Erstens sollte ein lokaler Ausbau den flächendeckenden Einsatz ermöglichen und zweitens sollte ein inhaltlicher Ausbau erfolgen. So muss die zukünftige fachdidaktische Forschung das Bildungsangebot mit weiteren Schülerlabor(-on-Tour)modulen erweitern.

Weitere zukünftige Studien könnten zeigen, inwieweit die Themenmodule (in Form von Schülerlabor-on-Tour Modell und Chemie-Schülerlabor) mit klassischem schulischen Unterricht hinsichtlich aktueller Motivation und Wissenszuwachs vergleichbar sind.

11. Literaturverzeichnis

- Atkinson, J.W. (1957). Motivational determinants of risktaking behavior. *Psychological Review*, 64, 359-372.
- Baars, G. (1998). *Grundkenntnisse Chemie*. Aarau/Bern, Frankfurt am Main, Salzburg: Bildung Sauerländer.
- Bader, H. J., Horn, S., Fehrenbacher, U., Grosshardt, O., Kowollik, K., Schmiedel, D. & Hirth, T. (2009). *Informationsserie: Nachwachsende Rohstoffe*. Darmstadt: Frotzcher Druck GmbH.
- Baltes, J., Cornils, B. & Frohning, C. D. (1975). Neuere Entwicklungen bei der industriellen katalytischen Hydrierung von Fetten (Fetthärtung). *Chemie Ingenieur Technik*, 47(12), 522-532.
- Baltes, W. & Matissek, R. (2011). *Lebensmittelchemie*: Springer.
- Barthel, H. (1972). *Untersuchungen über die Entwicklung von Denkleistungen der Schüler durch den Einsatz der experimentellen Methode, dargestellt an Beispielen aus dem Chemieunterricht der 7. und 8. Klassen*. Potsdam: Dissertation.
- Becker, H.-J., Glöckner, W., Hoffmann, F. & Jüngel, G. (1992). *Fachdidaktik Chemie*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Belitz, H. D. & Grosch, W. (1992). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*: Springer-Verlag GmbH.
- Belitz, H.-D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry* Berlin: Springer-Verlag.
- Billard, H., Faraj, A., Ferreira, N. & Heiss-Blanquet, S. (2012). Optimization of a synthetic mixture composed of major Trichoderma reesei enzymes for the hydrolysis of steam-exploded wheat straw. *Biotechnology for Biofuels*, 5.
- Bioenergy, Abengoa. (2011). Abengoa Bioenergy. from <http://www.abengoabioenergy.com>
- Bohlmann, J. (2006). Biokraftstoffe der zweiten Generation: Herstellungsoptionen, Stand der Technik, Effizienz, Kosten. Tagung „Mobil mit Biomasse“, Mercedes-Benz Museum, Stuttgart. 27.09.2006
- Borchard-Tuch, C. (2004). Herausforderung Meerwasserentsalzung. *Chemie in unserer Zeit*(5), 357-359.
- Brandt, A. , Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Ein Kontrollgruppenexperiment mit Follow up-Erhebung zu Effekten auf Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22(1), 5-12.
- Braun, D. (2013). *Kleine Geschichte der Kunststoffe* München: Hanser.
- Braun, K. (1950). *Die Fette und Öle*. Berlin: de Gruyter.
- Bruice, P. Y. & Reiser, O. (2007). *Organische Chemie*. Berlin: Pearson Studium.
- Brünken, R. & Seufert, T. (2006). Aufmerksamkeit, Lernen, Lernstrategien. In H. Mandl & H. Friedrich (Eds.), *Handbuch Lernstrategien* (pp. 27-37). Göttingen: Hogrefe.
- Bundesamt, Statistisches. (2010). Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Wasserversorgung - Fachserie 19 Reihe 2.1.1 - 2010.
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/WasserOeffentlich2190211109004.pdf?__blob=publicationFile
Abgerufen am 02.10.2014
- Burmeister, M., Jokmin, S. & Eilks, I. (2011). Bildung für nachhaltige Entwicklung und Green Chemistry im Chemieunterricht. *ChemKon*, 18(3), 123-128.

- Coll, R. K., Gilbert, J. K., Pilot, A. & Streller, S. (2013). How to benefit from the informal and interdisciplinary Dimension of Chemistry in Teaching. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry - A Studybook. A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (pp. 241-268). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- De Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. De Haan (Eds.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung* (pp. 23-44). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Deters, K. (2005). Student Opinions Regarding Inquiry-Based Labs. *Journal of Chemical Education* 82(8), 1178-1180.
- Di-Fuccia, D. (2013). Die Energiewende und ihre Folgen für Chemie und Chemieunterricht. In MNU, *Chemie-didaktische Perspektiven in der Schule und Lehrerbildung - 16. Fachleitertagung Chemie* (pp. 30-34). Neuss: Verlag Klaus Seeberger.
- Ebermann, R. & Elmadfa, I. (2011). *Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung* Vienna: Springer Vienna.
- Eilks, I., Feierabend, T., Höttecke, D., Menthe, J., Höhle, C., Oelgeklaus, H. & Mrochen, M. (2011). *Der Klimawandel vor Gericht - Materialien für den Fach- und Projektunterricht*. Köln: Aulis.
- Eilks, I. & Klinkenbiel, G. (1998). Biodiesel - Ökobilanzen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 45(9), 32-34.
- Eilks, I., Prins, G. T. & Lazarowitz, R. (2013). How to organise the chemistry classroom in a student-active mode. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry - A Studybook. A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (pp. 183-212). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Dissertation. Kiel: Universität.
- Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. (2002). *Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse (Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., Eds.)* Schriftenreihe *Nachwachsende Rohstoffe*, 20.
- Fiebig, H.-J. (2011). Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle: Homepage der Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e.V. (DFG). from <http://www.dgfett.de/material/fszus.php>
Abgerufen am 02.10.2014
- Garner, N., Hayes, S. & Eilks, I. (2014). Linking formal and non-formal learning in science education – a reflection from two cases in Ireland and Germany. *Journal of Education*, 2(2), 10-31.
- Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R. & Eilks, I. (2015). Abbaubare Biokunststoffe. In I. Eilks, A. Siol & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor* Köln: Aulis. – im Druck
- Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R. & Eilks, I. (2015). On the development of non-formal learning environments for secondary school students focusing sustainability and Green Chemistry. In V. Gomes Zuin & L. Mammino (Eds.), *Worldwide trends in green chemistry education*. Cambridge: RSC. – Im Druck

- Grupp, U. (1977). *Disaccharidalkohole als Zuckeraustauschstoffe - Biochemische und physiologische Untersuchungen*. Dissertation. Universität Stuttgart.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Dissertation. Berlin.
- Guderian, P., Priemer, B. & Schön, L.-H. (2006). Die Entwicklung des aktuellen Interesses an Physik von Grundschulern bei mehrfachen Besuchen in einem Schülerlabor. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Eds.), *Didaktik der Physik. Beiträge der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Kassel: CD Lehmanns Media.
- Habermehl, G. (2008). *Naturstoffchemie: Eine Einführung; mit 48 Tabellen* Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hänsel, S. (2014). Mobiles Schülerlabor "Science on Tour" – Dorthin, wo die Schüler sind. from <http://www.b-tu.de/b-tu/studium/college/studienorientierung/science-on-tour>
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie - Erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2012). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren* Stuttgart: Kohlhammer.
- Haucke, K. & Parchmann, I. (2011). Energie im Kontext - Eine Grundlage zur Vernetzung von Schule, Gesellschaft und Berufsorientierung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 121(1), 16-21.
- Hauff, V. (1987). *Unsere gemeinsame Zukunft : [der Brundtland-Bericht der] Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Ungekürzte Ausg. mit einem neuen Vorw. zur dt. Ausg.)* Grevén: Eggenkamp.
- Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung (eine Kurzfassung). *LeLa magazin*, 5, 2-4.
- Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 66(6), 324–330.
- Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2010). *Motivation und Handeln* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag
- Heintz, A., & Reinhardt, G. (1996). *Chemie und Umwelt - Ein Studienbuch für Chemiker, Physiker, Biologen und Geologen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Helmke, A. (1993). Die Entwicklung der Lernfreude vom Kindergarten bis zur 5. Klassenstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 7, 77-86.
- Hempelmann, R. & Haupt, O. (2015). Außerschulische MINT-Lernorte und ihre Rolle im Bildungssystem. In I. Eilks, A. Siol & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor* Köln: Aulis - in Vorbereitung.
- Hempelmann, R. & Haupt, O.J. (2014). *Vielfalt und Kategorien der Schülerlabore*. In P. Bellenndorf, A. Bittner, V. Exner, F. Gruber, U. Peters, T. Pyhel, U. (Ed.), *Nachhaltigkeit gestalten – Neue Trends in der Umweltkommunikation*. (pp. 306-312) München: OE-KOM-Verlag.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Peters-Haft, S. (1997). *An den Interessen von Mädchen und Jungen orientierter Physikunterricht*. Kiel: IPN-Schriftenreihe 155 (ISBN 3-89088-110-6).
- Hofstein, A. & Rosenfeld, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28, 87-112.

- Hofstein, A., Shore, R. & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory- a case study. *International Journal of Science Education*, 26, 47-62.
- Huntemann, H. & Parchmann, I. (2000). Biologisch abbaubare Kunststoffe – Einordnung in ein neues Konzept für den Chemieunterricht. *Chemie konkret*, 7(1), 15-21.
- Huwer, J., Seel, M., Philippi, F. & Hempelmann, R. (2015). Wasserreinigung - der lange Weg zum sauberen Wasser. In I. Eilks, A. Siol & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor* Köln: Aulis - in Vorbereitung.
- Jaekel, M., & Parchmann, I. (2010). Bioenergieträger der zweiten Generation - Schulexperimentelle Erarbeitung und konzeptionelle Einbettung am Beispiel Biogas und hydrothermale Karbonisierung. *ChemKon*, 17, 117-123.
- Kaltschmitt, M. & Hartmann, H. (2002). Biomasse als erneuerbarer Energieträger. In Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. (Ed.), *Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe* (Vol. 3), Münster: Landwirtschaftsverlag.
- Karafyllis, N. (2000). Nachwachsende Rohstoffe - Technikbewertung zwischen den Leitbildern Wachstum und Nachhaltigkeit. In K.-W. Brand & E. Hildebrandt (Eds.), *Soziologie und Ökonomie* (Vol. 5), Opladen : Leske und Budrich.
- Kempkes, W. (1985). Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 33(4), 129 - 132.
- Kirsch, W. (2014). *Kompetenzbereiche des Faches Chemie*. Saarbrücken: LPM: Landesinstitut für Pädagogik und Medien. abgerufen unter: http://www.lpm.uni-sb.de/typo3/fileadmin/Benutzer/allg-chem/pdf_dateien/Poster_BS_Chemie.pdf Abgerufen am 27.11.2014
- Klauer, K. J. (1987). *Kriteriumsorientierte Tests : Lehrbuch der Theorie und Praxis lehrzielorientierten Messens*. Göttingen [u.a.]: Hogrefe.
- Klingberg, L. (1982). *Einführung in die allgemeine Didaktik. 5. Auflage*. Berlin: Volk und Wissen.
- KMK = Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005a). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004)* München: Wolters Kluwer.
- KMK = Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005b). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004)* München: Wolters Kluwer.
- KMK = Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005c). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz – Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004)* München: Wolters Kluwer.
- Kohse-Hoeinghaus, K., Oßwald, P., Cool, T. A., Kasper, T., Hansen, N. & Qi, F. (2010). Biofuel Combustion Chemistry: From Ethanol to Biodiesel. *Angewandte Chemie*, 49, 3572-3597.
- Krapp, A. (1993). Psychologie der Lernmotivation – Perspektiven der Forschung und Probleme ihrer pädagogischen Rezeption. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 187-206.
- Krapp, A. (2001). Interesse. In Detlef H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 286-294). Weinheim: Beltz PVU.

- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383-409.
- Krauss, I. (1994). Der Wasserkreislauf. *Naturwissenschaften im Unterricht Biologie*, 18, 14-17.
- Kreysa, G. (2010). Irrungen und Wirrungen um Biokraftstoffe. Biokraftstoffe sind nicht per se nachhaltig. *Chemie in unserer Zeit* (5), 332-338.
- Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2011). Verbesserung der Lehramtsausbildung durch Schülerlabore. Konzept für das Praxisseminar "Wärmeübertragung" im PhysLab. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Münster 2011*. ISSN 2191-379X
- Latscha, H. P., Kazmaier, U. & Klein, H. A. (2008). *Organische Chemie: Chemie-Basiswissen II*. Berlin: Springer.
- Leonhard, T. & Schallies, M. (2007). Lehren und Lernen im Schülerlabor (2) - Coaching zukünftiger Lehrkräfte. In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Beiträge zur Jahrestagung der GDGP in Bern 2006* (Vol. 27, pp. 466-468). Berlin: LIT.
- Lindemann, G. (2007). Energiepflanzen - Beitrag zu Ressourcen- und Klimaschutz sowie zur Einkommenssicherung in der Landwirtschaft. In Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V. (Ed.), *Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe* (Vol. 31), Gelsenkirchen: Mann.
- Lohmann, D. (2014). Müllkippe Meer – ein Ökodesaster mit Langzeitfolgen. In N. Podbregar & D. Lohmann (Eds.), *Im Fokus: Meereswelten – Reise in die unbekanntes Tiefen der Ozeane* (pp. 193-205). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Lutz, B. & Pfeifer, P. (1989). Gaukler der Süße. Aspartam - ein interessanter Zuckerersatzstoff - Vorschläge zur Analytik in der Schule. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 37(48), 303-306.
- McMillan, James H. (2011). *Classroom assessment : principles and practice for effective standards-based instruction* (5. ed.). Boston [u.a.]: Pearson.
- Menthe, J., Höttecke, D., Eilks, I. & Höhle, C. (2013). *Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe*. Münster: Waxman.
- Metzger, S. (2010). "Kochrezept" oder experimentelle Methode? Eine Standortbestimmung von Schülerexperimenten unter dem Gesichtspunkt der Erkenntnisgewinnung. *MNU*, 63(1), 4-11.
- Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes (2006). *Lehrplan Chemie - mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig - für die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe*.
- Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes (2012). *Lehrplan Naturwissenschaften Gymnasium. Klassenstufen 5 und 6*.
- MNU. (2007). *Bildungsstandards Chemie - Konkretisierung der Bildungsstandards und Kompetenzbereiche an Beispielen für den Chemieunterricht. Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards Chemie S I*. Neuss: Verlag Klaus Seeberger.
- Neber, H. (1981). *Entdeckendes Lernen* Weinheim: Beltz.
- Neber, H. (1994). Training der Wissensnutzung als objektgenerierende Instruktion. In K. Klauer (Ed.), *Kognitives Training* (pp. 217-243). Göttingen: Hogrefe.
- Neber, H. (1999). Entdeckendes Lernen. In C. Perleth & A. Ziegler (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 227-235). Berlin: Huber.

- Neber, H. & Anton, M. A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(130), 143–150.
- Olsen, H. & Schäfer, T. (2006). Ethanolproduktion aus pflanzlicher Biomasse. In G. Antranikian (Ed.), *Angewandte Mikrobiologie* (pp. 323-341). Berlin.
- Parchmann, I. & Prenzel, A. (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 14(76), 15-19.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Kiel.
- Pawek, C. (2012). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen. In D. Brovelli, K. Fuchs, R. Niederhäusern & A. Rempfler (Eds.), *Kompetenzentwicklung an Außerschulischen Lernorten. Tagungsband zur 2. Tagung Außerschulische Lernorte der PHZ Luzern vom 24. September 2011 In Außerschulische Lernorte - Beiträge zur Didaktik* (Vol. 2). Münster/Wien/Zürich: LIT.
- Peters, U. (2014). *Naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung - Ein Überblick*. In P. Bellendorf, A. Bittner, V. Exner, F. Gruber, U. Peters, T. Pyhel, U. (Ed.), *Nachhaltigkeit gestalten – Neue Trends in der Umweltkommunikation*. (pp. 289-298) München: OEKOM-Verlag
- Pfangert-Becker, U. (2010). Das Experiment im Lehr- und Lernprozess. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 59(6).
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie* München: Oldenbourg.
- Pfeifer, P., Schaffer, S. & Sommer, K. (2011). Schülerexperimente im Unterricht: Auswahlkriterien und Beispiele. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22(6), 2–9.
- Plass, J., Moreno, R. & Brünken, R. (2010). *Cognitive Load Theory*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Prenzel, A. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse. Ein Erklärungsversuch aus pädagogischer Sicht*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (2007). PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Zusammenfassung., from http://archiv.ipn.uni-kiel.de/PISA/zusammenfassung_PISA2006.pdf Abgerufen am 15.11.2014
- Prenzel, M., & Baumert, J. (2008). *Vertiefende Analysen zu PISA 2006*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Prenzel, M., Sälzer, C., Klieme, E., & Köller, O. (2013). *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland*. Münster: Waxmann.
- Rauschenbach, T., Leu, H. R. , Lingenauber, S. , Mack, W. , Schilling, M. , Schneider, K. & Züchner, I. (2004). *Non-formale und informelle Bildung im Kindes- und Jugendalter*. Berlin: Ministerium für Bildung und Forschung.
- Renn, O. (2002). Nachhaltige Entwicklung - Konzept und Umsetzung in der Chemie. *Chemkon*, 09(2), 66-76.
- Renn, O., Deuschle, J., Jäger, A. & Weimer-Jehle, W. (2007). *Leitbild Nachhaltigkeit - Eine normativ-funktionale Konzeption und ihre Umsetzung*. Wiesbaden: Springer.
- Rheinberg, F. (1999). Motivation und Emotionen im Lernprozess: aktuelle Befunde und Forschungsperspektiven. In M. Jerusalem & R. Pekrun (Eds.), *Emotion, Motivation und Leistung* (pp. 189-204). Göttingen: Hogrefe.

- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2000). Sachinteresse und leistungsthematische Herausforderung - zwei verschiedene Motivationskomponenten und ihr Zusammenwirken beim Lernen. In U. Schiefele & K. P. Wild (Eds.), *Interesse und Lernmotivation: Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung*. Münster: Waxmann.
- Rheinberg, F. (2004a). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rheinberg, F. (2004b). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2012). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2, 57-66.
- Richter, F. J. (2013). *Zeitbild Wissen: Bioenergie kompakt*. Berlin: Zeitbild Verlag.
- Rimbach, G., Möhring, J. & Erbersdobler, H. F. (2010). *Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Römpf-Lexikon-Chemie (1995). Stuttgart, New York: Thieme.
- Rost, Detlef H. (2013). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien : eine Einführung* (3., vollst. überarb. und erw. Aufl. ed.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Roth, K. & Lück, E. (2012). Kalorienfreie Süße aus Labor und Natur : Süß, Süßer, Süßstoff *Chemie in unserer Zeit*, 46(3), 129-195.
- Schaffer, S. & Pfeifer, P. (2011). Ziele von Schülerexperimenten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22(6), 10-13.
- Schallies, M. & Leonhard, T. (2007). Lehren und Lernen im Schülerlabor (1) - Ergebnisse der Begleitforschung (Schülersicht). In D. Höttecke (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Beiträge zur Jahrestagung der GDGP in Bern 2006* (Vol. 27, pp. 463-465). Berlin: LIT.
- Schichtel, A. & Spielhofen, M. (2012). *Energiewende und Bildung , Dokumentation der Tagungsreihe BNEE – Bildung für nachhaltige Entwicklung und erneuerbare Energien* (Vol. 27). Frankfurt am Main: Druckerei Lokay e.K.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen, Bern: Hogrefe.
- Schiefele, U. (2008). Lernmotivation und Interesse. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Eds.), *Handbuch der Psychologie, Bd. 10: Pädagogische Psychologie* (pp. 38-49). Göttingen.
- Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 25, 120-148.
- Schiefele, U. & Streblow, L. (2005). Intrinsische Motivation - Theorien und Befunde. In R. Vollmeyer & J. Brunstein (Eds.), *Motivationspsychologie und ihre Anwendung* (pp. 39-58). Stuttgart: Kohlhammer.
- Schiefele, U., & Streblow, L. (2006). Motivation aktivieren. In H. Mandl & H. Friedrich (Eds.), *Handbuch Lernstrategien* (pp. 232-247). Göttingen: Hogrefe.
- Schiepe-Tiska, A. , Schöps, K. , Rönnebeck, S., Köller, O. & Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In M. Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Eds.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (pp. 189-215). Münster: Waxmann.
- Schmidkunz, H. (1987). Wasser - lebenserhaltend und lebensbedrohend. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 36(4), 3-7.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (2003). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Vol. 2). Hohenwarsleben: Westarp-Wiss.

- Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernorte - Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *MNU*, 64(6), 362-369.
- Schmidt, R., Lang, F. & Heckmann, M. (2007). *Physiologie des Menschen*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Schneider, K. & Schmalt, H.-D. (2000). *Motivation Kohlhammer Standards Psychologie. Basisbuch*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Schuh, H. (2012, 26.07.2012). Stoppt den Bio-Wahnsinn. *ZEIT*.
- Seel, M., Huwer, J., Fey, S., Munnia, A., Hempelmann, R., Garner, N., Siol, A. & Eilks, I. (2014). *Nachhaltige Chemie in Schülerlaboren NanoBioLab und FreiEx*. In P. Bellendorf, A. Bittner, V. Exner, F. Gruber, U. Peters, T. Pyhel, U. (Ed.), *Nachhaltigkeit gestalten – Neue Trends in der Umweltkommunikation*. (pp. 340-342) München: OEKOM-Verlag.
- Seufert, T., Zander, S. & Brünken, R. (2006). Multiple Darstellungen im Unterricht. In A. Fritz, R. Klupsch-Sahlmann & G. Ricken (Eds.), *Handbuch Kindheit und Schule* (pp. 209-218). Weinheim: Beltz.
- Simmler, W. (1984). Chemische Methoden der Abwasseraufbereitung. *Chem.-Ing.-Tech.*, 56(2), 117-121.
- Simmler, W. & Holzer, K. (1986). Chemische Methoden der Abwasser-Aufbereitung - Betriebliche Anwendungen. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 35(8), 7-12.
- Slydatk, C. & Chmiel, H. (2011). Mikrobielle Prozesse. In H. Chmiel (Ed.), *Angewandte Mikrobiologie* (pp. 477 - 506). Heidelberg: Springer.
- Stockmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46(1), 1-44.
- Streller, S. (2009). *Förderung von Interesse an Naturwissenschaften - Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen von Grundschulkindern im Rahmen eines außerschulischen Lernangebots*. Frankfurt am Main: Peter Lang: Internationaler Verlag für Wissenschaften.
- Stuckey, M., Marks, R., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Eilks, I. (2012). Chemieunterricht, Allgemeinbildung und Gesellschaft - Blicke über den Gartenzaun. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 61(8), 10-14.
- Stuckey, M., Sperling, J., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Eilks, I. (2013). The societal component in a model of relevance in science education *In: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning (Proceedings of the ESERA 2013 Conference)*
- Sweller, J., Paul, A. & Slava, K. (2011). *Cognitive Load Theory*. Heidelberg: Springer.
- Todt, E. (1990). Entwicklung des Interesses. In H. Hetzer (Ed.), *Angewandte Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters* (pp. 213-264). Heidelberg: Quelle & Meyer.
- UFT, Institut für Umweltverfahrenstechnik der Universität Bremen. (2014). Das Internetportal für Wasser und Abwasser. Wasserenthärtung, Mischkanalisation, Enteisenung, CKW's, Altöl sowie Trennkanalisation. <http://www.wasser-wissen.de> Abgerufen am 15.11.2014
- UNCED. (1992). *Agenda 21*
Retrieved from http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf
Abgerufen am 15.11.2014

- Vollmeyer, R. & Brunstein, J. (2005). *Motivationspsychologie und ihre Anwendung* Stuttgart: Kohlhammer.
- Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach n Tagen (BSBn) - Teil 1: Verdünnungs- und Impfverfahren nach Zugabe von Allylthioharnstoff (ISO 5815:1989, modifiziert); Deutsche Fassung EN 1899-1:1998 (1998).
- Weiner, B. (1994). *Motivationspsychologie. Aus dem Amerikan. übers. von Rainer Reisenzein unter Mitarb. von Wilfried Pranter* Weinheim: Beltz.
- Weißenhorn, R. G. (1995). Trinkwasserprobleme. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*(1), 10-11.
- Wenck, H. (1979). Sozialerzieherische Wirkung des gruppenunterrichtlichen Schülerexperiments im Fach Chemie. In H. Härtel (Ed.), *Zur Didaktik der Chemie und Physik*. Hannover: Schroedel.
- Zehren, W. (2009). *Forschendes Experimentieren im Schülerlabor*. Dissertation. Saarbrücken.
- Zehren, W., Neber, H. & Hempelmann, R. (2013). Forschendes Experimentieren im Schülerlabor. *MNU*, 66(7), 416–423.

12. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Wissensvermittlung mit Hilfe des Nürnberger Trichters im Fach Chemie nach Eilks.....	11
Abbildung 3.2: Arten von Schülerexperimenten (nach Pfeifer et al., 2011).....	13
Abbildung 3.3: Typen des chemischen Lernens nach Coll et al. 2013	16
Abbildung 3.4: Schülerlaborgründungen in Deutschland (kumulativ).....	18
Abbildung 3.5: Von LernortLabor erfasste außerschulische Lernorte im deutschsprachigen Raum.....	18
Abbildung 3.6: Zentrale Prinzipien des Forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens nach Schmidkunz & Lindemann (2003, S. 15)	21
Abbildung 3.7: Phasen der Schüleraktivität nach Neber und Anton (2008).....	22
Abbildung 3.8: Glasgeräte und Chemikalien an einem Arbeitsplatz	23
Abbildung 3.9: Arbeitsgeräte in einer Schublade	23
Abbildung 3.10: naturwissenschaftlich-technische Umweltbildung	25
Abbildung 3.11: Aufbau eines Moduls	29
Abbildung 3.12: Feierstunde UN-Dekade, 25.11.2013, Frankfurt a.M.....	29
Abbildung 3.13: Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie nach Rheinberg (2004b)	31
Abbildung 3.14: Modell der individuellen Voraussetzungen erfolgreichen Lernens (INVO-Modell)	33
Abbildung 3.15: Abhängigkeit der Lern- und Leistungsmotivierung vom Anspruchsniveau (Hasselhorn & Gold, 2012, S. 110).....	36
Abbildung 3.16: Typische Ursachenzuschreibung nach Misserfolg im Rahmen des Klassifikationsschemas nach Weiner (1994) , Hasselhorn & Gold (2009)	38
Abbildung 4.1: Schülerlabore des Saarlandes im SaarLab-Verbund.....	43
Abbildung 4.2: Nachbereitung eines Themenmoduls im Klassenraum.....	45
Abbildung 4.3: Experimentieren im Klassenraum	45
Abbildung 4.4: Diskussion mit den Betreuern des NanoBioLab	46
Abbildung 5.1: Schema einer Kläranlage. Links der Einlauf, rechts der Auslauf in den Vorfluter.	49
Abbildung 5.2: Zentrale Leitwarte der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.	49
Abbildung 5.3: Vorklärbecken der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.....	50
Abbildung 5.4: Faulturm der Kläranlage Saarbrücken-Burbach.	51
Abbildung 5.5: Verteilung der Trinkwassergewinnung in Deutschland nach Angaben des Statistischen Bundesamtes (2010).	52
Abbildung 5.6: Grundwasser ist wegen der Filterwirkung des Bodens meistens sehr sauber. Allerdings wird es nur langsam nachgebildet, so dass im Einzugsgebiet ein Trichter gebildet wird.....	53
Abbildung 5.7: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul „Wasserreinigung“	59
Abbildung 5.8: Geräte für jeden Arbeitsplatz.....	60
Abbildung 5.9: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz	60
Abbildung 5.10: Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz	61
Abbildung 5.11: Zerkleinerungsvorrichtung und Steine	61
Abbildung 5.12: Zwei Schülerinnen filtern Wasser mit einem natürlichen Filter.....	67
Abbildung 5.13: Schüler zerkleinert Steine	67

Abbildung 5.14: Von Schülern gereinigtes Wasser	69
Abbildung 6.1: Säurekatalysierte Synthese von Triacylglycerinen aus Glycerin und drei Carbonsäuren	71
Abbildung 6.2: Wichtige Carbonsäuren als Bestandteile von Fetten	71
Abbildung 6.3: regelmäßige Packung (links), unregelmäßige Packung (rechts)	72
Abbildung 6.4: Fettsäurezusammensetzung des Sonnenblumenöls in Gewichtsprozent bezogen auf die Gesamtfettsäuren im Sonnenblumenöl nach Fiebig (2001)	73
Abbildung 6.5: Exemplarisches Triacylglycerin des Sonnenblumenöls	73
Abbildung 6.6: Einteilung wichtiger Pflanzenöle nach Rimbach, Möhring, & Erbersdobler (2010)	74
Abbildung 6.7: Verfahren der Kaltpressung (links), Verfahren der Raffination (rechts)	76
Abbildung 6.8: Verseifung eines Triacylglycerins	77
Abbildung 6.9: Biokraftstoffe der ersten (hellblau) und zweiten (hellgrün) Generation nach Bohlmann (2006) * = Aufschluss.....	78
Abbildung 6.10: Schema der katalytischen Umesterung eines Triacylglycerins zu Fettsäuremethylestern („Biodiesel“ und Glycerin).....	79
Abbildung 6.11: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul „Fette und Öle“	86
Abbildung 6.12: Geräte für jeden Arbeitsplatz	87
Abbildung 6.13: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz	87
Abbildung 6.14: Ausrüstung für jeden Arbeitsplatz	88
Abbildung 6.15: Fettfleck (unten) und Wasserfleck (oben) vorm Erhitzen.	91
Abbildung 6.16: Filterpapier nach dem Erhitzen. Nur noch der Fettfleck ist zu sehen.	91
Abbildung 6.17: Reagenzglas mit Öl und Benzin (links); Reagenzglas mit Öl und Wasser (rechts). Die Grenzfläche zwischen Öl und Wasser ist zu erkennen.....	92
Abbildung 6.18: Selbstgebaute Öllampe aus Teelichtmantel, Docht und Sonnenblumenöl...93	
Abbildung 6.19: Schülerinnen bei der Untersuchung der Viskosität von Ölen.	94
Abbildung 6.20: Material für Aufgabe 3.	95
Abbildung 7.1: Übersicht der Süßungsmittel nach (Baltes & Matissek, 2011; Belitz & Grosch, 1992).....	97
Abbildung 7.2: Stammbaum der D-Aldosen nach (Baltes & Matissek, 2011; Belitz & Grosch, 1992).....	99
Abbildung 7.3: Glucose (links) und Sorbitol (rechts)	100
Abbildung 7.4: Xylose (links) und Xylitol (rechts)	100
Abbildung 7.5: Synthese des Aspartams	103
Abbildung 7.6: Synthese des Cyclamats	103
Abbildung 7.7: Aspartamhydrolyse	104
Abbildung 7.8: Polymerisation von Zitronensäure und Xylitol	105
Abbildung 7.9: Tyler-Matrix für das Experimentiermodul <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i>	110
Abbildung 7.10: Geräte für jeden Arbeitsplatz.....	111
Abbildung 7.11: Chemikalien für jeden Arbeitsplatz	111
Abbildung 7.12: gemeinsam genutzte Geräte	111
Abbildung 7.13: gemeinsam genutzte Chemikalien	111
Abbildung 7.14: fertige Dünnschichtchromatographie	118
Abbildung 7.15: Ergebnis der Fehling-Probe	119
Abbildung 7.16: Ergebnis des Oligopeptidnachweises	120
Abbildung 7.17: Ergebnis des Nachweises der Sulfaminsäuregruppe.....	121
Abbildung 8.1: Ablauf der gesamten Evaluation	128

Abbildung 8.2: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Interesse	131
Abbildung 8.3: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Herausforderung	131
Abbildung 8.4: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Erfolgswahrscheinlichkeit.....	132
Abbildung 8.5: Eingesetzte Items (links) und Original-Items (rechts) des FAM Faktors Misserfolgsbefürchtung.....	132
Abbildung 8.6: Umpolung der Skalenwerte bei negativ gepolten Items.....	133
Abbildung 8.7: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation.....	137
Abbildung 8.8: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Geschlechtern.....	138
Abbildung 8.9: Verlauf des FAM-Faktors <i>Interesse</i>	139
Abbildung 8.10: Verlauf des FAM-Faktors <i>Herausforderung</i>	140
Abbildung 8.11: Verlauf des FAM-Faktors <i>Herausforderung</i> nach Schulen	141
Abbildung 8.12: Verlauf des FAM-Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i>	142
Abbildung 8.13: Verlauf des FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i>	143
Abbildung 8.14: Verlauf FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i> aufgeteilt nach Geschlechtern.	144
Abbildung 8.15: Verlauf FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i> aufgeteilt nach Schulen.....	145
Abbildung 8.16: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i> . Zum Zeitpunkt T1 erhielt die VSG das Treatment, während die VGG keine Intervention erhielt. Zum Zeitpunkt T3 erhielt die VGG das Treatment, während die VSG keine Intervention erhielt.	146
Abbildung 8.17: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i> aufgeteilt nach Gruppen und Geschlechtern.....	147
Abbildung 8.18: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i> für die Experimentalgruppe aufgeteilt nach Schulen.....	148
Abbildung 8.19: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> . Zum Zeitpunkt T5 erhielt die VSG das Treatment, während die VGG keine Intervention erhielt. Zum Zeitpunkt T7 erhielt die VGG das Treatment, während die VSG keine Intervention erhielt.	150
Abbildung 8.20: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> aufgeteilt nach Gruppen und Geschlechtern.....	151
Abbildung 8.21: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> für die Experimentalgruppen.....	153
Abbildung 8.22: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> für die Wartekontrollgruppen aufgeteilt nach Schulen	153
Abbildung 8.23: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für das Christian von Mannlich Gymnasium.....	160
Abbildung 8.24: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für die drei isoliert betrachteten Schulen	161
Abbildung 8.25: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation nach Schulen.....	162
Abbildung 9.1: Ablauf der gesamten Evaluation	173
Abbildung 9.2: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation.....	176
Abbildung 9.3: Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation nach Schulen.....	177
Abbildung 9.4: Verlauf des FAM-Faktors <i>Interesse</i>	178
Abbildung 9.5: Verlauf des FAM-Faktors <i>Interesse</i> nach Geschlechtern.....	179
Abbildung 9.6: Verlauf des FAM-Faktors <i>Herausforderung</i>	180

Abbildung 9.7: Verlauf des FAM-Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i>	181
Abbildung 9.8: Verlauf des FAM-Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i> nach Schulen	182
Abbildung 9.9: Verlauf des FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i>	183
Abbildung 9.10: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i> . Zum Zeitpunkt T1 erhielt die VSG das Treatment, während die VGG keine Intervention erhielt.....	184
Abbildung 9.11: Wissenszuwachs im Verlauf des Themenmoduls <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i> für die VGG aufgeteilt nach Schulen.....	185

13. Tabellenverzeichnis

Tabelle 8.1: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation	137
Tabelle 8.2: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Geschlechtern	138
Tabelle 8.3: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Interesse</i>	139
Tabelle 8.4: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Herausforderung</i>	140
Tabelle 8.5: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Herausforderung</i> aufgeteilt nach Schulen.....	141
Tabelle 8.6: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i>	142
Tabelle 8.7: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i>	143
Tabelle 8.8: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i> aufgeteilt nach Geschlechtern.....	144
Tabelle 8.9: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Misserfolgsbefürchtung</i> aufgeteilt nach Schulen	145
Tabelle 8.10: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i>	146
Tabelle 8.11: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i> aufgeteilt nach Geschlechtern und Gruppen	147
Tabelle 8.12: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i> aufgeteilt nach Schulen	148
Tabelle 8.13: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i>	150
Tabelle 8.14: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> aufgeteilt nach Geschlechtern und Gruppen	151
Tabelle 8.15: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i> aufgeteilt nach Schulen und Gruppen	152
Tabelle 8.16: Korrelation zwischen aktueller Motivation und Vorwissen zum Zeitpunkt T0	155
Tabelle 8.17: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i>	155
Tabelle 8.18: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls <i>Wasserreinigung</i>	156
Tabelle 8.19: Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation	157

Tabelle 8.20: Stufenweise Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation	158
Tabelle 8.21: Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation.....	158
Tabelle 8.22: Stufenweise Multiple Regression zur Vorhersage der Lernleistung aus Vorwissen und aktueller Gesamtmotivation	159
Tabelle 8.23: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation für das Christian von Mannlich Gymnasium.....	160
Tabelle 8.24: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation der drei isoliert betrachteten Schulen	161
Tabelle 9.1: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation	176
Tabelle 9.2: Deskriptive Statistik zum Verlauf der aktuellen Gesamtmotivation aufgeteilt nach Schulen.....	177
Tabelle 9.3: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Interesse</i>	178
Tabelle 9.4: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Interesse</i> nach Geschlechtern	178
Tabelle 9.5: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Herausforderung</i>	180
Tabelle 9.6: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i> ..	181
Tabelle 9.7: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM-Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i> aufgeteilt nach Schulen	181
Tabelle 9.8: Deskriptive Statistik zum Verlauf des FAM Faktors <i>Erfolgswahrscheinlichkeit</i> ..	183
Tabelle 9.9: Deskriptive Statistik zum Wissenserwerb im Verlauf des Themenmoduls <i>Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe</i>	184
Tabelle 9.10: Deskriptive Statistik zum Verlauf des Wissenserwerbs für die VGG aufgeteilt nach Schulen.....	185
Tabelle 9.11: Korrelation zwischen aktueller Motivation und Vorwissen zum Zeitpunkt T0	186
Tabelle 9.12: Korrelation zwischen aktueller Motivation und den unmittelbaren Nachtests des Themenmoduls <i>Fette und Öle</i>	187

14. Anhangsverzeichnis

Anhang 1: 5.01 Arbeitsblatt 01 - Der Weg zu sauberem Wasser	210
Anhang 2: 5.02 Arbeitsblatt 02 - Aufbau einer Kläranlage	211
Anhang 3: 5.03 Arbeitsblatt 03 - Laborgeräte	212
Anhang 4: 5.04 Arbeitsblatt 04 - Vom Kanal zum Fluss	213
Anhang 5: 6.01 Arbeitsblatt 1 - Die menschliche Ernährung – Fette	214
Anhang 6: 7.01 Arbeitsblatt 01 Zucker	215
Anhang 7: 7.02 Arbeitsblatt 02 Sorbitol	216
Anhang 8: 7.03 Arbeitsblatt 03 Cyclamat	217
Anhang 9: 7.04 Arbeitsblatt 04 Xylit	218
Anhang 10: 7.05 Arbeitsblatt 05 Aspartam	219
Anhang 11: 8.01 FAM Vortest	220
Anhang 12: 8.02 FAM Nachtest	221
Anhang 13: 8.03 Wissens-Vortest NaWi	222
Anhang 14: 8.04 Wissens-Vortest NaWi Musterlösung	223
Anhang 15: 8.05 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle VSG	224
Anhang 16: 8.06 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle VGG	226
Anhang 17: 8.07 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle Musterlösung	229
Anhang 18: 8.08 Wissens-Nachtest 2 Fette und Öle	232
Anhang 19: 8.09 Wissens-Nachtest 2 Fette Musterlösung	234
Anhang 20: 8.10 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung VSG	236
Anhang 21: 8.11 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung VGG	238
Anhang 22: 8.12 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung Musterlösung	240
Anhang 23: 8.13 Wissens-Nachtest 2 Wasserreinigung	242
Anhang 24: 8.14 Wissens-Nachtest 2 Wasserreinigung Musterlösung	244
Anhang 25: 8.15 Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation	246
Anhang 26: 8.16 Deskriptive Statistiken zu Interesse	247
Anhang 27: 8.17 Deskriptive Statistiken zu Herausforderung	248
Anhang 28: 8.18 Deskriptive Statistiken zu Erfolgserwartung	249
Anhang 29: 8.19 Deskriptive Statistiken zu Misserfolgsbefürchtung	250
Anhang 30: 8.20 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Fette und Öle	251
Anhang 31: 8.21 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Wasserreinigung	253
Anhang 32: 9.1 FAM Vortest Klassenstufe 10	256
Anhang 33: 9.2 FAM Nachtest Klassenstufe 10	258
Anhang 34: 9.3 Vortest Süßstoffe	259
Anhang 35: 9.4 Vortest Süßstoffe Musterlösung	260
Anhang 36: 9.5 Nachtest 1 Süßstoffe	261
Anhang 37: 9.6 Nachtest 1 Süßstoffe Musterlösung	264
Anhang 38: 9.7 Nachtest 2 Süßstoffe	268
Anhang 39: 9.8 Nachtest 2 Süßstoffe Musterlösung	271
Anhang 40: 9.9 Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation	274
Anhang 41: 9.10 Deskriptive Statistiken zu Erfolgserwartung	275
Anhang 42: 9.11 Deskriptive Statistiken zu Interesse	276
Anhang 43: 9.12 Deskriptive Statistiken zu Herausforderung	277
Anhang 44: 9.13 Deskriptive Statistiken zu Misserfolgsbefürchtung	278
Anhang 45: 9.14 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe	279

15. Anhang

Anhang 1: 5.01 Arbeitsblatt 01 - Der Weg zu sauberem Wasser

Der Weg von sauberem Wasser

2004 hat jeder von uns durchschnittlich 127 Liter Wasser pro Tag verwendet. So viel Abwasser würde die Flüsse schnell verschmutzen, wenn man es nicht reinigen würde. Das geschieht in einer Kläranlage.

Hier wird das gesammelte Abwasser zuerst von groben Verunreinigungen, wie Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch sogenannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes Sieb funktionieren. Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass das Wasser langsamer fließt. In diesem Becken sinken Schlamm und Sand dann langsam auf den Boden, wo man sie entfernen kann.

Jetzt ist das Wasser sauber genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet. Dabei hilft uns die Natur: Beim Einsickern von Regen- und Flusswasser bleiben immer mehr Verunreinigungen hängen. Wenn man tief genug bohrt, kann man das sehr saubere Grundwasser an die Oberfläche pumpen.

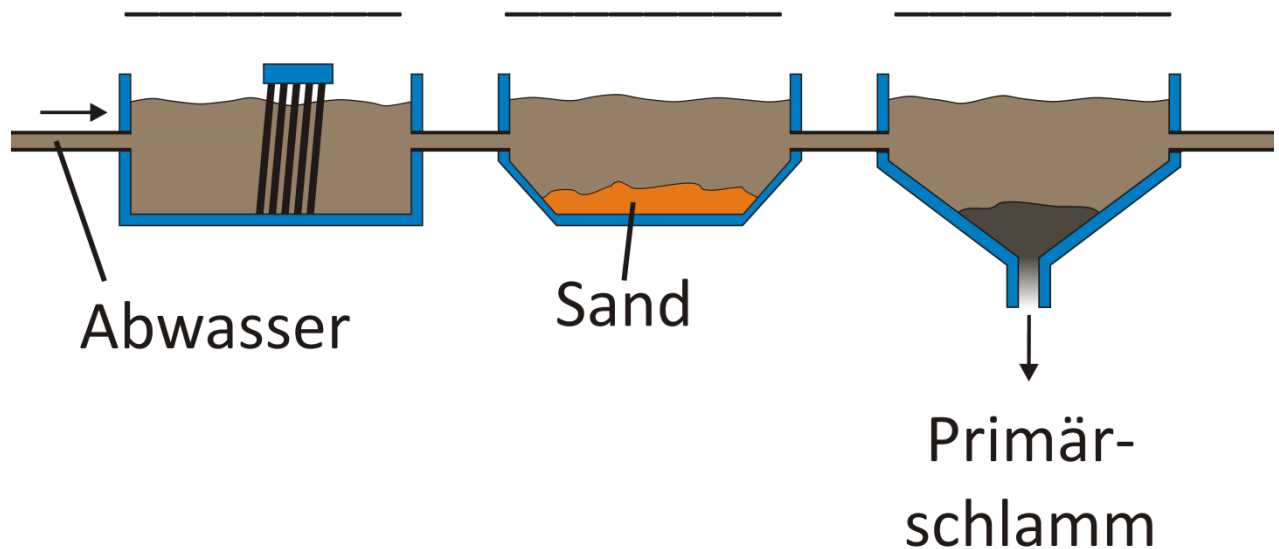
Das geförderte Grundwasser wird in einem Wasserwerk aufbereitet, indem es durch Aktivkohlefilter gepumpt wird. Manchmal wird es auch noch zusätzlich desinfiziert. In Frankreich zum Beispiel ist es üblich, dem Wasser Chlor hinzuzufügen – das tötet Krankheitskeime ab.

Vom Wasserwerk leitet man das saubere Trinkwasser bis in jedes Haus.

Aufbau einer Kläranlage

Aufgabe:

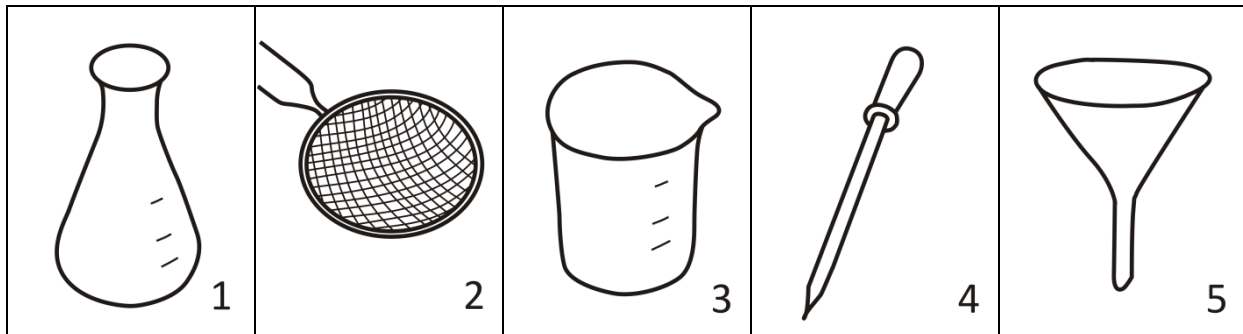
Hier siehst du das Modell einer einfachen Kläranlage. Darunter wird erklärt, wie eine Kläranlage funktioniert. Ergänze das Bild mit den passenden Beschriftungen.



In einer Kläranlage werden die Abwässer, die die Menschen produzieren, gesammelt und gereinigt. Allerdings gelangt nicht nur Wasser aus der Toilette in die Kläranlage, sondern auch Regenwasser, Wasser aus Waschbecken oder Industrieabwasser. Manchmal werden auch Plastiktüten und Ähnliches einfach weggespült. Solche großen Teile gehören nicht ins Abwasser – sie beschädigen die Kläranlage und müssen deshalb mit einem Rechen entfernt werden. Nach dem Rechen kommt der Sandfang. Hier fließt das Wasser sehr langsam, so dass sich der Sand absetzen kann. Dieser Sand wird unter anderem bei Regen von der Straße in den Kanal gespült. Um ganz feinen Schlamm und Sand zu entfernen, gibt es das Vorklärbecken – seine Trichterform sorgt dafür, dass sich der Schmutz unten sammelt. Dieser Schlamm wird abgesaugt, man bezeichnet ihn als Primärschlamm.

Laborgeräte

Hier siehst du verschiedene Geräte, die man in einem Labor finden kann. Zu jedem der Bilder gibt es auch einen Text, in dem steht, wie das abgebildete Gerät funktioniert. Allerdings sind die Bilder durcheinander geraten... Weißt du, welches Bild zu welchem Text gehört? Schreibe die passende Zahl neben den Text.



Ein Trichter hilft beim Befüllen von Behältern mit kleinen Öffnungen. Außerdem kann man – wie in einer Kaffeemaschine – ein Filterpapier einlegen. Wenn man dann eine Flüssigkeit durchlaufen lässt, bleiben kleine Schwebstoffe im Filter zurück – zum Beispiel Sand oder auch das Kaffeepulver in einer Kaffeemaschine.	Zahl:
Wie der Name schon sagt, sieht das Becherglas fast wie ein normales Trinkglas aus. In ihm kann man wunderbar Pulver oder Wasser transportieren und über die kleine Wölbung am oberen Rand ausgießen.	Zahl:
Ein Sieb kennst du bestimmt aus der Küche. Mit ihm entfernt man größere Teile, die in Wasser schwimmen. Er lässt sich aber auch dazu einsetzen, groben von feinem Sand zu trennen.	Zahl:
Mit einer Pipette gibt man eine Flüssigkeit tropfenweise zu etwas hinzu. Dazu drückt man auf das obere Ende der Pipette. Hält man die Pipette in eine gefüllte Flasche und lässt los, wird die Flüssigkeit aus der Flasche in die Pipette gesaugt. Drückt man jetzt wieder langsam auf das obere Ende, leert sich die Pipette in kleinen Tropfen.	Zahl:
Der Erlenmeyerkolben wird verwendet wie das Becherglas. Wegen der kleineren Öffnung ist er allerdings auch dazu geeignet, Flüssigkeiten zu schütteln oder einen Trichter aufzusetzen.	Zahl:

Vom Kanal zum Fluss



Aufgabe:

Zu den folgenden Fragen gibt es immer drei Antworten, von denen aber nur eine richtig ist. Entscheide dich für die richtige Antwort und kreuze sie an.

Was entfernt der Rechen aus dem Abwasser?

- Feinen Sand
- Plastiktüten
- Schlamm

Wie entfernt ein Sandfang den Sand aus dem Abwasser?

- Indem das Wasser erhitzt wird
- Mit einem großen Sieb
- Dadurch, dass das Wasser langsam fließt

Wo wird der Primärschlamm abgetrennt?

- Im Abwasserkanal
- Im Vorklärbecken
- Im Faulturm

Wo wird überwacht, ob alles funktioniert?

- In der Leitwarte
- In der Werkstatt
- Im Pumpenhaus

Die menschliche Ernährung – Fette



Aufgabe:

Schneide aus Werbeprospekten, Zeitschriften oder Zeitungen Lebensmittel aus, die Fett enthalten und du selbst isst.

Klebe diese anschließend auf dieses Arbeitsblatt.

Anhang 6: 7.01 Arbeitsblatt 01 Zucker

Arbeitsblatt Gruppe A: Zucker

Zucker ist ein Naturprodukt und wird aus Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen. Ein Zucker-Molekül besteht aus einer bestimmten Anzahl Kohlenstoffatomen in Verbindung mit Wasserstoff- und Sauerstoffatomen. Zucker werden in verschiedene Zucker unterteilt, dabei kommt es darauf an, wie viele Kohlenstoffatome enthalten sind.

Alle Zucker gehören zu den Kohlenhydraten. Fructose (Fruchtzucker) und Glucose (Traubenzucker) schmecken süß und kommen in allen Früchten vor. Verbinden sich Fruchtzucker und Traubenzucker entsteht Saccharose, das ist unser Haushaltszucker.



Zucker ist nicht nur süß, sondern kann auch Lebensmittel haltbarer machen und kann dafür sorgen, dass Vitamine in Lebensmitteln erhalten bleiben. Zucker kann auch süß riechen, so dass man Süßes noch eher essen möchte.

Zuletzt gibt Zucker Lebensmitteln Konsistenz, also hält sie durch seine klebrige Wirkung zusammen.

Zucker konserviert (z.B. Marmelade). Unerwünschte Mikroorganismen, wie Bakterien oder Schimmelsporen, haben dann nicht mehr die geringste Chance.

Durch Zucker gewinnt man schnell und viel Energie.

Zucker hat einen hohen Nährwert (viel Energie).

Zucker darf von Diabetikern nicht in großen Mengen gegessen werden.

Zucker wird aus einer Pflanze gewonnen und nicht künstlich hergestellt.

Im Unterschied zu Zuckerersatzstoffen, ist bei Zucker nicht bekannt, dass dieser Stoff Allergien auslösen soll.

Zucker hat in allen Mengen einen süßen Geschmack.

Bei übermäßigem Verzehr können die Bauchspeicheldrüse (hier wird Insulin produziert) und die Leber (hier wird der Zucker gespeichert) überlastet sein.

Aufgaben:

1. Lies den Text zuerst sorgfältig durch.
2. Fertige auf einem extra Blatt eine Tabelle an, in der du die Vor- und Nachteile des Stoffes stichwortartig gegenüberstellst. Recherchiere gegebenenfalls auch im Internet mit in der Schule erlaubten Hilfsmitteln (z.B. Smartphone)
3. Formuliere mit deiner Gruppe einen kurzen und prägnanten Werbetext für dein „Produkt“.

Quelle:

Maierhofer, M. (1999): Kohlenhydrat Zucker. *RERUM-Den Dingen auf den Grund gegangen*. Zeitbild-Verlag GmbH: München.

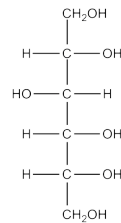
Belitz, H. D., & Grosch, W. (1992). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*: Springer-Verlag GmbH.

Abbildung:

Institut für Didaktik der Naturwissenschaften – Abt. Chemiedidaktik

Anhang 7: 7.02 Arbeitsblatt 02 Sorbitol Arbeitsblatt Gruppe B:

Sorbitol (Zuckeraustauschstoff)



Sorbit (auch als Sorbitol bekannt) hat auf Verpackungen die Nummer E 420. An diese Nummer kann man z.B. auf einer Verpackung erkennen, dass Sorbit in einem Produkt enthalten ist. Dieser Stoff zählt zu den Zuckeraustauschstoffen, also wird er statt Zucker verwendet. Die Süßkraft von Sorbit entspricht etwa der von Zucker, sodass er in ähnlichen Mengen eingesetzt wird. Somit eignet sich Sorbit nicht zum „Kalorien sparen“. Dennoch sind Zuckeraustauschstoffe, wie Sorbit, für Diabetiker geeignet, weil es insulinunabhängig verstoffwechselt wird.

Auch in der Natur kommt Sorbit in vielen Früchten, wie den Früchten der Eberesche vor, aus denen Sorbit auch ursprünglich gewonnen wurde.

Heutzutage wird Sorbit mithilfe von Enzymen aus Glukose hergestellt.

Sorbit fördert hemmt die Kariesbildung und ist deswegen in vielen Zahncremes zu finden.

Sorbit schützt aufgrund seiner hygroskopischen Eigenschaft Produkte wie Zahncremes oder Senf, vor dem Austrocknen

Sorbit ist für Diabetiker geeignet.

Sorbit hat weniger Kalorien als Zucker.

Sorbit wirkt in größeren Mengen (mehr als 50g bei Erwachsenen) abführend. Das heißt, der Darm wird in kurzer Zeit entleert. Ebenso führen es zu Blähungen und Durchfall.

Aufgaben:

1. Lies den Text zuerst sorgfältig durch.
2. Fertige auf einem extra Blatt eine Tabelle an, in der du die Vor- und Nachteile des Stoffes stichwortartig gegenüber stellst. Recherchiere gegebenenfalls auch im Internet mit in der Schule erlaubten Hilfsmitteln (z.B. Smartphone)
3. Formuliere mit deiner Gruppe einen kurzen und prägnanten Werbetext für dein „Produkt“.

Quelle:

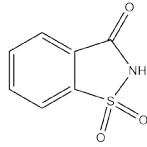
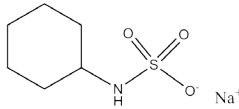
<http://www.lebensmittellexikon.de/s0001090.php> (29.09.2013)

Belitz, H. D., & Grosch, W. (1992). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*: Springer-Verlag GmbH.

Abbildung:

Johannes Huwer

Anhang 8: 7.03 Arbeitsblatt 03 Cyclamat
Arbeitsblatt 03 Gruppe C: Süßstoffe
Natrium-Cyclamat und Saccharin



Natrium-Cyclamat wird auf Verpackungen oft nur mit der Nummer E 952 gekennzeichnet. Der handelsübliche Süßstoff enthält häufig Natrium-Cyclamat und Saccharin. Beide sind künstliche Süßstoffe. D.h. sie sind im Labor entwickelt worden und kommen in der Natur nicht vor.

Sie sind für den Menschen nicht verwertbar und haben daher keine Kalorien und bewirken keine Karies. In zu großen Mengen können Cyclamat und Saccharin auch ungesunde Folgen haben und nicht mehr süß, sondern bitter schmecken. Daher wurde die Tagesdosis für Cyclamat von einst 780 mg auf 168 mg herabgesetzt.

Cyclamat verstärkt die Wirkung anderer Süßungsmittel und ist selbst bei Hitze noch beständig. Da der Körper durch den Süßstoff keine Energie gewinnt, wird er meistens so wieder ausgeschieden, wie er aufgenommen wurde.

Einige Süßstoffe stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. Dies konnte aber bisher nicht bewiesen werden. Süßstoffe werden künstlich durch verschiedene chemische Reaktionen hergestellt.

Saccharin ist 450-550 mal süßer als Zucker, Cyclamat etwa 35-70 mal süßer als Zucker.

Cyclamat steht im Verdacht, Schäden an Hoden und Spermien sowie Krebs zu verursachen. Dies soll aber nur gelten, wenn die Höchstdosis überschritten

Beide Stoffe sind für Diabetiker geeignet.

Saccharin verstärkt die Wirkung von Cyclamat und umgekehrt.

Cyclamat ist hitzestabil.

Für Natrium-Cyclamat gibt es eine Höchstdosis
 Cyclamat: 7 mg/kg Körpergewicht

Cyclamat und Saccharin haben fast keine Kalorien.

Aufgaben:

4. Lies den Text zuerst sorgfältig durch.
5. Fertige auf einem extra Blatt eine Tabelle an, in der du die Vor- und Nachteile des Stoffes stichwortartig gegenüberstellst. Recherchiere gegebenenfalls auch im Internet mit in der Schule erlaubten Hilfsmitteln (z.B. Smartphone)
6. Formuliere mit deiner Gruppe einen kurzen und prägnanten Werbetext für dein „Produkt“.

Quelle:

Wagner & Wagner-Hering (1972): Die Pathophysiologie der Cyclamatverbindungen des Saccharins und anderer Süßstoffe. Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart.

Belitz, H. D., & Grosch, W. (1992). Lehrbuch der Lebensmittelchemie: Springer-Verlag GmbH.

Abbildung:

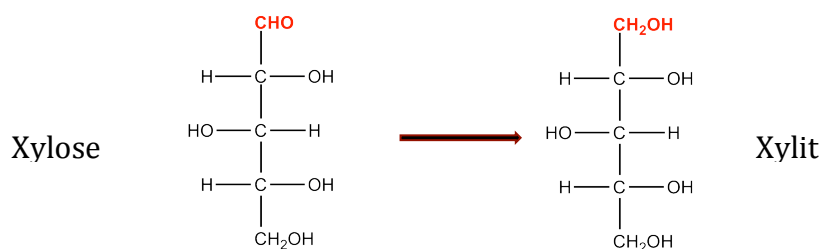
Johannes Huwer

Anhang 9: 7.04 Arbeitsblatt 04 Xylit

Arbeitsblatt 04 Gruppe D: Xylit (Zuckeraustauschstoff)

Xylit (auch als Xylitol bekannt) hat auf Verpackungen die Nummer E 967. An dieser Nummer kann man erkennen, dass Xylit in einem Produkt enthalten ist. Dieser Stoff zählt zu den Zuckeraustauschstoffen, also wird er statt Zucker verwendet. Die Süßkraft von Xylit entspricht fast der von Zucker, sodass es in ähnlichen Mengen eingesetzt wird. Somit eignet sich Xylit nicht zum „Kaloriensparen“. Dennoch ist Xylit für Diabetiker geeignet, weil es insulinunabhängig verstoffwechselt wird. Auch in der Natur kommt Xylit in vielen Früchten und Gemüsesorten vor, jedoch nur in einem ganz kleinen Anteil.

Xylose ist Holzzucker. Daraus wird mit chemischen Verfahren Xylit gewonnen. Xylose lässt sich aber nicht nur aus Holz, sondern auch umweltverträglich aus Abfallresten, wie Stroh und Nussschalen gewinnen.



Der entstandene Stoff ist ein Zuckeralkohol. Das bedeutet aber nicht, dass Xylit betrunken macht. Xylit ist für Diabetiker gut geeignet und ist zahnfremdlich. Es unterstützt sogar den Aufbau des Zahnschmelzes. Außerdem macht Xylit nicht dick, denn es hat etwa halb so viele Kalorien, wie die gleiche Menge Zucker. Allerdings kann eine große Menge an Xylit abführend wirken, das heißt es fördert die Entleerung des Darms.

Xylit ist fast genau so süß wie Zucker.

Xylit ist für Diabetiker geeignet.

Als einziger Zuckeraustauschstoff ist Xylit auch gut verträglich, wenn man Probleme mit dem Stoffwechsel hat.

Xylit hat fast genau so viele Kalorien, wie Zucker.

Xylit ist leicht wasserlöslich und stabil gegen Hitze und Säuren.

Xylit wirkt in größeren Mengen (mehr als 20g bei Erwachsenen) abführend. Das heißt, der Darm wird in kurzer Zeit entleert. Ebenso führt es zu Blähungen und Durchfall.

Xylit hemmt die Kariesbildung.

Xylit kann aus Abfallprodukten produziert werden.

Aufgaben:

- Lies den Text zuerst sorgfältig durch.
- Fertige auf einem extra Blatt eine Tabelle an, in der du die Vor- und Nachteile des Stoffes stichwortartig gegenüber stellst. Recherchiere gegebenenfalls auch im Internet mit in der Schule erlaubten Hilfsmitteln (z.B. Smartphone)
- Formuliere mit deiner Gruppe einen kurzen und prägnanten Werbetext für dein „Produkt“.

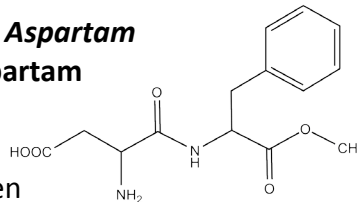
Quellen:

<http://www.lebensmittlexikon.de/x0000010.php> (29.09.2013)

Abbildung:

Johannes Huwer

Anhang 10: 7.05 Arbeitsblatt 05 Aspartam
Arbeitsblatt 05 Gruppe E: Aspartam
 (Süßstoff)



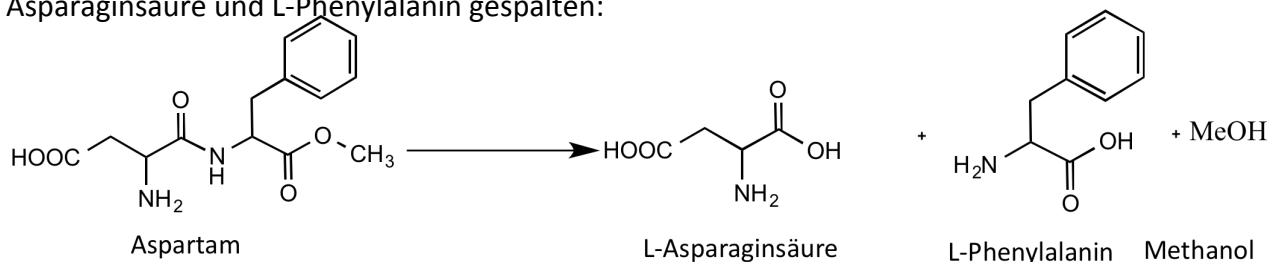
Kalorienarmes koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln
Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma.
 *** enthält eine Phenylalaninquelle

Aspartam hat auf Verpackungen

die Nummer E951. Daran kann man erkennen, dass Aspartam enthalten ist. Aspartam ist ein künstlicher Süßstoff, d.h. er ist im Labor entwickelt worden und kommt in der Natur nicht vor.

Da der menschliche Stoffwechsel Eiweiße wie Aspartam verarbeitet, ist der Süßstoff nicht kalorienfrei. Aufgrund der enormen Süßkraft (200 fache Süßkraft wie Zucker) werden jedoch nur sehr kleine Mengen an Aspartam benötigt. Deswegen wird Aspartam zur Herstellung von kalorienreduzierten Lebensmitteln verwendet.

Aspartam wird beim menschlichen Stoffwechsel in die beiden Aminosäuren L-Asparaginsäure und L-Phenylalanin gespalten:



Es gibt Menschen, welche bedingt durch eine Stoffwechselstörung, das entstehende Phenylalanin nicht abbauen können. Dies hat zur Folge, dass sie Lebensmittel mit Aspartam strikt meiden müssen. Deswegen müssen alle Lebensmittel, welche Aspartam enthalten, mit „enthält eine Phenylalaninquelle“ gekennzeichnet sein.

Bei der Verdauung von Aspartam entsteht Methanol, welches nicht in der Ernährung vorhanden sein sollte, weil es giftig ist.

Es gibt Menschen, die Phenylalanin nicht verstoffwechseln können. Deswegen dürfen diese kein Aspartam zu sich nehmen.

Aspartam hat die 200fache Süßkraft von Zucker. Deswegen braucht man erhebliche weniger Aspartam als Zucker.

Aspartam hat gerade einmal einen Brennwert von 4 kcal pro Gramm. Deswegen kann es in kalorienreduzierten Lebensmitteln eingesetzt werden.

Aufgrund der sehr geringen Mengen Aspartam, welche zum Süßen gebraucht werden, ist der Methanol-Anteil einer gesüßten Limo ungefähr genauso groß wie bei einem Glas Bier.

Aspartam ist für Diabetiker geeignet.

Aspartam zerfällt beim Erhitzen. So geht seine süßende Wirkung verloren.

Aufgaben:

- Lies den Text zuerst sorgfältig durch.
- Fertige auf einem extra Blatt eine Tabelle an, in der du die Vor- und Nachteile des Stoffes stichwortartig gegenüberstellst. Recherchiere gegebenenfalls auch im Internet mit in der Schule erlaubten Hilfsmitteln (z.B. Smartphone)
- Formuliere mit deiner Gruppe einen kurzen und prägnanten Werbetext für dein „Produkt“.

Quellen:
<http://www.lebensmittellexikon.de/a0000400.php> (27.09.2013)

Abbildung:
 Johannes Huwer

Anhang 11: 8.01 FAM Vortest

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, **ALLE** ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Nun möchten wir gerne ein paar Informationen zu deiner Person.

1. Geschlecht	<input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich
2. Alter	
3. Schule	
4. Klassenstufe	

		trifft nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft t zu
1	Ich glaube, der Schwierigkeit von Experimenten gewachsen zu sein (E)		1	2	3	4	5	6	7	
2	Wahrscheinlich werde ich die Experimente nicht schaffen (E)		1	2	3	4	5	6	7	
3	Bei den Experimenten mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt. (I)		1	2	3	4	5	6	7	
4	Ich fühle mich unter Druck, bei den Experimenten gut abschneiden zu müssen (M)		1	2	3	4	5	6	7	
5	Die Experimente sind eine richtige Herausforderung für mich. (H)		1	2	3	4	5	6	7	
6	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich beim eigenständigen Experimentieren abschneiden werde. (H)		1	2	3	4	5	6	7	
7	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich beim eigenständigen Experimentieren blamieren könnte. (M)		1	2	3	4	5	6	7	
8	Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Experimenten voll anzustrengen. (H)		1	2	3	4	5	6	7	
9	Es ist mir etwas peinlich, beim eigenständigen Experimentieren zu versagen. (M)		1	2	3	4	5	6	7	
10	Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)		1	2	3	4	5	6	7	
11	Ich glaube, ich schaffe diese Experimente nicht. (E)		1	2	3	4	5	6	7	
12	Wenn ich die Experimente schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein. (H)		1	2	3	4	5	6	7	
13	Wenn ich an die Experimente denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)		1	2	3	4	5	6	7	
14	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)		1	2	3	4	5	6	7	

Anhang 12: 8.02 FAM Nachtest

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, alle ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

		trifft nicht zu	1	2	3	4	5	6	7	trifft t zu
1	Ich mag solche Experimente (I)	1	2	3	4	5	6	7		
2	Ich glaube, der Schwierigkeit von Experimenten gewachsen zu sein (E)	1	2	3	4	5	6	7		
3	Wahrscheinlich werde ich die Experimente nicht schaffen (E)	1	2	3	4	5	6	7		
4	Bei den Experimenten mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	1	2	3	4	5	6	7		
5	Ich fühle mich unter Druck, bei den Experimenten gut abschneiden zu müssen (M)	1	2	3	4	5	6	7		
6	Die Experimente sind eine richtige Herausforderung für mich. (H)	1	2	3	4	5	6	7		
7	Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Experimente sehr interessant. (I)	1	2	3	4	5	6	7		
8	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich beim eigenständigen Experimentieren abschneiden werde. (H)	1	2	3	4	5	6	7		
9	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich beim eigenständigen Experimentieren blamieren könnte. (M)	1	2	3	4	5	6	7		
10	Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Experimenten voll anzustrengen. (H)	1	2	3	4	5	6	7		
11	Bei Experimenten wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	1	2	3	4	5	6	7		
12	Es ist mir etwas peinlich, beim eigenständigen Experimentieren zu versagen. (M)	1	2	3	4	5	6	7		
13	Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	1	2	3	4	5	6	7		
14	Ich glaube, ich schaffe diese Experimente nicht. (E)	1	2	3	4	5	6	7		
15	Wenn ich die Experimente schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein. (H)	1	2	3	4	5	6	7		
16	Wenn ich an die Experimente denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	1	2	3	4	5	6	7		
17	Solche Experimente würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	1	2	3	4	5	6	7		
18	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	1	2	3	4	5	6	7		

Anhang 13: 8.03 Wissens-Vortest NaWi

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

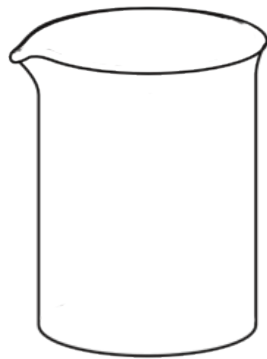
Zuordnungscode: _____

Du wirst während deiner Praktika Versuche zu den Themen Schmutzwasser und Fette durchführen. Die Reinigung von Schmutzwasser sowie Fette spielen aber auch im alltäglichen Leben eine große Rolle.

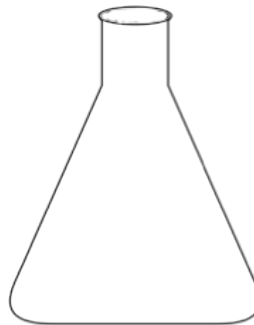
Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



b)



Aufgabe 3: Kennst du Eigenschaften von Fetten? Zähle Eigenschaften von Fetten auf, die dir einfallen!

Anhang 14: 8.04 Wissens-Vortest NaWi Musterlösung

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Du wirst während deiner Praktika Versuche zu den Themen Schmutzwasser und Fette durchführen. Die Reinigung von Schmutzwasser sowie Fette spielen aber auch im alltäglichen Leben eine große Rolle.

Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

- Feststoffe: Ton, Erde, Plastik

- Schwermetalle

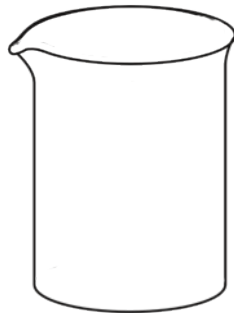
- Chemikalien, Düngemittel, Öl, Benzin, Lösemittel

pro richtige Antwort ½ Punkt, 4 Antworten erwünscht

/2

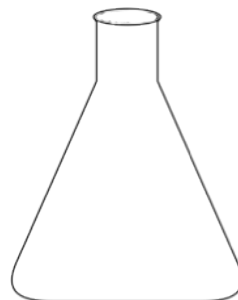
Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



Becherglas

b)



Erlenmeyerkolben

pro richtige Antwort ½ Punkt

/1

Aufgabe 3: Kennst du Eigenschaften von Fetten? Zähle Eigenschaften von Fetten auf, die dir einfallen!

Energiereicher Stoff (Nährstoff)¹, zähflüssig/schmierig²

Fette sind Baustoffe in unserem Körper¹ brennbar¹, geringere Dichte als Wasser¹,

löslich in Benzin¹, unlöslich in Wasser¹, Lösemittel für die fettlöslichen Vitamine E, D, K, A¹

/7

Anhang 15: 8.05 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle VSG

Fette und Öle

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Nenne Eigenschaften von Fetten!

Aufgabe 2: Vervollständige den Text!

a) Gibt man Öl und Wasser in ein Becherglas zusammen, so kann man beobachten, dass das Öl

b) In einem Reagenzglas befindet sich Öl, in dem anderen Wasser. In beide Reagenzgläser werden gleichgroße Kugeln gegeben und gemessen, wie lange die Kugeln brauchen, bis sie auf den Boden gesunken sind.

Man kann beobachten, dass

Aufgabe 3: Kreuze die *richtigen* Antworten an! Es können mehrere Antworten richtig sein!

Wieso wird an den Salat Öl gegeben? Beantworte die Frage aus der Sicht eines Chemikers!

<input type="checkbox"/>	Es gibt Vitamine, die sich nur in Ölen lösen.
<input type="checkbox"/>	Es schützt den Körper vor Läusen.
<input type="checkbox"/>	Der Salat sieht danach schöner aus.
<input type="checkbox"/>	Das Öl dient als Transportmedium für Vitamine, z.B. Vitamin D.
<input type="checkbox"/>	Weil man das schon immer so gemacht hat.

Aufgabe 4:

In Automotoren werden Flüssigkeiten gebraucht, welche sehr zähflüssig (viskos) sind. Würdest du Wasser oder Öle dafür verwenden? **Begründe deine Entscheidung!**

Aufgabe 5: Vervollständige den Text!

Öle lassen sich mithilfe der _____ nachweisen. Dabei bringt man etwas _____ auf ein Papier auf, so dass sich dauerhafte Fettflecken zeigen.

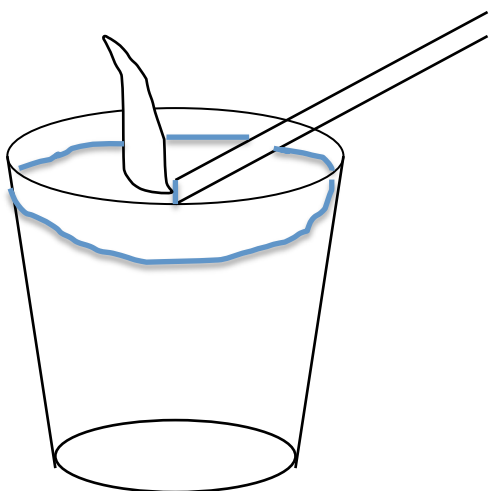
Bringt man hingegen Wasser auf, so _____ der Wasserfleck wieder.

Man kann den Fettfleck besonders _____ beobachten, wenn man das Papier gegen das Sonnenlicht hält.

Aufgabe 6:

Lukas möchte für seine Geburtstagsparty eine Öllampe selber basteln. Dazu nimmt er ein Glas mit Öl und versucht dieses anzuzünden. Doch leider brennt das Öl scheinbar nicht.

Gib Lukas eine Hilfestellung, was er anders machen muss, damit seine Öllampe brennt!



Anhang 16: 8.06 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle VGG
Fette und Öle

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____



Wir möchten gerne wissen, ob du dieses Quiz schon lösen kannst. Es ist nicht schlimm, wenn du Fragen nicht beantworten kannst. In diesem Falle, lasse sie einfach weg bzw. mache einen Strich durch die Aufgaben.

Aufgabe 1: Nenne Eigenschaften von Fetten!

Aufgabe 2: Vervollständige den Text!

a) Gibt man Öl und Wasser in ein Becherglas zusammen, so kann man beobachten, dass das Öl

b) In einem Reagenzglas befindet sich Öl, in dem anderen Wasser. In beide Reagenzgläser werden gleichgroße Kugeln gegeben und gemessen, wie lange die Kugeln brauchen, bis sie auf den Boden gesunken sind.

Man kann beobachten, dass

Aufgabe 3: Kreuze die *richtigen* Antworten an! Es *können mehrere* Antworten richtig sein!

Wieso wird an den Salat Öl gegeben? Beantworte die Frage aus der Sicht eines Chemikers!

<input type="checkbox"/>	Es gibt Vitamine, die sich nur in Ölen lösen.
<input type="checkbox"/>	Es schützt den Körper vor Läusen.
<input type="checkbox"/>	Der Salat sieht danach schöner aus.
<input type="checkbox"/>	Das Öl dient als Transportmedium für Vitamine, z.B. Vitamin D.
<input type="checkbox"/>	Weil man das schon immer so gemacht hat.

Aufgabe 4:

In Automotoren werden Flüssigkeiten gebraucht, welche sehr zähflüssig (viskos) sind. Würdest du Wasser oder Öle dafür verwenden? **Begründe deine Entscheidung!**

Aufgabe 5: Vervollständige den Text!

Öle lassen sich mithilfe der _____ nachweisen. Dabei bringt man etwas _____ auf ein Papier auf, so dass sich dauerhafte Fettflecke zeigen.

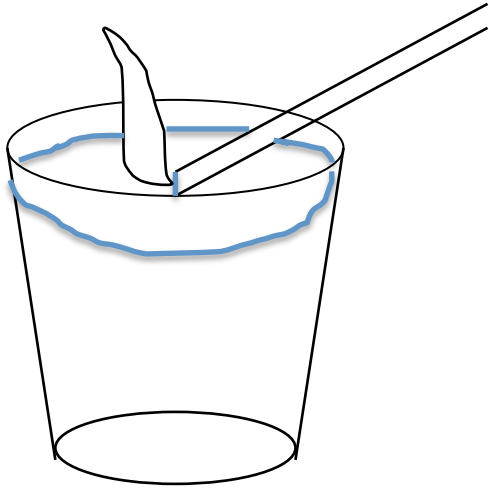
Bringt man hingegen Wasser auf, so _____ der Wasserfleck wieder.

Man kann den Fettfleck besonders _____ beobachten, wenn man das Papier gegen das Sonnenlicht hält.

Aufgabe 6:

Lukas möchte für seine Geburtstagsparty eine Öllampe selber basteln. Dazu nimmt er ein Glas mit Öl und versucht dieses anzuzünden. Doch leider brennt das Öl scheinbar nicht.

Gib Lukas eine Hilfestellung, was er anders machen muss, damit seine Öllampe brennt!



Anhang 17: 8.07 Wissens-Nachtest 1 Fette und Öle Musterlösung

Fette und Öle

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____



Wir möchten gerne wissen, ob du dieses Quiz schon lösen kannst. Es ist nicht schlimm, wenn du Fragen nicht beantworten kannst. In diesem Falle, lasse sie einfach weg bzw. mache einen Strich durch die Aufgaben.

Aufgabe 1: Nenne Eigenschaften von Fetten!

- Energiereicher Stoff (Nährstoff)^{1/2}
- Fette sind Baustoffe in unserem Körper^{1/2}
- zähflüssig/schmierig¹
- brennbar^{1/2}
- löslich in Benzin¹, unlöslich in Wasser^{1/2}
- geringere Dichte als Wasser^{1/2}
- Lösemittel für die fettlöslichen Vitamine E,D, K, A^{1/2}

/4

Aufgabe 2: Vervollständige den Text!

a) Gibt man Öl und Wasser in ein Becherglas zusammen, so kann man beobachten, dass das Öl

sich mit dem Wasser nicht vermischt/unlöslich in Wasser ist und sich an der Wasseroberfläche absetzt.¹

b) In einem Reagenzglas befindet sich Öl, in dem anderen Wasser. In beide Reagenzgläser werden gleichgroße Kugeln gegeben und gemessen, wie lange die Kugeln brauchen, bis sie auf den Boden gesunken sind.

Man kann beobachten, dass das Kugeln im Wasser schneller zu Boden sinkt als in Öl.^{1,5}

/3

Aufgabe 3: Kreuze die *richtigen* Antworten an! Es können mehrere Antworten richtig sein!

Wieso wird an den Salat Öl gegeben? Beantworte die Frage aus der Sicht eines Chemikers!

X ¹	Es gibt Vitamine, die sich nur in Ölen lösen.
	Es schützt den Körper vor Läusen.
	Der Salat sieht danach schöner aus.
X ¹	Das Öl dient als Transportmedium für Vitamine, z.B. Vitamin D.
	Weil man das schon immer so gemacht hat.

/2

Aufgabe 4:

In Automotoren werden Flüssigkeiten gebraucht, welche sehr zähflüssig (viskos) sind. Würdest du Wasser oder Öle dafür verwenden? **Begründe deine Entscheidung!**

- ich würde Öl verwenden.¹

- Der Versuch mit den Kugeln, vgl. Nr. 2 b), verdeutlicht, dass Öl aufgrund des langsameren zu Boden Sinkens¹ der Kugeln zähflüssiger als Wasser ist.¹

(Ein zähflüssiger Stoff benetzt die Bauteile des Motors besser und minimiert dadurch die auftretende Reibung.)

/3

Aufgabe 5: Vervollständige den Text!

Öle lassen sich mit Hilfe der Fettfleckprobe¹ nachweisen. Dabei bringt man

Etwas ÖL¹ auf ein Papier auf, so dass sich dauerhafte Fettflecke zeigen.

Bringt man hingegen Wasser auf, so verschwindet^{1/2} der Wasserfleck wieder.

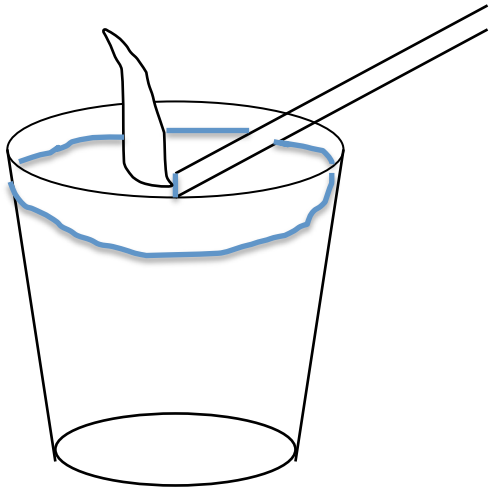
Man kann den Fettfleck besonders gut¹ beobachten, wenn man das Papier gegen das Sonnenlicht hält.

/4

Aufgabe 6:

Lukas möchte für seine Geburtstagsparty eine Öllampe selber basteln. Dazu nimmt er ein Glas mit Öl und versucht dieses anzuzünden. Doch leider brennt das Öl scheinbar nicht.

Gib Lukas eine Hilfestellung, was er anders machen muss, damit seine Öllampe brennt!



Lukas muss einen Docht zu Hilfe nehmen ⁴, um bei Raumtemperatur das Öl zu entzünden. Durch den Docht werden Temperaturen erreicht, bei denen das Öl verdampft. Die Öldämpfe entzünden sich. ⁺²

/4(+2)

Anhang 18: 8.08 Wissens-Nachtest 2 Fette und Öle

Öle und Fette

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

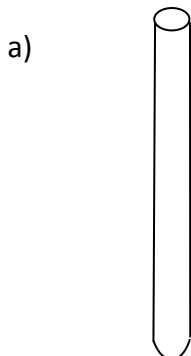
Zuordnungscode: _____

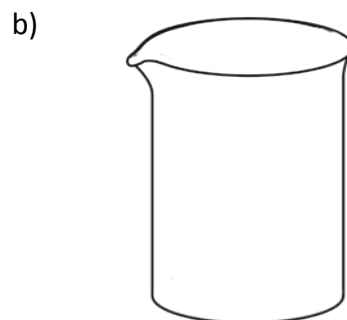
Aufgabe 1: Kreuze die *richtigen* Antworten an! Es *können mehrere* Antworten richtig sein!

<input type="checkbox"/>	Es gibt Vitamine, die sich nur in Ölen lösen.
<input type="checkbox"/>	Fette sind brennbar.
<input type="checkbox"/>	Man kann beliebig Fette und Wasser mischen.
<input type="checkbox"/>	Alle Fette sind giftig.
<input type="checkbox"/>	Fette sind zähflüssiger als Wasser.
<input type="checkbox"/>	Alle Fette sind grün.

Aufgabe 2: Beschreibe einen Versuch, mit dem man zeigen kann, dass sich Öl und Wasser nicht mischen!

Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!





Aufgabe 4:

Lukas Oma macht seit jeher Öl an den Salat. Lukas ist neugierig und interessiert sich für den Grund. Erkläre Lukas, wieso seine Oma Speiseöl an Salat macht!

Aufgabe 5: Vervollständige den Text!

In Automotoren werden Flüssigkeiten gebraucht, welche sehr _____ sind. Deshalb wird meistens spezielles _____ verwendet.

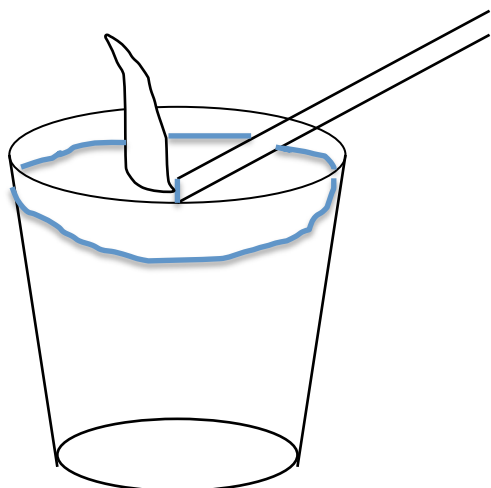
Mit Hilfe der _____ lassen sich Öle nachweisen. Dabei bringt man etwas Öl auf _____ auf, so dass sich dauerhafte

Fettflecke zeigen. Bringt man hingegen Wasser auf, so _____ der Wasserfleck wieder. Man kann den Fettfleck besonders gut beobachten, wenn man das Papier gegen _____ hält.

Aufgabe 6:

Lukas möchte für seine Geburtstagsparty eine Öllampe selber basteln. Dazu nimmt er ein Glas mit Öl und versucht dieses anzuzünden. Doch leider brennt das Öl scheinbar nicht.

Gib Lukas eine Hilfestellung, was er anders machen muss, damit seine Öllampe brennt!



Anhang 19: 8.09 Wissens-Nachtest 2 Fette Musterlösung

Fette und Öle

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Kreuze die **richtigen** Antworten an! Es **können mehrere** Antworten richtig sein!

<input checked="" type="checkbox"/> ¹	Es gibt Vitamine, die sich nur in Ölen lösen.
<input checked="" type="checkbox"/> ¹	Fette sind brennbar.
<input type="checkbox"/>	Man kann beliebig Fette und Wasser mischen.
<input type="checkbox"/>	Alle Fette sind giftig.
<input checked="" type="checkbox"/> ¹	Fette sind zähflüssiger als Wasser.
<input type="checkbox"/>	Alle Fette sind grün.

/3

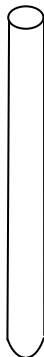
Aufgabe 2: Beschreibe einen Versuch, mit dem man zeigen kann, dass sich Öl und Wasser nicht mischen!

*Man nimmt ein Reagenzglas und gibt Wasser und Öl hinein. Das Gemisch wird geschüttelt.*³

/3

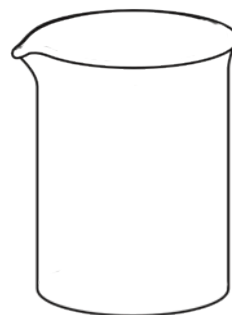
Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



Reagenzglas¹

b)



Becherglas¹

/2

Aufgabe 4:

Lukas Oma macht seit jeher Öl an den Salat. Lukas ist neugierig und interessiert sich für den Grund. Erkläre Lukas, wieso seine Oma Speiseöl an Salat macht!

Vgl. Nr. 1: Es gibt Vitamine, die sich nur in Öl/Fett lösen. (Öle und Fette sind Geschmacksträger.)

/2

Aufgabe 5: Vervollständige den Text!

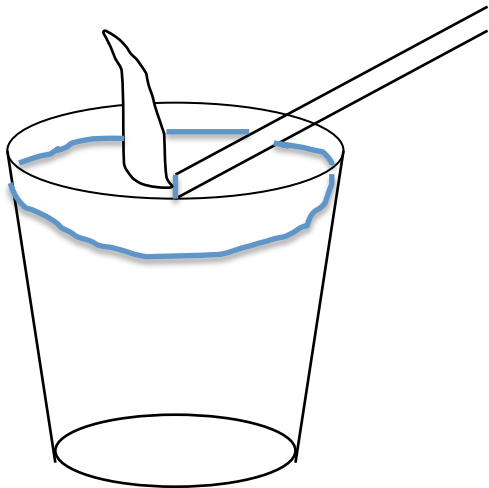
In Automotoren werden Flüssigkeiten gebraucht, welche sehr zähflüssig¹ sind. Deshalb wird meistens spezielles Öl¹ verwendet. Mit Hilfe der Fettfleckprobe¹ lassen sich Öle nachweisen. Dabei bringt man etwas Öl auf Papier¹ auf, so dass sich dauerhafte Fettflecke zeigen. Bringt man hingegen Wasser auf, so verschwindet¹ der Wasserfleck wieder. Man kann den Fettfleck besonders gut beobachten, wenn man das Papier gegen die Sonne/Licht¹ hält.

/6

Aufgabe 6:

Lukas möchte für seine Geburtstagsparty eine Öllampe selber basteln. Dazu nimmt er ein Glas mit Öl und versucht dieses anzuzünden. Doch leider brennt das Öl scheinbar nicht.

Gib Lukas eine Hilfestellung, was er anders machen muss, damit seine Öllampe brennt.



Lukas muss einen Docht zu Hilfe nehmen⁴, um bei Raumtemperatur das Öl zu entzünden. Durch den Docht werden Temperaturen erreicht, bei denen das Öl verdampft. Die Öldämpfe entzünden sich.⁺²

/4(+2)

Anhang 20: 8.10 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung VSG

Wasserreinigung

Liebe Schülerinnen und Schüler,
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

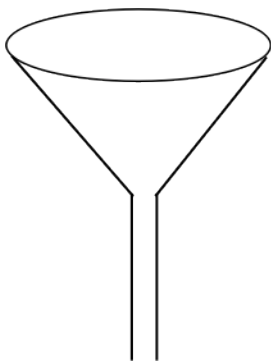
Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

Aufgabe 2: Benenne folgende Geräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



b)



Aufgabe 3: Da sind Lukas wohl beim Falten eines Filters Fehler unterlaufen. Hilf ihm dabei, den richtig

gefalteten Filter zu finden!

Kreuze den Filter an, welcher richtig gefaltet ist!



236



Aufgabe 4: Beschreibe, wie man einen natürlichen Filter nachbauen kann!

Aufgabe 5: Fülle die Lücken mit den passenden Wörtern!

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen alle _____ entfernt werden. Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher _____, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.

Die Reinigung von Schmutzwasser findet in _____ statt.

Dort wird zunächst das gesammelte _____ von groben Verunreinigungen wie, Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch sogenannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes _____ funktionieren.

Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass Schlamm und Sand langsam auf den Boden sinken, wo man sie entfernen kann. Jetzt ist das Wasser _____ genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet.

Anhang 21: 8.11 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung VGG

Wasserreinigung

Liebe Schülerinnen und Schüler,
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

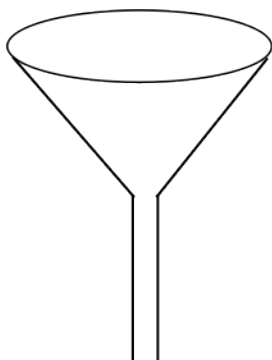


Wir möchten gerne wissen, ob du dieses Quiz schon lösen kannst. Es ist nicht schlimm, wenn du Fragen nicht beantworten kannst. In diesem Falle, lasse sie einfach weg bzw. mache einen Strich durch die Aufgaben.

Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

Aufgabe 2: Benenne folgende Geräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



b)



Aufgabe 3: Da sind Lukas wohl beim Falten eines Filters Fehler unterlaufen. Hilf ihm dabei, den richtig gefalteten Filter zu finden! Kreuze den Filter an, welcher richtig gefaltet ist!



238



Aufgabe 4: Beschreibe, wie man einen natürlichen Filter nachbauen kann!

Aufgabe 5: Fülle die Lücken mit den passenden Wörtern!

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen alle _____ entfernt werden. Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher _____, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.

Die Reinigung von Schmutzwasser findet in _____ statt.

Dort wird zunächst das gesammelte _____ von groben Verunreinigungen wie, Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch sogenannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes _____ funktionieren.

Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass Schlamm und Sand langsam auf den Boden sinken, wo man sie entfernen kann. Jetzt ist das Wasser _____ genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet.

Anhang 22: 8.12 Wissens-Nachtest 1 Wasserreinigung Musterlösung

Wasserreinigung

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

- Feststoffe: Ton, Erde, Plastik

- Schwermetalle

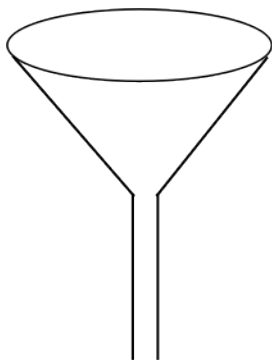
- Chemikalien, Düngemittel, Öl, Benzin, Lösemittel

pro richtige Antwort 1 Punkt, 4 Antworten erwünscht

/4

Aufgabe 2: Benenne folgende Geräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



1/2

Trichter^{1/2}

b)



Reagenzglas

Aufgabe 3: Da sind Lukas wohl beim Falten eines Filters Fehler unterlaufen. Hilf ihm dabei, den richtig

gefalteten Filter zu finden!

Kreuze den Filter an, welcher richtig gefaltet ist!

/2



Aufgabe 4: Beschreibe, wie man einen natürlichen Filter nachbauen kann!

- Trichter¹ mit groben¹ und feinen Steinen² befüllen

- die filternde Wirkung beruht auf den Steinzwischenräumen, in denen sich der Dreck (feste Bestandteile) festsetzen kann.²

/6

Aufgabe 5: Fülle die Lücken mit den passenden Wörtern!

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen alle Verschmutzungen (Müll)¹ entfernt werden.

Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher gereinigt¹, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.

Die Reinigung von Schmutzwasser findet in Kläranalgen¹ statt.

Dort wird zunächst das gesammelte Schmutzwasser¹ von groben Verunreinigungen wie, Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch sogenannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes Sieb¹ funktionieren.

Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass Schlamm und Sand langsam auf den Boden sinken, wo man sie entfernen kann. Jetzt ist das Wasser sauber¹ genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet.

/6

Anhang 23: 8.13 Wissens-Nachtest 2 Wasserreinigung

Wasserreinigung

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

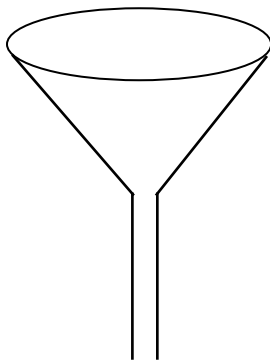
Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

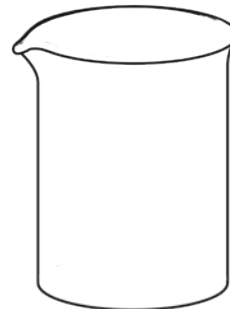
Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



b)

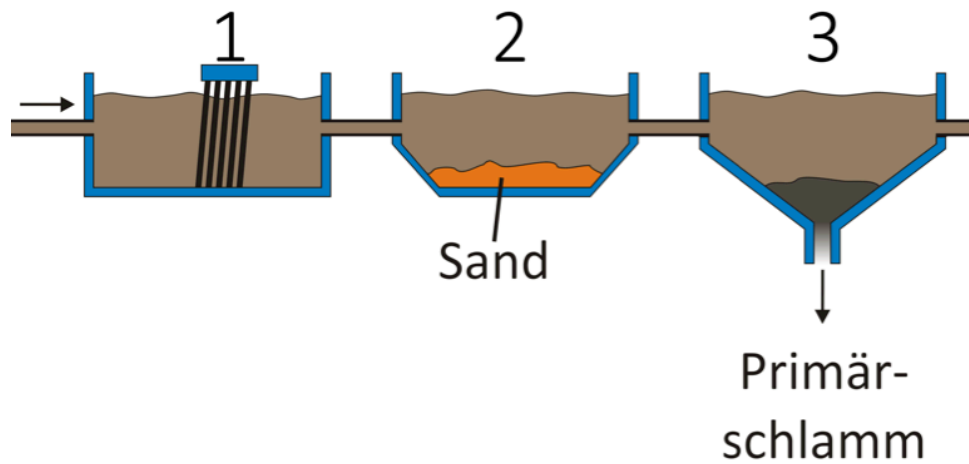


Aufgabe 3: Da sind Lukas wohl beim Falten eines Filters Fehler unterlaufen. Hilf ihm dabei, den richtig

gefalteten Filter zu finden! Kreuze den Filter an, welcher richtig gefaltet ist!



Aufgabe 4: Auf der Abbildung siehst du die mechanischen Reinigungsschritte einer Kläranlage. Benenne die drei Reinigungsschritte einer Kläranlage und beschreibe grob deren Funktion!



1.

2.

3.

Aufgabe 3: Fülle die Lücken mit den passenden Wörtern!

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen alle _____ entfernt werden. Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher _____, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.

Die Reinigung von Schmutzwasser findet in _____ statt.

Dort wird zunächst das gesammelte _____ von groben Verunreinigungen, wie Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch so genannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes _____ funktionieren.

Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass Schlamm und Sand langsam auf den Boden sinken, wo man sie entfernen kann. Jetzt ist das Wasser _____

_____ genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet.

Anhang 24: 8.14 Wissens-Nachtest 2 Wasserreinigung Musterlösung

Wasserreinigung

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Nenne Verschmutzungen, welche in Wasser vorkommen können!

- Feststoffe: Ton, Erde, Plastik

- Schwermetalle

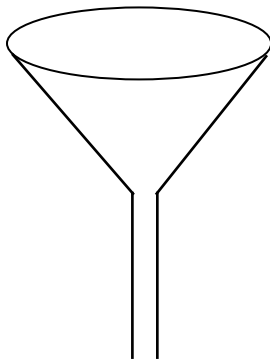
- Chemikalien, Düngemittel, Öl, Benzin, Lösemittel

pro richtige Antwort 1 Punkt, 4 Antworten erwünscht

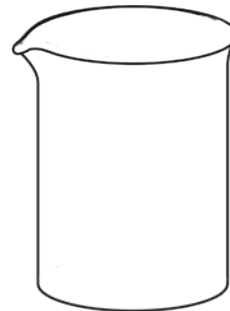
/4

Aufgabe 2: Benenne folgende Glasgeräte, welche man in einem Labor finden kann!

a)



b)



Trichter^{1/2}

Becherglas^{1/2}

/1

Aufgabe 3: Da sind Lukas wohl beim Falten eines Filters Fehler unterlaufen. Hilf ihm dabei, den richtig

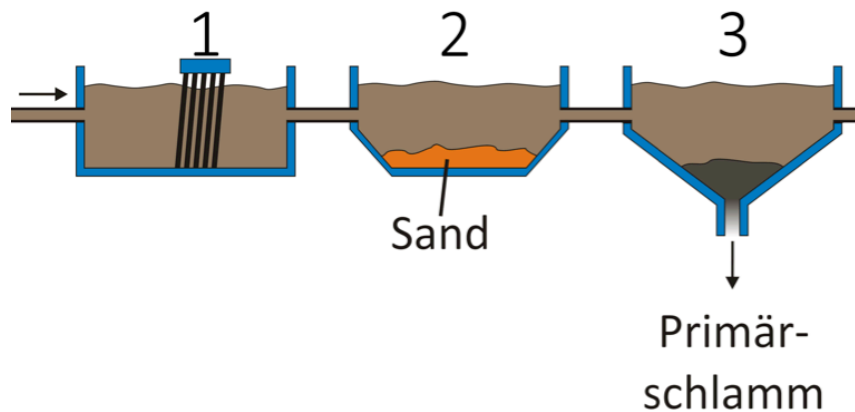
gefalteten Filter zu finden!

Kreuze den Filter an, welcher richtig gefaltet ist!

/2



Aufgabe 4: Auf der Abbildung siehst du die mechanischen Reinigungsschritte einer Kläranlage. Benenne die drei Reinigungsschritte einer Kläranlage und beschreibe grob deren Funktion!



1. Rechen¹: Abtrennung grober Verunreinigungen wie Plastiktüten¹

2. Sandfang¹: Sedimentation von Sand¹

3. Vorklärbecken¹: Sedimentation von feinen Schwebeteilchen¹

/6

Aufgabe 3: Fülle die Lücken mit den passenden Wörtern!

Um sauberes Wasser zu erhalten, müssen alle Verschmutzungen (Müll)¹ entfernt werden. Auch Abwasser, das in Flüsse geleitet werden soll, wird vorher gereinigt¹, damit die Umwelt nicht so stark belastet wird.

Die Reinigung von Schmutzwasser findet in Kläranalgen¹ statt.

Dort wird zunächst das gesammelte Schmutzwasser¹ von groben Verunreinigungen, wie Ästen, Folien und Ähnlichem, gereinigt. Dazu lässt man es durch so genannte „Rechen“ laufen, die wie ein großes Sieb¹ funktionieren.

Danach sorgt man in einem großen Becken dafür, dass Schlamm und Sand langsam auf den Boden sinken, wo man sie entfernen kann. Jetzt ist das Wasser sauber¹ genug, um in einen Fluss eingeleitet zu werden, aber noch nicht zum Trinken geeignet.

/6

Anhang 25: 8.15 Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation

Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation

	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
FAM-Vortest	CvM	Männlich	5,6375	,70486	20
		weiblich	5,5735	,65788	25
		Gesamtsumme	5,6019	,67205	45
	AMG	Männlich	5,8327	,60854	31
		weiblich	5,2519	,94155	39
		Gesamtsumme	5,5091	,85654	70
	GaS	Männlich	5,8106	,73415	11
		weiblich	5,2680	,72071	16
		Gesamtsumme	5,4890	,76209	27
	Leibniz	Männlich	5,5504	,84140	34
		weiblich	5,6946	,61759	37
		Gesamtsumme	5,6255	,73156	71
	Gesamtsumme	Männlich	5,6895	,73133	96
		weiblich	5,4628	,77812	117
		Gesamtsumme	5,5650	,76403	213
FAM-Nachtest 1	CvM	Männlich	5,6898	,78450	20
		weiblich	5,3547	,87240	25
		Gesamtsumme	5,5036	,84217	45
	AMG	Männlich	5,8802	,72466	31
		weiblich	5,5857	,64737	39
		Gesamtsumme	5,7161	,69342	70
	GaS	Männlich	5,7875	,70691	11
		weiblich	5,5906	,70697	16
		Gesamtsumme	5,6708	,70019	27
	Leibniz	Männlich	5,8202	,65988	34
		weiblich	5,8983	,62499	37
		Gesamtsumme	5,8609	,63852	71
	Gesamtsumme	Männlich	5,8087	,70536	96
		weiblich	5,6359	,72163	117
		Gesamtsumme	5,7138	,71785	213
FAM-Nachtest 2	CvM	Männlich	5,4602	1,12522	20
		weiblich	5,2015	,80820	25
		Gesamtsumme	5,3165	,95912	45
	AMG	Männlich	5,8603	,56857	31
		weiblich	5,3942	,83303	39
		Gesamtsumme	5,6007	,75968	70
	GaS	Männlich	5,8534	,63219	11
		weiblich	5,8773	,53625	16
		Gesamtsumme	5,8676	,56548	27
	Leibniz	Männlich	5,5853	,75834	34
		weiblich	5,7393	,74922	37
		Gesamtsumme	5,6656	,75219	71
	Gesamtsumme	Männlich	5,6788	,79033	96
		weiblich	5,5282	,79619	117
		Gesamtsumme	5,5961	,79523	213

Anhang 26: 8.16 Deskriptive Statistiken zu Interesse

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Interesse

	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
FAM-Vortest	CvM	Männlich	5,4000	1,69830	20
		weiblich	5,4800	1,82848	25
		Gesamtsumme	5,4444	1,75234	45
	AMG	Männlich	6,3871	1,02233	31
		weiblich	5,3333	1,92399	39
		Gesamtsumme	5,8000	1,66464	70
	GaS	Männlich	5,8182	1,99089	11
		weiblich	5,3750	1,36015	16
		Gesamtsumme	5,5556	1,62512	27
	Leibniz	Männlich	5,3824	1,75835	34
		weiblich	5,9730	1,16634	37
		Gesamtsumme	5,6901	1,49849	71
	Gesamtsumme	Männlich	5,7604	1,61405	96
		weiblich	5,5726	1,62585	117
		Gesamtsumme	5,6573	1,61943	213
FAM-Nachtest 1	CvM	Männlich	5,7450	1,38838	20
		weiblich	5,5060	1,40596	25
		Gesamtsumme	5,6122	1,38745	45
	AMG	Männlich	6,2839	1,10487	31
		weiblich	5,9744	1,22962	39
		Gesamtsumme	6,1114	1,17788	70
	GaS	Männlich	5,8727	1,08544	11
		weiblich	5,8188	1,02516	16
		Gesamtsumme	5,8407	1,02966	27
	Leibniz	Männlich	6,0397	,93272	34
		weiblich	6,0878	,95651	37
		Gesamtsumme	6,0648	,93875	71
	Gesamtsumme	Männlich	6,0380	1,11274	96
		weiblich	5,8889	1,17110	117
		Gesamtsumme	5,9561	1,14491	213
FAM-Nachtest 2	CvM	Männlich	5,4850	1,51875	20
		weiblich	5,2960	1,17348	25
		Gesamtsumme	5,3800	1,32521	45
	AMG	Männlich	6,3161	,81285	31
		weiblich	5,5436	1,48958	39
		Gesamtsumme	5,8857	1,28788	70
	GaS	Männlich	5,9091	,89605	11
		weiblich	6,2375	,79404	16
		Gesamtsumme	6,1037	,83642	27
	Leibniz	Männlich	5,7176	1,13684	34
		weiblich	5,8955	1,15615	37
		Gesamtsumme	5,8103	1,14224	71
	Gesamtsumme	Männlich	5,8844	1,14362	96
		weiblich	5,6969	1,26632	117
		Gesamtsumme	5,7814	1,21336	213

Anhang 27: 8.17 Deskriptive Statistiken zu Herausforderung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Herausforderung

	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
FAM-Vortest	CvM	Männlich	5,3375	1,00090	20
		weiblich	5,2367	,96426	25
		Gesamtsumme	5,2815	,97073	45
	AMG	Männlich	5,5565	,89375	31
		weiblich	5,5833	1,16322	39
		Gesamtsumme	5,5714	1,04530	70
	GaS	Männlich	5,0682	,75904	11
		weiblich	5,1875	,76649	16
		Gesamtsumme	5,1389	,75107	27
	Leibniz	Männlich	5,6071	,94962	35
		weiblich	5,7635	,63723	37
		Gesamtsumme	5,6875	,80245	72
	Gesamtsumme	Männlich	5,4742	,92666	97
		weiblich	5,5121	,94359	117
		Gesamtsumme	5,4949	,93395	214
FAM-Nachtest 1	CvM	Männlich	4,7542	,89609	20
		weiblich	4,6400	1,65529	25
		Gesamtsumme	4,6907	1,35815	45
	AMG	Männlich	5,1586	,98774	31
		weiblich	5,0876	1,10222	39
		Gesamtsumme	5,1190	1,04619	70
	GaS	Männlich	4,4545	1,65385	11
		weiblich	4,9219	1,28361	16
		Gesamtsumme	4,7315	1,43434	27
	Leibniz	Männlich	5,0000	1,47404	35
		weiblich	5,3446	1,07747	37
		Gesamtsumme	5,1771	1,28811	72
	Gesamtsumme	Männlich	4,9381	1,25268	97
		weiblich	5,0506	1,26684	117
		Gesamtsumme	4,9996	1,25873	214
FAM-Nachtest 2	CvM	Männlich	4,5208	1,37885	20
		weiblich	4,4100	1,35762	25
		Gesamtsumme	4,4593	1,35256	45
	AMG	Männlich	5,0403	,91081	31
		weiblich	4,7179	1,37671	39
		Gesamtsumme	4,8607	1,19603	70
	GaS	Männlich	4,7727	1,34376	11
		weiblich	5,0000	,89443	16
		Gesamtsumme	4,9074	1,08119	27
	Leibniz	Männlich	4,0286	1,83388	35
		weiblich	4,5225	1,28705	37
		Gesamtsumme	4,2824	1,58500	72
	Gesamtsumme	Männlich	4,5378	1,48229	97
		weiblich	4,6289	1,28660	117
		Gesamtsumme	4,5876	1,37618	214

Anhang 28: 8.18 Deskriptive Statistiken zu Erfolgserwartung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Erfolgserwartung

	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
FAM-Vortest	CvM	Männlich	5,9625	,93638	20
		weiblich	6,2000	,56571	25
		Gesamtsumme	6,0944	,75328	45
	AMG	Männlich	5,9839	,70692	31
		weiblich	5,5064	,90773	39
		Gesamtsumme	5,7179	,85330	70
	GaS	Männlich	5,9015	,72055	11
		weiblich	5,1875	,70415	16
		Gesamtsumme	5,4784	,78330	27
	Leibniz	Männlich	5,5738	,96355	35
		weiblich	5,6419	,67839	37
		Gesamtsumme	5,6088	,82408	72
	Gesamtsumme	Männlich	5,8222	,86508	97
		weiblich	5,6538	,80294	117
		Gesamtsumme	5,7301	,83394	214
FAM-Nachtest 1	CvM	Männlich	6,0000	1,14421	20
		weiblich	5,3533	1,67001	25
		Gesamtsumme	5,6407	1,48060	45
	AMG	Männlich	6,0968	,88900	31
		weiblich	5,9103	,89312	39
		Gesamtsumme	5,9929	,88973	70
	GaS	Männlich	6,2273	,69331	11
		weiblich	5,7344	1,04271	16
		Gesamtsumme	5,9352	,93437	27
	Leibniz	Männlich	5,9714	1,01055	35
		weiblich	6,0248	,74739	37
		Gesamtsumme	5,9988	,87919	72
	Gesamtsumme	Männlich	6,0464	,96172	97
		weiblich	5,8034	1,10275	117
		Gesamtsumme	5,9136	1,04586	214
FAM-Nachtest 2	CvM	Männlich	5,8750	1,35117	20
		weiblich	5,6600	1,06771	25
		Gesamtsumme	5,7556	1,19241	45
	AMG	Männlich	6,2527	,96979	31
		weiblich	5,7564	,80600	39
		Gesamtsumme	5,9762	,91013	70
	GaS	Männlich	6,2045	,83530	11
		weiblich	5,7969	,77038	16
		Gesamtsumme	5,9630	,80773	27
	Leibniz	Männlich	6,1286	,67074	35
		weiblich	6,1284	,84702	37
		Gesamtsumme	6,1285	,76106	72
	Gesamtsumme	Männlich	6,1246	,95198	97
		weiblich	5,8590	,88534	117
		Gesamtsumme	5,9794	,92352	214

Anhang 29: 8.19 Deskriptive Statistiken zu Misserfolgsbefürchtung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung

	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
FAM-Vortest	CvM	Männlich	5,8500	1,13114	20
		weiblich	5,3773	1,04990	25
		Gesamtsumme	5,5874	1,10008	45
	AMG	Männlich	5,4032	1,33529	31
		weiblich	4,5846	1,41077	39
		Gesamtsumme	4,9471	1,42795	70
	GaS	Männlich	6,4545	,60061	11
		weiblich	5,3219	1,30345	16
		Gesamtsumme	5,7833	1,20024	27
	Leibniz	Männlich	5,6971	1,10013	35
		weiblich	5,4000	,98770	37
		Gesamtsumme	5,5444	1,04718	72
	Gesamtsumme	Männlich	5,7206	1,17242	97
		weiblich	5,1127	1,24247	117
		Gesamtsumme	5,3882	1,24590	214
FAM-Nachtest 1	CvM	Männlich	6,3850	,90045	20
		weiblich	5,6127	1,51322	25
		Gesamtsumme	5,9559	1,32279	45
	AMG	Männlich	5,8258	1,35129	31
		weiblich	5,5244	1,23288	39
		Gesamtsumme	5,6579	1,28598	70
	GaS	Männlich	6,6182	,56889	11
		weiblich	5,8250	1,26886	16
		Gesamtsumme	6,1481	1,10048	27
	Leibniz	Männlich	6,1471	1,21322	35
		weiblich	6,0324	,87751	37
		Gesamtsumme	6,0882	1,04815	72
	Gesamtsumme	Männlich	6,1469	1,16476	97
		weiblich	5,7450	1,21088	117
		Gesamtsumme	5,9272	1,20423	214
FAM-Nachtest 2	CvM	Männlich	5,9600	1,45327	20
		weiblich	5,4400	1,24624	25
		Gesamtsumme	5,6711	1,35183	45
	AMG	Männlich	5,8323	1,23731	31
		weiblich	5,5590	1,24915	39
		Gesamtsumme	5,6800	1,24244	70
	GaS	Männlich	6,5273	,68861	11
		weiblich	6,4750	,61482	16
		Gesamtsumme	6,4963	,63336	27
	Leibniz	Männlich	6,5200	,79439	35
		weiblich	6,4108	,94481	37
		Gesamtsumme	6,4639	,87054	72
	Gesamtsumme	Männlich	6,1856	1,12888	97
		weiblich	5,9282	1,17096	117
		Gesamtsumme	6,0449	1,15654	214

Anhang 30: 8.20 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Fette und Öle

Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Fette und Öle

Testzeitpunkt	Gruppe	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
Wissens-Vortest	VSG	CvM	Männlich	23,7500	8,76275	8
			weiblich	18,6667	8,75595	15
			Gesamtsumme	20,4348	8,90774	23
		AMG	Männlich	25,7143	12,67731	21
			weiblich	19,1667	10,59305	30
			Gesamtsumme	21,8627	11,83050	51
		GaS	Männlich	20,6250	10,15505	8
			weiblich	17,3529	11,74171	17
			Gesamtsumme	18,4000	11,15422	25
	Leibniz	Männlich	37,8571	18,20518	21	
		weiblich	33,5000	18,36043	20	
		Gesamtsumme	35,7317	18,18519	41	
	Gesamtsumme	Männlich	29,1379	15,53541	58	
		weiblich	22,1951	14,20958	82	
		Gesamtsumme	25,0714	15,11331	140	
	VGG	CvM	Männlich	23,4615	11,61619	13
			weiblich	23,5000	10,55409	10
			Gesamtsumme	23,4783	10,91650	23
		AMG	Männlich	25,0000	13,31438	12
			weiblich	16,5385	9,43942	13
			Gesamtsumme	20,6000	12,01735	25
		Leibniz	Männlich	26,3889	17,30399	18
			weiblich	17,8571	11,46423	21
Gesamtsumme			21,7949	14,88938	39	
Gesamtsumme	Männlich	25,1163	14,41264	43		
	weiblich	18,7500	10,79001	44		
	Gesamtsumme	21,8966	13,03487	87		
Gesamtsumme	CvM	Männlich	23,5714	10,38543	21	
		weiblich	20,6000	9,60902	25	
		Gesamtsumme	21,9565	9,97097	46	
	AMG	Männlich	25,4545	12,70849	33	
		weiblich	18,3721	10,21908	43	
		Gesamtsumme	21,4474	11,82697	76	
	GaS	Männlich	20,6250	10,15505	8	
		weiblich	17,3529	11,74171	17	
		Gesamtsumme	18,4000	11,15422	25	
	Leibniz	Männlich	32,5641	18,49153	39	
		weiblich	25,4878	16,98547	41	
		Gesamtsumme	28,9375	17,97843	80	
	Gesamtsumme	Männlich	27,4257	15,12637	101	
		weiblich	20,9921	13,17604	126	
		Gesamtsumme	23,8546	14,40597	227	
Wissens-Nachtest 1	VSG	CvM	Männlich	83,7500	15,92393	8
			weiblich	68,1667	17,56281	15
			Gesamtsumme	73,5870	18,29099	23
		AMG	Männlich	70,5952	21,01941	21
			weiblich	68,5000	17,47659	30
			Gesamtsumme	69,3627	18,84040	51
		GaS	Männlich	64,0625	21,91451	8
			weiblich	66,3235	19,24589	17
			Gesamtsumme	65,6000	19,70195	25
	Leibniz	Männlich	93,6905	18,15935	21	
		weiblich	89,6250	9,90996	20	
		Gesamtsumme	91,7073	14,68885	41	
	Gesamtsumme	Männlich	79,8707	22,36275	58	
		weiblich	73,1402	18,66208	82	
		Gesamtsumme	75,9286	20,47182	140	
VGG	CvM	Männlich	37,5000	21,98484	13	
		weiblich	43,5000	26,59365	10	
		Gesamtsumme	40,1087	23,71083	23	

		AMG	Männlich	48,5417	16,07717	12
			weiblich	40,7692	16,34219	13
			Gesamtsumme	44,5000	16,36179	25
		Leibniz	Männlich	35,5556	21,71939	18
			weiblich	39,7619	18,02611	21
			Gesamtsumme	37,8205	19,66144	39
		Gesamtsumme	Männlich	39,7674	20,68625	43
			weiblich	40,9091	19,38810	44
			Gesamtsumme	40,3448	19,93147	87
	Gesamtsumme	CvM	Männlich	55,1190	30,14005	21
			weiblich	58,3000	24,43870	25
			Gesamtsumme	56,8478	26,92291	46
		AMG	Männlich	62,5758	21,93282	33
			weiblich	60,1163	21,28990	43
			Gesamtsumme	61,1842	21,46110	76
		GaS	Männlich	64,0625	21,91451	8
			weiblich	66,3235	19,24589	17
			Gesamtsumme	65,6000	19,70195	25
		Leibniz	Männlich	66,8590	35,30747	39
			weiblich	64,0854	29,08369	41
			Gesamtsumme	65,4375	32,09158	80
		Gesamtsumme	Männlich	62,7970	29,35832	101
			weiblich	61,8849	24,35095	126
			Gesamtsumme	62,2907	26,63742	227
	VSG	CvM	Männlich	73,4375	13,35889	8
			weiblich	73,1667	23,87592	15
			Gesamtsumme	73,2609	20,48329	23
		AMG	Männlich	79,5238	17,52889	21
			weiblich	70,9167	18,34163	30
			Gesamtsumme	74,4608	18,33926	51
		GaS	Männlich	61,5625	33,27208	8
			weiblich	68,6765	27,61507	17
			Gesamtsumme	66,4000	29,03016	25
		Leibniz	Männlich	88,3333	17,92926	21
			weiblich	84,6250	11,33448	20
			Gesamtsumme	86,5244	15,00914	41
		Gesamtsumme	Männlich	79,3966	21,38982	58
			weiblich	74,2073	20,90867	82
			Gesamtsumme	76,3571	21,18854	140
	VGG	CvM	Männlich	81,1538	19,46191	13
			weiblich	81,2500	22,11868	10
			Gesamtsumme	81,1957	20,16790	23
		AMG	Männlich	79,7917	19,14236	12
			weiblich	82,3077	8,00140	13
			Gesamtsumme	81,1000	14,19874	25
		Leibniz	Männlich	84,1667	10,21821	18
			weiblich	81,7857	13,01784	21
			Gesamtsumme	82,8846	11,71956	39
		Gesamtsumme	Männlich	82,0349	15,81380	43
			weiblich	81,8182	14,11501	44
			Gesamtsumme	81,9253	14,89157	87
	Gesamtsumme	CvM	Männlich	78,2143	17,44891	21
			weiblich	76,4000	23,07235	25
			Gesamtsumme	77,2283	20,49545	46
		AMG	Männlich	79,6212	17,83301	33
			weiblich	74,3605	16,69129	43
			Gesamtsumme	76,6447	17,27982	76
		GaS	Männlich	61,5625	33,27208	8
			weiblich	68,6765	27,61507	17
			Gesamtsumme	66,4000	29,03016	25
		Leibniz	Männlich	86,4103	14,84342	39
			weiblich	83,1707	12,15813	41
			Gesamtsumme	84,7500	13,54552	80
		Gesamtsumme	Männlich	80,5198	19,17132	101
			weiblich	76,8651	19,10742	126
			Gesamtsumme	78,4912	19,18004	227

Wissens-Nachtest 2

Anhang 31: 8.21 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Wasserreinigung

Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Wasserreinigung

Testzeitpunkt	Gruppe	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H	
Wissens-Vortest	VSG	CvM	Männlich	24,4444	8,45741	9	
			weiblich	17,7778	8,61296	18	
			Gesamtsumme	20,0000	8,98717	27	
		AMG	Männlich	24,6667	14,69532	15	
			weiblich	19,4231	11,25406	26	
			Gesamtsumme	21,3415	12,69963	41	
		GaS	Männlich	21,1538	9,16375	13	
			weiblich	17,1875	12,64499	16	
			Gesamtsumme	18,9655	11,21059	29	
	Leibniz	Männlich	37,6316	18,05612	19		
		weiblich	33,2500	18,37296	20		
		Gesamtsumme	35,3846	18,11457	39		
	Gesamtsumme	Männlich	28,2143	15,44576	56		
		weiblich	22,0625	14,51088	80		
		Gesamtsumme	24,5956	15,15421	136		
	Wissens-Nachtest 1	VSG	CvM	Männlich	23,5714	11,16805	14
				weiblich	24,5833	9,87613	12
				Gesamtsumme	24,0385	10,39416	26
			AMG	Männlich	24,5455	13,86624	11
				weiblich	16,4286	9,07841	14
				Gesamtsumme	20,0000	11,90238	25
			GaS	Männlich	16,0000	9,48683	15
				weiblich	17,7273	6,06780	11
				Gesamtsumme	16,7308	8,11693	26
		Leibniz	Männlich	28,1579	15,56443	19	
			weiblich	16,9444	10,99985	18	
			Gesamtsumme	22,7027	14,51027	37	
Gesamtsumme		Männlich	23,3051	13,41031	59		
		weiblich	18,6364	9,73988	55		
		Gesamtsumme	21,0526	11,96369	114		
Gesamtsumme		VSG	CvM	Männlich	23,9130	9,99506	23
				weiblich	20,5000	9,59076	30
				Gesamtsumme	21,9811	9,82244	53
			AMG	Männlich	24,6154	14,06578	26
				weiblich	18,3750	10,52393	40
				Gesamtsumme	20,8333	12,32831	66
			GaS	Männlich	18,3929	9,53100	28
				weiblich	17,4074	10,31899	27
				Gesamtsumme	17,9091	9,84561	55
		Leibniz	Männlich	32,8947	17,30613	38	
			weiblich	25,5263	17,23406	38	
			Gesamtsumme	29,2105	17,55093	76	
	Gesamtsumme	Männlich	25,6957	14,58320	115		
		weiblich	20,6667	12,85394	135		
		Gesamtsumme	22,9800	13,87768	250		
	VSG	CvM	Männlich	87,2222	13,71840	9	
			weiblich	79,4444	15,70771	18	
			Gesamtsumme	82,0370	15,27059	27	
		AMG	Männlich	82,1667	19,33877	15	
			weiblich	81,3462	11,27455	26	
			Gesamtsumme	81,6463	14,50872	41	
		GaS	Männlich	80,7692	18,12528	13	
			weiblich	76,5625	11,79248	16	
			Gesamtsumme	78,4483	14,82658	29	
	Leibniz	Männlich	94,6053	9,43778	19		
		weiblich	94,0000	7,36278	20		
		Gesamtsumme	94,2949	8,33013	39		
Gesamtsumme	Männlich	86,8750	16,09101	56			
	weiblich	83,1250	13,24967	80			

		Gesamtsumme	84,6691	14,54816	136
VGG	CvM	Männlich	67,1429	19,36137	14
		weiblich	67,0833	15,87713	12
		Gesamtsumme	67,1154	17,48846	26
	AMG	Männlich	55,9091	22,34034	11
		weiblich	53,2143	10,11608	14
		Gesamtsumme	54,4000	16,28650	25
	GaS	Männlich	43,3333	16,32993	15
		weiblich	48,6364	14,33369	11
		Gesamtsumme	45,5769	15,44843	26
	Leibniz	Männlich	55,7895	16,07389	19
		weiblich	52,9167	18,94749	18
		Gesamtsumme	54,3919	17,34460	37
	Gesamtsumme	Männlich	55,3390	19,63820	59
		weiblich	55,2273	16,43078	55
		Gesamtsumme	55,2851	18,08216	114
Gesamtsumme	CvM	Männlich	75,0000	19,75705	23
		weiblich	74,5000	16,67902	30
		Gesamtsumme	74,7170	17,89835	53
	AMG	Männlich	71,0577	24,16788	26
		weiblich	71,5000	17,32791	40
		Gesamtsumme	71,3258	20,12088	66
	GaS	Männlich	60,7143	25,41195	28
		weiblich	65,1852	18,83539	27
		Gesamtsumme	62,9091	22,33356	55
	Leibniz	Männlich	75,1974	23,57694	38
		weiblich	74,5395	24,99902	38
		Gesamtsumme	74,8684	24,13813	76
	Gesamtsumme	Männlich	70,6957	23,91173	115
		weiblich	71,7593	20,03978	135
		Gesamtsumme	71,2700	21,86721	250
VSG	CvM	Männlich	80,0000	19,36492	9
		weiblich	76,6667	20,07339	18
		Gesamtsumme	77,7778	19,52973	27
	AMG	Männlich	76,3333	17,16170	15
		weiblich	74,4231	16,93085	26
		Gesamtsumme	75,1220	16,82587	41
	GaS	Männlich	78,4615	9,21607	13
		weiblich	78,7500	16,98038	16
		Gesamtsumme	78,6207	13,81618	29
	Leibniz	Männlich	91,7105	8,97731	19
		weiblich	92,5000	9,56281	20
		Gesamtsumme	92,1154	9,16835	39
	Gesamtsumme	Männlich	82,6339	14,79726	56
		weiblich	80,3125	17,51299	80
		Gesamtsumme	81,2684	16,43167	136
VGG	CvM	Männlich	80,3571	20,72849	14
		weiblich	86,6667	13,32860	12
		Gesamtsumme	83,2692	17,66026	26
	AMG	Männlich	78,6364	10,02270	11
		weiblich	81,7857	12,02676	14
		Gesamtsumme	80,4000	11,07926	25
	GaS	Männlich	62,0000	27,50325	15
		weiblich	77,2727	12,91581	11
		Gesamtsumme	68,4615	23,44224	26
	Leibniz	Männlich	83,5526	18,05308	19
		weiblich	79,3056	14,34362	18
		Gesamtsumme	81,4865	16,27092	37
	Gesamtsumme	Männlich	76,3983	21,73643	59
		weiblich	81,1364	13,33175	55
		Gesamtsumme	78,6842	18,25099	114
Gesamtsumme	CvM	Männlich	80,2174	19,75580	23
		weiblich	80,6667	18,12235	30
		Gesamtsumme	80,4717	18,66363	53

Wissens-Nachtest 2

AMG	Männlich	77,3077	14,36877	26
	weiblich	77,0000	15,64018	40
	Gesamtsumme	77,1212	15,03996	66
GaS	Männlich	69,6429	22,35772	28
	weiblich	78,1481	15,20046	27
	Gesamtsumme	73,8182	19,48322	55
Leibniz	Männlich	87,6316	14,65766	38
	weiblich	86,2500	13,64053	38
	Gesamtsumme	86,9408	14,08071	76
Gesamtsumme	Männlich	79,4348	18,86314	115
	weiblich	80,6481	15,89366	135
	Gesamtsumme	80,0900	17,29780	250

Anhang 32: 9.1 FAM Vortest Klassenstufe 10

Fragebogen für SchülerInnen

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, **ALLE** ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

Nun möchten wir gerne ein paar Informationen zu deiner Person.

5. Geschlecht	<input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich
6. Alter	
7. Schule	
8. Klassenstufe	
9. Chemienote im letzten Zeugnis	

		trifft nicht zu						triff t zu
1	Ich glaube, der Schwierigkeit von Experimenten gewachsen zu sein (E)	1	2	3	4	5	6	7
2	Wahrscheinlich werde ich die Experimente nicht schaffen (E)	1	2	3	4	5	6	7
3	Bei den Experimenten mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	1	2	3	4	5	6	7
4	Ich fühle mich unter Druck, bei den Experimenten gut abschneiden zu müssen (M)	1	2	3	4	5	6	7
5	Die Experimente sind eine richtige Herausforderung für mich. (H)	1	2	3	4	5	6	7
6	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich im Labor abschneiden werde. (H)	1	2	3	4	5	6	7
7	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich im Labor blamieren könnte. (M)	1	2	3	4	5	6	7
8	Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Experimenten voll anzu- strengen. (H)	1	2	3	4	5	6	7
9	Es ist mir etwas peinlich, im Labor zu versagen. (M)	1	2	3	4	5	6	7
10	Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	1	2	3	4	5	6	7
11	Ich glaube, ich schaffe diese Experimente nicht. (E)	1	2	3	4	5	6	7
12	Wenn ich die Experimente schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein. (H)	1	2	3	4	5	6	7
13	Wenn ich an die Experimente denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	1	2	3	4	5	6	7
14	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	1	2	3	4	5	6	7

Anhang 33: 9.2 FAM Nachtest Klassenstufe 10

Fragebogen für SchülerInnen

Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, alle ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

Zuordnungscode: _____

		trifft nicht zu							trifft t zu
1	Ich mag solche Experimente (I)	1	2	3	4	5	6	7	
2	Ich glaube, der Schwierigkeit von Experimenten gewachsen zu sein (E)	1	2	3	4	5	6	7	
3	Wahrscheinlich werde ich die Experimente nicht schaffen (E)	1	2	3	4	5	6	7	
4	Bei den Experimenten mag ich die Rolle des Wissenschaftlers, der Zusammenhänge entdeckt. (I)	1	2	3	4	5	6	7	
5	Ich fühle mich unter Druck, bei den Experimenten gut abschneiden zu müssen (M)	1	2	3	4	5	6	7	
6	Die Experimente sind eine richtige Herausforderung für mich. (H)	1	2	3	4	5	6	7	
7	Nach dem Lesen der Instruktion erscheinen mir die Experimente sehr interessant. (I)	1	2	3	4	5	6	7	
8	Ich bin sehr gespannt darauf, wie gut ich im Labor abschneiden werde. (H)	1	2	3	4	5	6	7	
9	Ich fürchte mich ein wenig davor, dass ich mich im Labor blamieren könnte. (M)	1	2	3	4	5	6	7	
10	Ich bin fest entschlossen, mich bei diesen Experimenten voll anzustrengen. (H)	1	2	3	4	5	6	7	
11	Bei Experimenten wie diesen brauche ich keine Belohnung, sie machen mir auch so viel Spaß. (I)	1	2	3	4	5	6	7	
12	Es ist mir etwas peinlich, im Labor zu versagen. (M)	1	2	3	4	5	6	7	
13	Ich glaube, das kann jeder schaffen. (E)	1	2	3	4	5	6	7	
14	Ich glaube, ich schaffe diese Experimente nicht. (E)	1	2	3	4	5	6	7	
15	Wenn ich die Experimente schaffe, werde ich schon ein wenig stolz auf meine Tüchtigkeit sein. (H)	1	2	3	4	5	6	7	
16	Wenn ich an die Experimente denke, bin ich etwas beunruhigt. (M)	1	2	3	4	5	6	7	
17	Solche Experimente würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten. (I)	1	2	3	4	5	6	7	
18	Die konkreten Leistungsanforderungen hier lähmen mich. (M)	1	2	3	4	5	6	7	

Anhang 34: 9.3 Vortest Süßstoffe

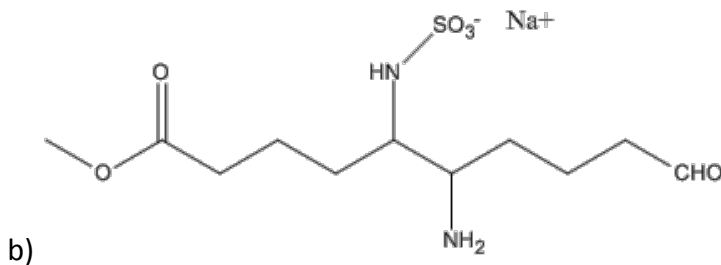
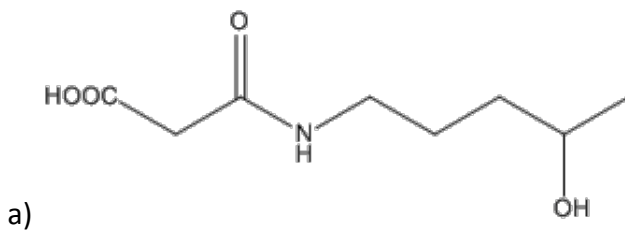
Süßstoffe

Liebe Schülerinnen und Schüler,
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an. (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!



Aufgabe 2: Nenne jeweils zwei Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe!

Zuckeraustauschstoffe	Süßstoffe

Aufgabe 3: Erkläre den Unterschied zwischen Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen!

Anhang 35: 9.4 Vortest Süßstoffe Musterlösung

Süßstoffe

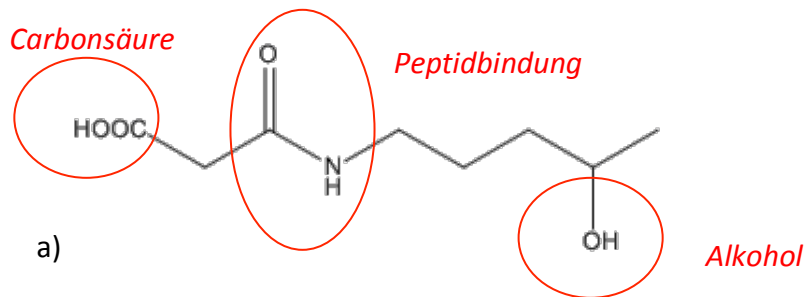
Liebe Schülerinnen und Schüler,

aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

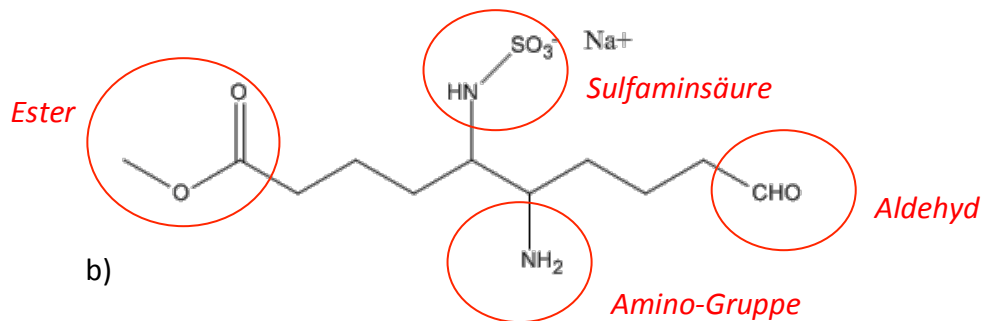
Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an. (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)

Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!



/1



/3

Aufgabe 2: Nenne jeweils zwei Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe!

Zuckeraustauschstoffe	Süßstoffe
<i>Sorbit¹</i>	<i>Aspartam¹</i>
<i>Xylit¹</i>	<i>Cyclamat¹</i>

/4

Aufgabe 3: Erkläre den Unterschied zwischen Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen!

Zuckeraustauschstoffe kommen in der Natur vor²

Süßstoffe sind künstlich, synthetisch hergestellte Süßungsmittel²

/4

Anhang 36: 9.5 Nachtest 1 Süßstoffe

Süßstoffe

Liebe Schülerinnen und Schüler,

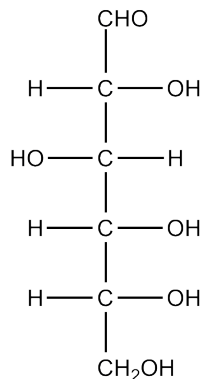
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

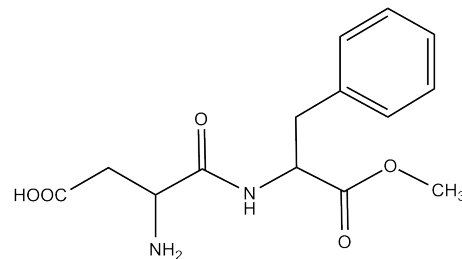
Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!

a) Glucose



b) Aspartam:



Aufgabe 2: Ergänze den folgenden Text!

a) Fehling-Probe:

Bei Zugabe der Lösung der hellblauen *Fehlingschen Lösung I* (*Kupfersulfat*) zur farblosen *Fehlingschen Lösung II* (*Tatratlösung*) entsteht ein tiefblauer Kupfer-II-Komplex. _____ sind in der Lage, das Kupfer zu reduzieren, sodass sich _____ Kupfer-I-oxid bildet. Unter Erwärmung verläuft die Reaktion _____.

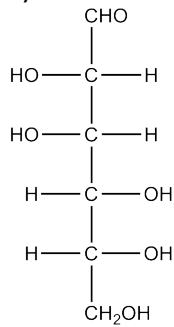
b) Ninhydrin-Nachweis

Ninhydrin ist ein Nachweisreagenz für Aminosäuren und Oligopeptide. *Ninhydrin* selbst ist ein farbloser Stoff.

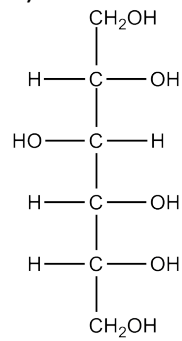
Durch Erhitzen wird *Ninhydrin* in Anwesenheit von _____ zu einem lila Farbstoff reduziert.

Aufgabe 3: Ordne folgende Stoffe in die Kategorien Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe ein!

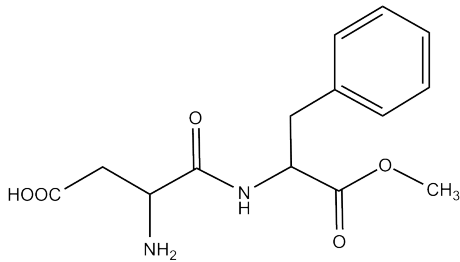
a) Mannose



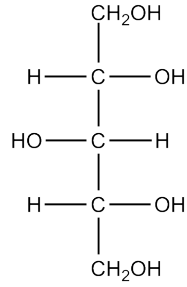
b) Sorbit



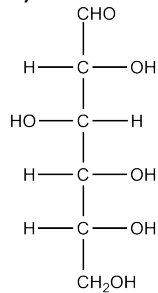
c) Aspartam



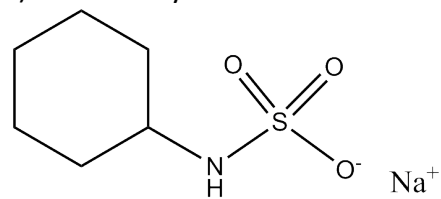
d) Xylit



e) Glucose



f) Natrium-Cyclamat

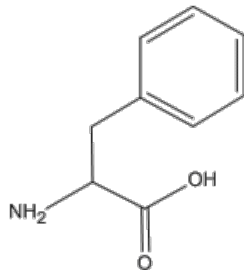


Aufgabe 4: Eine Methode zur Bestimmung der Molaren Masse ist die Gefrierpunktserniedrigung. Beschreibe wie man die Gefrierpunktserniedrigung experimentell messen kann!

Aufgabe 5:

Lukas liest auf der Verpackung seiner Cola Flasche „Enthält eine Phenylalaninquelle“. Allerdings ist unter den angegebenen Zutaten kein Phenylalanin zu finden.

Zur Erinnerung die Strukturformel von Phenylalanin:



Kalorienarmes koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln
Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma.
 *** enthält eine Phenylalaninquelle

Durchschnittliche Nährwerte		
	Pro 100 ml	1 Glas (250 ml)
Brennwert	2 kJ / 0,4 kcal	5 kJ / 1 kcal
Eiweiß	< 0,1 g	< 0,1 g
Kohlenhydrate	0,1 g	0,3 g
davon Zucker	< 0,1 g	< 0,1 g
Fett	< 0,1 g	< 0,1 g
davon gesättigte Fettsäuren	< 0,1 g	< 0,1 g
Ballaststoffe	< 0,1 g	< 0,1 g
Natrium	0,003 g	0,008 g

1 Glas (250 ml) Cola Light enthält

Brennwert	Zucker	Fett	gesättigte Fettsäuren	Natrium
1 kcal	<0,1 g	<0,1 g	<0,1 g	0,008 g
<1%	<1%	<1%	<1%	<1%

% des Richtwertes für die Tageszufuhr (GDA)**
 **Guideline Daily Amount (GDA). Die deklarierten Werte basieren auf einer Ernährung von täglich 2000 kcal (Quelle: CIAA).

a) Erkläre, weshalb unter den Zutaten kein Phenylalanin angegeben ist, der Aufdruck „enthält eine Phenylalaninquelle“ trotzdem korrekt ist!

b) Beschreibe kurz ein Experiment, mit dem man experimentell nachweisen kann, dass eine Phenylalaninquelle enthalten ist!

Aufgabe 6: Entscheide, ob die Aussagen richtig oder falsch sind!

richtig	falsch	
		Natrium-Cyclamat lässt sich nachweisen, indem man mit konzentrierter Salzsäure ansäuert und die Lösung mit Natriumnitrit versetzt.
		Bei Zugabe von Fehling Reagenz I und II zu einer Carbonsäure entsteht ein grüner Farbkomplex.
		Natrium-Cyclamat enthält Phenylalanin.
		Aspartam enthält Phenylalanin.
		Alkohole lassen sich mithilfe von Oxidationsmitteln wie Kaliumpermanganat (KMnO ₄) oxidieren.
		Xylit ist ein Polyalkohol, welcher aus Holz (Xylose = Holzzucker) hergestellt werden kann.

Anhang 37: 9.6 Nachtest 1 Süßstoffe Musterlösung

Süßstoffe

Liebe Schülerinnen und Schüler,

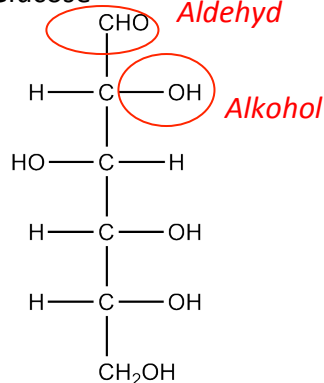
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

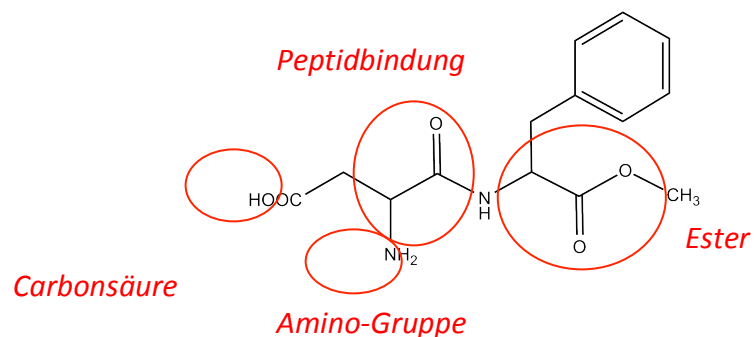
Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!

a) Glucose



b) Aspartam:



/4

Aufgabe 2: Ergänze den folgenden Text!

a) Fehling-Probe:

Bei Zugabe der Lösung der hellblauen *Fehlingschen Lösung I* (Kupfersulfat) zur farblosen *Fehlingschen Lösung II* (Tatratlösung) entsteht ein tiefblauer Kupfer-II-Komplex. Aldehyde^{1/2} sind in der Lage, das Kupfer zu reduzieren, so dass sich rot-braunes^{1/2} Kupfer-I-oxid bildet. Unter Erwärmung verläuft die Reaktion schneller^{1/2}.

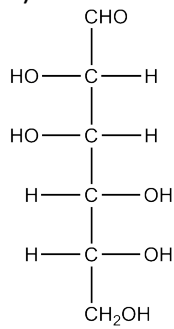
b) Ninhydrin-Nachweis

Ninhydrin ist ein Nachweisreagenz für Aminosäuren und Oligopeptide. *Ninhydrin* selbst ist ein farbloser Stoff. Durch Erhitzen wird *Ninhydrin* in Anwesenheit von Oligopeptide^{1/2} zu einem lila Farbstoff reduziert.

/2

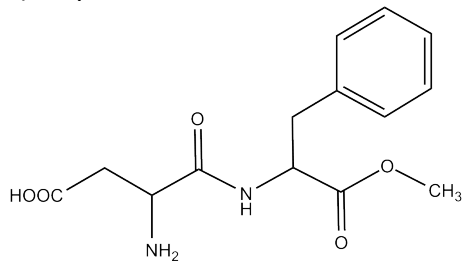
Aufgabe 3: Ordne folgende Stoffe in die Kategorien Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe ein!

a) Mannose



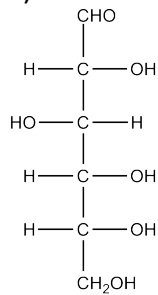
Zucker^{1/4}

c) Aspartam



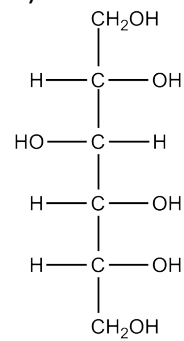
Süßstoff^{1/4}

e) Glucose



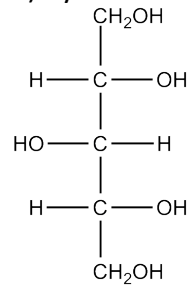
Zucker^{1/4}

b) Sorbit



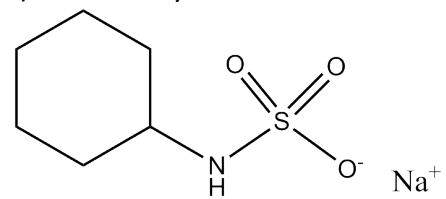
Zuckeraustauschstoff^{1/4}

d) Xylit



Zuckeraustauschstoff^{1/4}

f) Natrium-Cyclamat



Süßstoff^{1/4}

/1,5

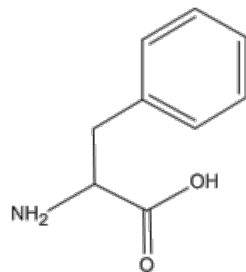
Aufgabe 4: Eine Methode zur Bestimmung der Molaren Masse ist die Gefrierpunktserniedrigung. Beschreibe wie man die Gefrierpunktserniedrigung experimentell messen kann!

Stoff, dessen molare Masse gesucht ist, wird in Wasser gelöst. Diese wird (mit einer Kältemischung) so lange abgekühlt, bis die Lösung gefriert. Die Temperatur wird notiert und in die Gleichung eingesetzt.

/5,5

Aufgabe 5:

Lukas liest auf der Verpackung seiner Cola Flasche „Enthält eine Phenylalaninquelle“. Allerdings ist unter den angegebenen Zutaten kein Phenylalanin zu finden. Zur Erinnerung die Strukturformel von Phenylalanin:



Kalorienames koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln
Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma. ...
 *** enthält eine Phenylalaninquelle

Durchschnittliche Nährwerte		
	Pro 100 ml	1 Glas (250 ml)
Brennwert	2 kJ / 0,4 kcal	5 kJ / 1 kcal
Eiweiß	< 0,1 g	< 0,1 g
Kohlenhydrate	0,1 g	0,3 g
davon Zucker	< 0,1 g	< 0,1 g
Fett	< 0,1 g	< 0,1 g
davon gesättigte Fettsäuren	< 0,1 g	< 0,1 g
Ballaststoffe	< 0,1 g	< 0,1 g
Natrium	0,003 g	0,008 g

1 Glas (250 ml) Cola Light enthält

Brennwert	Zucker	Fett	gesättigte Fettsäuren	Natrium
1 kcal	<0,1 g	<0,1 g	<0,1 g	0,008 g
<1%	<1%	<1%	<1%	<1%

% des Richtwertes für die Tageszufuhr (GDA)**
 **Guideline Daily Amount (GDA). Die deklarierten Werte basieren auf einer Ernährung von täglich 2000 kcal (Quelle: CAA).

a) Erkläre, weshalb unter den Zutaten kein Phenylalanin angegeben ist, der Aufdruck „enthält eine Phenylalaninquelle“ trotzdem korrekt ist!

Aspartam zerfällt zu L-Phenylalanin und L-Asparaginsäure.

/2

b) Beschreibe kurz ein Experiment, mit dem man experimentell nachweisen kann, dass eine Phenylalaninquelle enthalten ist!

Hydrolyse des Aspartams (erhitzen unter Säurezugabe). Eine anschließende DC zeigt, dass Aspartam sich in

L-Phenylalanin und L-Asparaginsäure zersetzt hat.

/2

Aufgabe 6: Entscheide, ob die Aussagen richtig oder falsch sind!

richtig	falsch	
X ^{1/2}		Natrium-Cyclamat lässt sich nachweisen, indem man mit konzentrierter Salzsäure ansäuert und die Lösung mit Natriumnitrit versetzt.
	X ^{1/2}	Bei Zugabe von Fehling Reagenz I und II zu einer Carbonsäure entsteht ein grüner Farbkomplex.
	X ^{1/2}	Natrium-Cyclamat enthält Phenylalanin.
X ^{1/2}		Aspartam enthält Phenylalanin.
X ^{1/2}		Alkohole lassen sich mithilfe von Oxidationsmitteln wie Kaliumpermanganat (KMnO ₄) oxidieren.
X ^{1/2}		Xylit ist ein Polyalkohol, welcher aus Holz (Xylose = Holzzucker) hergestellt werden kann.

/3

Anhang 38: 9.7 Nachtest 2 Süßstoffe

Süßstoffe

Liebe Schülerinnen und Schüler,

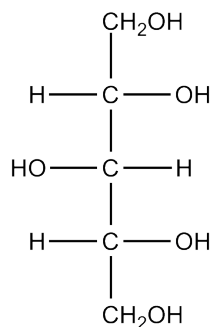
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

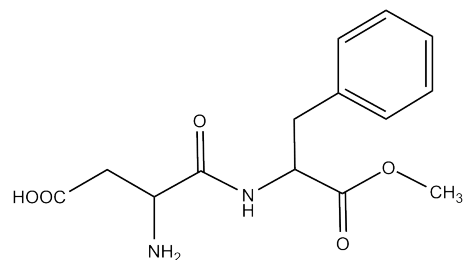
Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!

a) Xlilit



b) Aspartam:



Aufgabe 2: Ergänze den folgenden Text:

a) Cyclamat-Nachweis

Manche Stoffe in der organischen Chemie enthalten *Sulfaminsäure-Gruppen*. Diese lassen sich in Stickstoff (N_2) und Sulfat (SO_4^{2-}) spalten.

Hierzu verwendet man Natriumnitrit (NaNO_2) und wenige Tropfen konzentrierter Salzsäure (HCl)

Der frei werdende Stickstoff kann als _____ beobachtet werden. Das entstandene Sulfat lässt sich mithilfe von Bariumchlorid (BaCl_2) nachweisen, da BaSO_4 als _____ Niederschlag ausfällt.

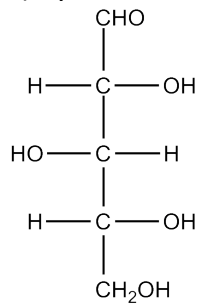
b) Fehling-Probe:

Bei Zugabe der Lösung der hellblauen *Fehlingschen Lösung I (Kupfersulfat)* zur farblosen *Fehlingschen Lösung II (Tatratlösung)* entsteht ein tiefblauer Kupfer-II-Komplex.

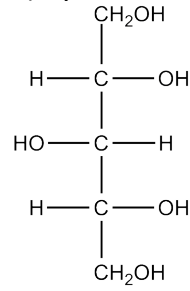
_____ sind in der Lage, das Kupfer zu reduzieren, so dass sich _____ Kupfer-I-oxid bildet. Unter Erwärmung verläuft die Reaktion _____.

Aufgabe 3: Ordne folgende Stoffe in die Kategorien Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe ein!

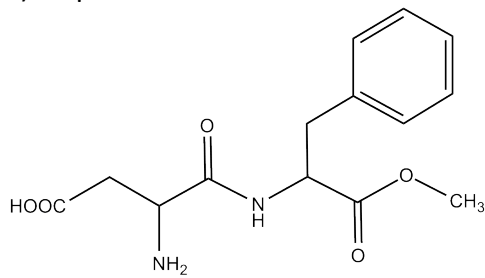
a) Xylose



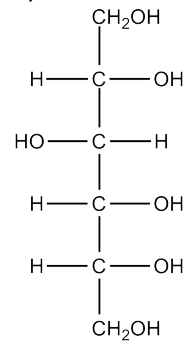
b) Xylit



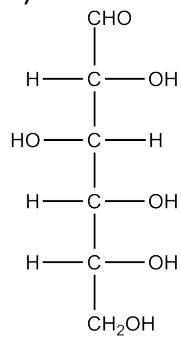
c) Aspartam



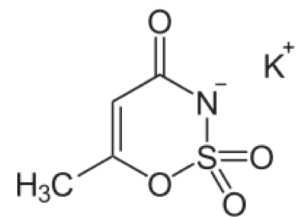
d) Sorbit



e) Glucose



f) Acesulfam



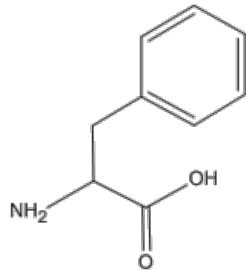
Aufgabe 3: Entscheide, ob die Aussagen richtig oder falsch sind!

richtig	falsch	
		Eine Methode zur Bestimmung der Molaren Masse ist die Gefrierpunktserniedrigung.
		Bei Zugabe von Kaliumpermanganat (KMnO ₄) reagieren die Süßstoffe Aspartam und Natrium-Cyclamat.
		Acesulfam enthält Phenylalanin.
		Aspartam enthält Phenylalanin.
		Xylit kommt in Kaugummis vor, weil es zahnfreundlich ist und den Aufbau des Zahnschmelzes unterstützt
		Xylit ist ein Polyalkohol, welcher aus Holz (Xylose = Holzzucker) hergestellt werden kann.

Aufgabe 5:

Lukas liest auf der Verpackung seiner Cola Flasche „Enthält eine Phenylalaninquelle“. Allerdings ist unter den angegebenen Zutaten kein Phenylalanin zu finden.

Zur Erinnerung die Strukturformel von Phenylalanin:



Kalorienarmes koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln
Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma. . .
 *** enthält eine Phenylalaninquelle

Durchschnittliche Nährwerte		
	Pro 100 ml	1 Glas (250 ml)
Brennwert	2 kJ / 0,4 kcal	5 kJ / 1 kcal
Eiweiß	< 0,1 g	< 0,1 g
Kohlenhydrate	0,1 g	0,3 g
davon Zucker	< 0,1 g	< 0,1 g
Fett	< 0,1 g	< 0,1 g
davon gesättigte Fettsäuren	< 0,1 g	< 0,1 g
Ballaststoffe	< 0,1 g	< 0,1 g
Natrium	0,003 g	0,008 g

1 Glas (250 ml) Cola Light enthält

Brennwert	Zucker	Fett	gesättigte Fettsäuren	Natrium
1 kcal	<0,1 g	<0,1 g	<0,1 g	0,008 g
<1%	<1%	<1%	<1%	<1%

% des Richtwertes für die Tageszufuhr (GDA)**
 **Guideline Daily Amount (GDA). Die deklarierten Werte basieren auf einer Ernährung von täglich 2000 kcal (Quelle: CIAA).

a) Erkläre, weshalb unter den Zutaten kein Phenylalanin angegeben ist, der Ausdruck „enthält eine Phenylalaninquelle“ trotzdem korrekt ist!

Aufgabe 6: Erkläre den Unterschied zwischen Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen!

Anhang 39: 9.8 Nachtest 2 Süßstoffe Musterlösung

Süßstoffe

Liebe Schülerinnen und Schüler,

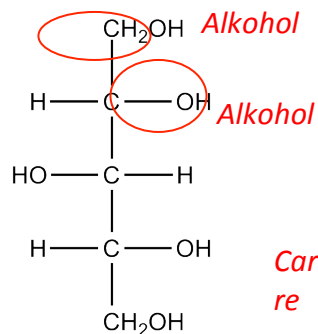
aus Gründen der Datensicherheit möchten wir euch bitten, ALLE ausgefüllten Blätter mit einem individuellen anonymen Zuordnungscode zu versehen.

Gebt dazu den ersten und dritten Buchstaben des Vornamens eurer Mutter und die Tageszahl aus dem Geburtsdatum an (z.B. Luise Müller, 14.01.1948: LI14)!

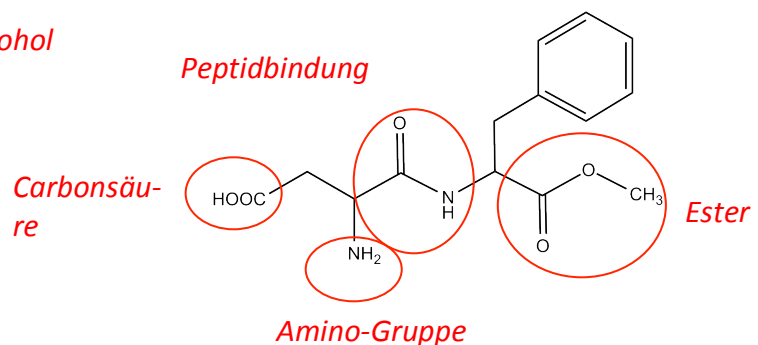
Zuordnungscode: _____

Aufgabe 1: Umkreise und benenne alle funktionellen Gruppen!

a) Xlilit



b) Aspartam:



/4

Aufgabe 2: Ergänze den folgenden Text:

a) Cyclamat-Nachweis

Manche Stoffe in der organischen Chemie enthalten *Sulfaminsäure-Gruppen*. Diese lassen sich in Stickstoff (N_2) und Sulfat (SO_4^{2-}) spalten.

Hierzu verwendet man Natriumnitrit (NaNO_2) und wenige Tropfen konzentrierter Salzsäure (HCl)

Der frei werdende Stickstoff kann als Gasentwicklung¹ beobachtet werden.

Das entstandene Sulfat lässt sich mithilfe von Bariumchlorid (BaCl_2) nachweisen, da BaSO_4 als weißer¹ Niederschlag ausfällt.

/2

b) Fehling-Probe:

Bei Zugabe der Lösung der hellblauen *Fehlingschen Lösung I (Kupfersulfat)* zur farblosen *Fehlingschen*

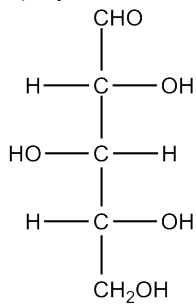
Lösung II (Tartatlösung) entsteht ein tiefblauer Kupfer-II-Komplex. Aldehyde¹ sind in der Lage, das Kupfer zu reduzieren, so dass sich rot-braunes¹ Kupfer-I-oxid bildet.

Unter Erwärmung verläuft die Reaktion schneller¹.

/3

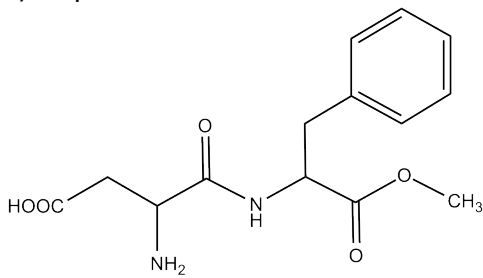
Aufgabe 3: Ordne folgende Stoffe in die Kategorien Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe ein!

a) Xylose



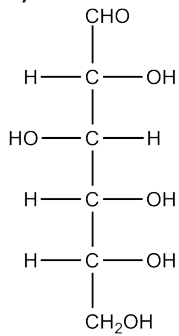
Zucker^{1/2}

c) Aspartam



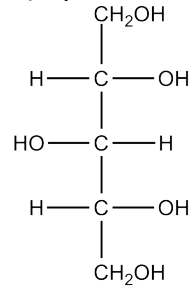
Süßstoff^{1/2}

e) Glucose



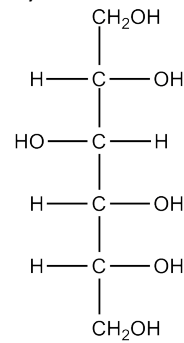
Zucker^{1/2}

b) Xylit



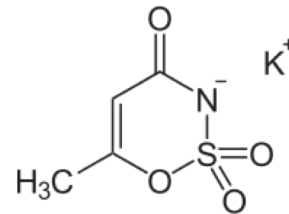
Zuckeraustauschstoff^{1/2}

d) Sorbit



Zuckeraustauschstoff^{1/2}

f) Acesulfam



Süßstoff^{1/2}

/3

Aufgabe 3: Entscheide, ob die Aussagen richtig oder falsch sind!

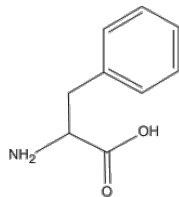
richtig	falsch	
X ^{1/2}		Eine Methode zur Bestimmung der Molaren Masse ist die Gefrierpunktserniedrigung.
	X ^{1/2}	Bei Zugabe von Kaliumpermanganat (KMnO ₄) reagieren die Süßstoffe Aspartam und Natrium-Cyclamat.
	X ^{1/2}	Acesulfam enthält Phenylalanin.
X ^{1/2}		Aspartam enthält Phenylalanin.
X ^{1/2}		Xylit kommt in Kaugummis vor, weil es zahnfreundlich ist und den Aufbau des Zahnschmelzes unterstützt
X ^{1/2}		Xylit ist ein Polyalkohol, welcher aus Holz (Xylose = Holzzucker) hergestellt werden kann.

/3

Aufgabe 5:

Lukas liest auf der Verpackung seiner Cola Flasche „Enthält eine Phenylalaninquelle“. Allerdings ist unter den angegebenen Zutaten kein Phenylalanin zu finden.

Zur Erinnerung die Strukturformel von Phenylalanin:



Kalorienarmes koffeinhaltiges Erfrischungsgetränk mit Süßungsmitteln
 Zutaten: Wasser, Kohlensäure, Farbstoff: E 150d; Säuerungsmittel: Phosphorsäure und Citronensäure; Süßstoffe: Natriumcyclamat, Aspartam*** und Acesulfam-K; Aroma: Koffein; natürliches Aroma...
 *** enthält eine Phenylalaninquelle

Durchschnittliche Nährwerte		
	Pro 100 ml	1 Glas (250 ml)
Brennwert	2 kJ / 0,4 kcal	5 kJ / 1 kcal
Eiweiß	< 0,1 g	< 0,1 g
Kohlenhydrate	0,1 g	0,3 g
davon Zucker	< 0,1 g	< 0,1 g
Fett	< 0,1 g	< 0,1 g
davon gesättigte Fettsäuren	< 0,1 g	< 0,1 g
Ballaststoffe	< 0,1 g	< 0,1 g
Natrium	0,003 g	0,008 g

1 Glas (250 ml) Cola Light enthält				
Brennwert	Zucker	Fett	gesättigte Fettsäuren	Natrium
1 kcal	< 0,1 g	< 0,1 g	< 0,1 g	0,008 g
< 1%	< 1%	< 1%	< 1%	< 1%

% des Richtwertes für die Tageszufuhr (GDA)**
 **Guideline Daily Amount (GDA). Die deklarierten Werte basieren auf einer Ernährung von täglich 2000 kcal (Quelle: CMA).

Erkläre, weshalb unter den Zutaten kein Phenylalanin angegeben ist, der Aufdruck „enthält eine Phenylalaninquelle“ trotzdem korrekt ist!

Aspartam zerfällt zu L-Phenylalanin und L-Asparaginsäure.

/2

Aufgabe 6: Erkläre den Unterschied zwischen Zuckeraustauschstoffen und Süßstoffen!

Zuckeraustauschstoffe kommen in der Natur vor²

Süßstoffe sind künstlich, synthetisch hergestellte Süßungsmittel²

/2

Anhang 40: 9.9 Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation

Deskriptive Statistiken zur aktuellen Gesamtmotivation

Deskriptive Statistiken					
	Geschlecht	Schule	M	SD	H
FAM Vortest	Jungen	CvM	5,181	,8491	15
		AMG	5,409	,6741	22
		GaS	5,217	,5963	19
		Leibniz	5,190	1,0176	15
		Gesamtsumme	5,263	,7674	71
	Mädchen	CvM	4,714	,9031	14
		AMG	4,931	,4930	8
		GaS	5,264	,4502	13
		Leibniz	5,443	,6571	10
		Gesamtsumme	5,073	,7139	45
	Gesamtsumme	CvM	4,955	,8918	29
		AMG	5,282	,6588	30
		GaS	5,236	,5343	32
		Leibniz	5,291	,8842	25
		Gesamtsumme	5,190	,7497	116
FAM Nachtest	Jungen	CvM	5,0486	1,08240	15
		AMG	4,7766	1,06807	22
		GaS	4,9532	,54189	19
		Leibniz	5,1135	,66547	15
		Gesamtsumme	4,9525	,87057	71
	Mädchen	CvM	4,6940	,75782	14
		AMG	4,3125	,72614	8
		GaS	4,8172	,68377	13
		Leibniz	5,3533	,54394	10
		Gesamtsumme	4,8083	,74697	45
	Gesamtsumme	CvM	4,8774	,94072	29
		AMG	4,6528	,99846	30
		GaS	4,8980	,59673	32
		Leibniz	5,2094	,61939	25
		Gesamtsumme	4,8966	,82449	116

Anhang 41: 9.10 Deskriptive Statistiken zu Erfolgserwartung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Erfolgserwartung

Deskriptive Statistiken					
	Geschlecht	Schule	M	SD	H
FAM Vortest	Jungen	CvM	5,683	1,0668	15
		AMG	5,318	1,1317	22
		GaS	5,408	,8342	19
		Leibniz	5,433	1,4157	15
		Gesamtsumme	5,444	1,0997	71
	Mädchen	CvM	4,732	1,1988	14
		AMG	5,344	1,2883	8
		GaS	5,846	,5056	13
		Leibniz	6,025	,8616	10
		Gesamtsumme	5,450	1,0944	45
	Gesamtsumme	CvM	5,224	1,2126	29
		AMG	5,325	1,1525	30
		GaS	5,586	,7422	32
		Leibniz	5,670	1,2390	25
		Gesamtsumme	5,446	1,0929	116
FAM Nachtest	Jungen	CvM	5,4944	1,57752	15
		AMG	4,9432	1,47788	22
		GaS	5,9079	,79149	19
		Leibniz	5,8167	1,01536	15
		Gesamtsumme	5,5023	1,29781	71
	Mädchen	CvM	5,0893	,85826	14
		AMG	4,6875	1,50446	8
		GaS	5,8462	,63359	13
		Leibniz	6,3750	,51707	10
		Gesamtsumme	5,5222	1,06042	45
	Gesamtsumme	CvM	5,2989	1,27622	29
		AMG	4,8750	1,46327	30
		GaS	5,8828	,72118	32
		Leibniz	6,0400	,88294	25
		Gesamtsumme	5,5101	1,20647	116

Anhang 42: 9.11 Deskriptive Statistiken zu Interesse

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Interesse

Deskriptive Statistiken						
	Geschlecht	Schule	M	SD	H	
FAM Vortest	Jungen	CvM	4,133	1,8074	15	
		AMG	5,364	1,3988	22	
		GaS	4,889	1,2314	18	
		Leibniz	4,867	1,8465	15	
		Gesamtsumme	4,871	1,5873	70	
	Mädchen	CvM	4,214	1,8472	14	
		AMG	2,000	1,0690	8	
		GaS	3,154	1,7723	13	
		Leibniz	4,200	1,6865	10	
		Gesamtsumme	3,511	1,8293	45	
	Gesamtsumme	CvM	4,172	1,7942	29	
		AMG	4,467	1,9954	30	
		GaS	4,161	1,6950	31	
		Leibniz	4,600	1,7795	25	
		Gesamtsumme	4,339	1,8059	115	
	FAM Nachtest	Jungen	CvM	4,1333	1,55226	15
			AMG	4,2364	1,28676	22
			GaS	4,1778	1,38545	18
			Leibniz	4,7800	1,55021	15
Gesamtsumme			4,3157	1,41929	70	
Mädchen		CvM	4,1607	1,54474	14	
		AMG	3,2750	1,10551	8	
		GaS	3,8615	1,53706	13	
		Leibniz	4,5250	,96645	10	
		Gesamtsumme	3,9978	1,38092	45	
Gesamtsumme		CvM	4,1466	1,52080	29	
		AMG	3,9800	1,29652	30	
		GaS	4,0452	1,43454	31	
		Leibniz	4,6780	1,32979	25	
		Gesamtsumme	4,1913	1,40696	115	

Anhang 43: 9.12 Deskriptive Statistiken zu Herausforderung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Herausforderung

Deskriptive Statistiken						
	Geschlecht	Schule	M	SD	H	
FAM Vortest	Jungen	CvM	4,328	1,2648	15	
		AMG	5,011	,8109	22	
		GaS	4,697	,9264	19	
		Leibniz	4,517	,9086	15	
		Gesamtsumme	4,678	,9848	71	
	Mädchen	CvM	4,893	,9693	14	
		AMG	4,219	,4713	8	
		GaS	4,500	1,0052	13	
		Leibniz	4,600	,7746	10	
		Gesamtsumme	4,594	,8763	45	
	Gesamtsumme	CvM	4,601	1,1483	29	
		AMG	4,800	,8105	30	
		GaS	4,617	,9482	32	
		Leibniz	4,550	,8416	25	
		Gesamtsumme	4,646	,9412	116	
	FAM Nachtest	Jungen	CvM	4,3611	1,41339	15
			AMG	4,2197	,99321	22
			GaS	3,9342	1,30927	19
			Leibniz	4,0667	1,31090	15
Gesamtsumme			4,1408	1,22682	71	
Mädchen		CvM	4,1607	,88582	14	
		AMG	3,6563	,51647	8	
		GaS	3,8462	1,15713	13	
		Leibniz	4,5750	1,03448	10	
		Gesamtsumme	4,0722	,98226	45	
Gesamtsumme		CvM	4,2644	1,17198	29	
		AMG	4,0694	,91812	30	
		GaS	3,8984	1,23108	32	
		Leibniz	4,2700	1,21175	25	
		Gesamtsumme	4,1142	1,13420	116	

Anhang 44: 9.13 Deskriptive Statistiken zu Misserfolgsbefürchtung

Deskriptive Statistiken zum FAM-Faktor Misserfolgsbefürchtung

Deskriptive Statistiken					
	Geschlecht	Schule	M	SD	H
FAM Vortest	Jungen	CvM	5,667	1,5150	15
		AMG	5,809	1,1456	22
		GaS	5,526	1,0115	19
		Leibniz	5,600	1,5119	15
		Gesamtsumme	5,659	1,2592	71
	Mädchen	CvM	4,657	1,0029	14
		AMG	5,788	,8149	8
		GaS	5,831	,5154	13
		Leibniz	5,900	,9201	10
		Gesamtsumme	5,473	,9785	45
	Gesamtsumme	CvM	5,179	1,3704	29
		AMG	5,803	1,0539	30
		GaS	5,650	,8485	32
		Leibniz	5,720	1,2936	25
		Gesamtsumme	5,587	1,1575	116
FAM Nachtest	Jungen	CvM	6,2000	,95525	15
		AMG	5,5909	1,57840	22
		GaS	5,8816	1,22295	19
		Leibniz	5,5833	1,05926	15
		Gesamtsumme	5,7958	1,26442	71
	Mädchen	CvM	5,3750	,98912	14
		AMG	5,6563	1,16449	8
		GaS	5,7244	,94366	13
		Leibniz	5,9000	,88349	10
		Gesamtsumme	5,6426	,97322	45
	Gesamtsumme	CvM	5,8017	1,04236	29
		AMG	5,6083	1,46022	30
		GaS	5,8177	1,10421	32
		Leibniz	5,7100	,98605	25
		Gesamtsumme	5,7364	1,15809	116

Anhang 45: 9.14 Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

Deskriptive Statistiken zu Wissenserwerb Zucker, Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

Testzeitpunkt	Gruppe	Schule	Geschlecht	Mittelwert	SD	H
Wissens-Vortest	VSG	CvM	Männlich	10,417	12,9547	4
			weiblich	12,500	8,6258	8
			Gesamtsumme	11,806	9,7042	12
		AMG	Männlich	17,361	3,1366	6
			weiblich	20,000	7,4536	5
			Gesamtsumme	18,561	5,3889	11
		GaS	Männlich	17,857	9,8349	7
			weiblich	7,639	8,9041	6
			Gesamtsumme	13,141	10,4646	13
		Leibniz	Männlich	11,111	8,1325	15
			weiblich	17,130	4,8611	9
			Gesamtsumme	13,368	7,5720	24
		Gesamtsumme	Männlich	13,672	8,8061	32
			weiblich	14,286	8,2891	28
			Gesamtsumme	13,958	8,5020	60
	VGG	CvM	Männlich	9,167	10,9008	10
			weiblich	26,389	30,2383	6
			Gesamtsumme	15,625	21,2187	16
		AMG	Männlich	22,348	6,2563	11
			weiblich	31,250	14,7314	2
			Gesamtsumme	23,718	7,8662	13
		GaS	Männlich	8,796	7,3493	9
			weiblich	6,944	5,6928	6
			Gesamtsumme	8,056	6,5818	15
		Leibniz	Männlich	4,167	5,1031	5
			weiblich	6,250	5,8926	8
			Gesamtsumme	5,449	5,4816	13
		Gesamtsumme	Männlich	12,500	10,3552	35
			weiblich	14,205	18,8833	22
			Gesamtsumme	13,158	14,1252	57
Gesamtsumme	CvM	Männlich	9,524	11,0153	14	
		weiblich	18,452	21,0384	14	
		Gesamtsumme	13,988	17,0938	28	
	AMG	Männlich	20,588	5,7942	17	
		weiblich	23,214	10,1656	7	
		Gesamtsumme	21,354	7,1972	24	
	GaS	Männlich	12,760	9,4365	16	
		weiblich	7,292	7,1344	12	
		Gesamtsumme	10,417	8,8206	28	
	Leibniz	Männlich	9,375	7,9833	20	
		weiblich	12,010	7,6380	17	
		Gesamtsumme	10,586	7,8318	37	
	Gesamtsumme	Männlich	13,060	9,5923	67	
		weiblich	14,250	13,8088	50	
		Gesamtsumme	13,568	11,5433	117	
Wissens-Nachtest 1	VSG	CvM	Männlich	76,250	22,1265	4
			weiblich	87,188	17,8004	8
			Gesamtsumme	83,542	19,0829	12
	AMG	Männlich	72,083	19,9635	6	
		weiblich	75,500	9,7868	5	
		Gesamtsumme	73,636	15,5167	11	
	GaS	Männlich	82,857	17,0434	7	
		weiblich	88,750	9,3207	6	
		Gesamtsumme	85,577	13,8125	13	
	Leibniz	Männlich	86,500	19,7936	15	
		weiblich	92,500	14,3614	9	

		Gesamtsumme	88,750	17,8612	24
	Gesamtsumme	Männlich	81,719	19,4422	32
		weiblich	87,143	14,4492	28
		Gesamtsumme	84,250	17,3666	60
VGG	CvM	Männlich	29,250	12,2503	10
		weiblich	27,083	16,1568	6
		Gesamtsumme	28,437	13,3502	16
	AMG	Männlich	28,977	10,3050	11
		weiblich	21,875	9,7227	2
		Gesamtsumme	27,885	10,1728	13
	GaS	Männlich	37,222	11,2114	9
		weiblich	34,167	19,0832	6
		Gesamtsumme	36,000	14,2929	15
	Leibniz	Männlich	24,000	5,7554	5
		weiblich	33,125	9,9777	8
		Gesamtsumme	29,615	9,5113	13
	Gesamtsumme	Männlich	30,464	11,1271	35
		weiblich	30,739	14,2609	22
		Gesamtsumme	30,570	12,3067	57
Gesamt summe	CvM	Männlich	42,679	26,5023	14
		weiblich	61,429	34,9823	14
		Gesamtsumme	52,054	31,9146	28
	AMG	Männlich	44,191	25,3335	17
		weiblich	60,179	27,6457	7
		Gesamtsumme	48,854	26,4753	24
	GaS	Männlich	57,188	27,0166	16
		weiblich	61,458	31,8993	12
		Gesamtsumme	59,018	28,7175	28
	Leibniz	Männlich	70,875	32,6593	20
		weiblich	64,559	32,8614	17
		Gesamtsumme	67,973	32,4510	37
	Gesamtsumme	Männlich	54,944	30,1114	67
		weiblich	62,325	31,6560	50
		Gesamtsumme	58,098	30,8647	117
	VSG	CvM	69,737	19,2783	4
		weiblich	77,303	8,0729	8
		Gesamtsumme	74,781	12,5183	12
	AMG	Männlich	70,614	13,8669	6
		weiblich	73,684	7,4432	5
		Gesamtsumme	72,010	10,9944	11
	GaS	Männlich	86,090	10,7126	7
		weiblich	79,825	11,1234	6
		Gesamtsumme	83,198	10,9318	13
	Leibniz	Männlich	77,368	14,3381	15
		weiblich	80,994	11,6042	9
		Gesamtsumme	78,728	13,2358	24
	Gesamtsumme	Männlich	77,056	14,6784	32
		weiblich	78,383	9,7511	28
		Gesamtsumme	77,675	12,5365	60
Wissens-Nachtest 2	VGG	CvM	81,842	15,8114	10
		weiblich	83,772	15,6500	6
		Gesamtsumme	82,566	15,2503	16
	AMG	Männlich	74,163	11,2771	11
		weiblich	71,053	11,1648	2
		Gesamtsumme	73,684	10,8503	13
	GaS	Männlich	80,994	8,7059	9
		weiblich	72,368	12,4271	6
		Gesamtsumme	77,544	10,8442	15
	Leibniz	Männlich	48,421	3,9910	5
		weiblich	55,921	12,7182	8
		Gesamtsumme	53,036	10,6812	13
	Gesamtsumme	Männlich	74,436	15,8226	35
		weiblich	69,378	16,9098	22
		Gesamtsumme	72,484	16,2911	57

Gesamt- summe	CvM	Männlich	78,383	17,0602	14
		weiblich	80,075	11,8461	14
		Gesamtsumme	79,229	14,4376	28
	AMG	Männlich	72,910	11,9427	17
		weiblich	72,932	7,7045	7
		Gesamtsumme	72,917	10,7100	24
	GaS	Männlich	83,224	9,6511	16
		weiblich	76,096	11,8996	12
		Gesamtsumme	80,169	11,0606	28
	Leibniz	Männlich	70,132	17,8946	20
		weiblich	69,195	17,4501	17
		Gesamtsumme	69,701	17,4517	37
	Gesamtsumme	Männlich	75,687	15,2285	67
		weiblich	74,421	13,9761	50
		Gesamtsumme	75,146	14,6579	117

16. Publikationen

17.1 Publikationen

- Siol, A., Huwer, J., Fey, S., Garner, N., & Eilks, I. (2015). Grüne Synthesen in der organischen Chemie. In I. Eilks & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor (Arbeitstitel)*: Aulis. – in Vorbereitung.
- Huwer, J., Seel, M., Philippi, F., & Hempelmann, R. (2015). Wasserreinigung - der lange Weg zum sauberen Wasser. In I. Eilks, A. Siol, & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor* Köln: Aulis - in Vorbereitung.
- Huwer, J., Garner, N., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015 - im Druck). Energie aus nachwachsenden Rohstoffen - Biokraftstoffe der ersten und der zweiten Generation. In I. Eilks & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor (Arbeitstitel)*: Aulis. - in Vorbereitung.
- Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015). Abbaubare Biokunststoffe. In I. Eilks, A. Siol, & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor* Köln: Aulis. - in Vorbereitung.
- Garner, N., Huwer, J., Lischke, L., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015 - im Druck). Reinhaltung und Reinigung von Luft. In I. Eilks & R. Hempelmann (Eds.), *Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor (Arbeitstitel)*: Aulis. - in Vorbereitung.
- Garner, N., Huwer, J., Siol, A., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2015). On the development of non-formal learning environments for secondary school students focusing sustainability and Green Chemistry. In V. Gomes Zuin & L. Mammino (Eds.), *Worldwide trends in green chemistry education*. Cambridge: RSC. – im Druck
- Huwer, J., Hempelmann, R., & Brünken, R. (2014). Nachhaltigkeit und Chemie: Forschendes Experimentieren im Naturwissenschaftsunterricht der Klassenstufe 5 – Eine Studie über Kognition und aktuelle Motivation In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Münster: Lit. - im Druck
- Seel, M., Huwer, J., Fey, S., Munnia, A., Hempelmann, R., Garner, N., Siol, A. & Eilks, I. (2014). Nachhaltige Chemie in Schülerlaboren NanoBioLab und FreiEx. In P. Bellendorf, A. Bittner, V. Exner, F. Gruber, U. Peters, T. Pyhel, U. (Ed.), *Nachhaltigkeit gestalten – Neue Trends in der Umweltkommunikation*. (pp. 340-342) München: OEKOM-Verlag.
- Garner, N., Siol, A., Huwer, J., Hempelmann, R., & Eilks, I. (2014). Sustainability and chemistry in non-formal student laboratories: A project to support learning about sustainability. In I. Eilks & B. Ralle (Eds.), *Science education research and Education for Sustainable Development* (pp. 199-208). Aachen: Shaker.

Poppe, N., Siol, A., Markic, S., Eilks, I., Huwer, J., Thöming, J., Zehren, W., Munnia, A. & Hempelmann, R. (2013). Chemie und Nachhaltigkeit Entwicklung neuer experimenteller Angebote für Schülerinnen und Schüler in den Schülerlaboren FreiEx in Bremen und NanoBioLab in Saarbrücken. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based learning - Forschendes Lernen* (pp. 716-718). Münster: Lit.

17.2 Poster

Huwer, J. (2014) **Nachhaltigkeit und Chemie: Forschendes Experimentieren in der Klassenstufe 5** auf der Jahrestagung Fach-Gruppe Chemieunterricht der GDCh, Bremen 15.-18. 09. 2014

Huwer, J., Hempelmann, R. (2014) **Nachhaltigkeit und Chemie im Schülerlabor, Forschendes Experimentieren in der Klassenstufe 5 – eine Studie über Kognition und Motivation** auf der Saarlab Jahrestagung in Saarbrücken, 30.04.2014

Huwer, J., Munnia, A., Hempelmann, R. (2014) **Das NanoBioLab** auf der Saarlab Jahrestagung in Saarbrücken, 30.04.2014

Huwer, J., Seel, M. Hempelmann, R. (2014) **Süßungsmittel im Schülerlabor – der süße Geschmack von Lifescience** auf der SaarLab Jahrestagung in Saarbrücken 30.04.2014

Huwer, J., Seel, M. Hempelmann, R. (2014) **Süßungsmittel im Schülerlabor – der süße Geschmack von Lifescience** auf der LeLa-Jahrestagung der Schülerlabore in Heidelberg 16-18.03.2014

Seel, M., Huwer, J., Munnia, A., Hempelmann, R. (2013) **Öle aus der Biosphärenregion Bliesgau** auf der GDCh-Wissenschaftsforum, Darmstadt 01.-04.09.2013

Huwer, J., Munnia, A., Hempelmann, R., Eilks, I., Poppe, N., Markic, S., Thöming, J., Siol, A. (2013) **Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor** auf der GDCh-Wissenschaftsforum, Darmstadt 01.-04.09.2013

Huwer, J., Grün, M. Hempelmann, R. (2013) **Bioenergie nachwachsender Rohstoffe – Thermodynamische Aspekte** auf der GDCh-Wissenschaftsforum, Darmstadt 01.-04.09.2013

Huwer, J., Munnia, A., Hempelmann, R., Eilks, I., Poppe, N., Markic, S., Thöming, J., Siol, A. (2013) **Nachhaltigkeit und Chemie in Schule und Schülerlabor** auf der LeLa-Jahrestagung der Schülerlabore in Bremen 11.03.2013

Huwer, J., Zehren, W., Hempelmann, R. (2013) **Brennwerte von Biokraftstoffen** auf der LeLa-Jahrestagung der Schülerlabore in Bremen 11.03.2013

Huwer, J., Hempelmann, R. (2013) **Lab2Venture bringt Unternehmergeist ins NanoBioLab** auf der SaarLab Jahrestagung in Saarbrücken 02.05.2013

Huwer, J., Seel, M., Hempelmann, R., Eilks, I., Poppe, N., Markic, S., Thöming, J., Siol, A. (2012) **Bioenergie und Omega-3-Fettsäuren** auf der SaarLab Jahrestagung in Saarbrücken 02.05.2013

Huwer, J., Zehren, W., Munnia, A. Hempelmann, R. (2012) **Das Team des NanoBioLab stellt sich vor** auf der Welt der Familie in Saarbrücken 08.-16.09.2012

Huwer, J., Zehren, W., Munnia, A. Hempelmann, R. (2012) **Lehramtsausbildung im NanoBioLab** auf der Welt der Familie in Saarbrücken 08.-16.09.2012

Huwer, J., Zehren, W., Munnia, A. Hempelmann, R. (2012) **Das Schülerlabor NanoBioLab** auf der Welt der Familie in Saarbrücken 08.-16.09.2012

17.3 Vorträge

Huwer, J. (2014) **Süßungsmittel im Schülerlabor – der süße Geschmack von Lifescience** auf der LeLa-Jahrestagung der Schülerlabore in Heidelberg 16-18.03.2014

Huwer, J. (2013) **Bioenergie nachwachs. Rohstoffe – Thermodynamische Aspekte** auf der GDCh-Wissenschaftsforum, Darmstadt 01.-04.09.2013

Huwer, J. (2013) **Brennwerte von Biokraftstoffen** auf der LeLa-Jahrestagung der Schülerlabore in Bremen 11.03.2013

17.4 Internetauftritte

www.nachhaltigkeit-schuelerlabor.de

17.5 Zeitungsartikel über das Projekt

04.02.2014 **Mit Experimenten auf der Spur von Chemie und Natur Fünftklässler des Homburger Christian-von-Mannlich-Gymnasiums untersuchen derzeit die Eigenschaften von Fett und Öl**
(Pfälzer Merkur)

04.02.2014 **Mit Experimenten auf der Spur von Chemie und Natur Fünftklässler des Homburger Christian-von-Mannlich-Gymnasiums untersuchen derzeit die Eigenschaften von Fett und Öl**
(Saarbrücker Zeitung)

30.01.2014 **Chemie-Unterricht mal anders Fünftklässler des Leibniz-Gymnasiums in St. Ingbert versuchten sich selbst als Forscher**
(Pfälzer Merkur)

- 30.01.2014 **Chemie-Unterricht mal anders Fünftklässler des Leibniz-Gymnasiums in St. Ingbert versuchten sich selbst als Forscher**
(Saarbrücker Zeitung)
- 31.12.2013 **Schüler am AMG durften experimentieren**
(Saarbrücker Zeitung)
- 12.11.2013 **NanoBioLab erhält UN Auszeichnung für Schülerexperimente zu nachhaltiger Chemie** (Pressemitteilung der Universität des Saarlandes)