

Ausbildung von Methodenkompetenz im Chemieunterricht

Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Unterrichtsmodulen zur Ausbildung von Kompetenzen im Umgang mit Texten und bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem Rat der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät der
Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Petra Bojko, geb. Tiedmann

geboren am 14.03.1974 in Meiningen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zum Stand der bildungspolitischen Diskussion in Deutschland	4
2.1	Theoretische Positionen und Ansätze in der bildungspolitischen Diskussion	5
2.1.1	Positionen fachdidaktischer Verbände nach TIMSS und PISA	5
2.1.2	Bildungsstandards	13
2.1.3	Das Kompetenzmodell des Thüringer Lehrplans	23
2.1.4	Scientific Literacy	30
2.2	Der Status Quo des Chemieunterrichts in Thüringen	39
2.2.1	Ergebnisse einer Lehrerbefragung im Jahr 2001	40
2.2.2	Ergebnisse einer Schülerbefragung in Thüringen	50
2.2.3	Analyse der Lehrpläne und Rahmenrichtlinien aller Bundesländer	60
2.3	Zusammenfassung	67
3	Ansätze und Ergebnisse chemiedidaktischer Forschung	70
3.1	Ansätze chemiedidaktischer Forschung	71
3.1.1	SINUS: BLK Modellversuch zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts	71
3.1.2	Chemie im Kontext	77
3.1.3	ParCIS	81
3.1.4	Wahldifferenzierter Unterricht	83
3.1.5	Weitere chemiedidaktische Ansätze im Überblick	87
3.2	Konsequenzen für die Konstruktion und Begleitung	91
4	Pilotstudie	96
4.1	Kriterien für die Konstruktion der Pilotstudie	96
4.2	Inhaltliche Schwerpunkte und methodische Struktur der Pilotstudie „Schüler lernen von Schülern am Thema Duft- und Aromastoffe“	97

4.3	Durchführung	104
4.4	Ergebnisse	110
4.4.1	Die Gruppenarbeitsphase	111
4.4.2	Die Stationsarbeit	114
4.4.3	Bewertung der Unterrichtseinheit durch die Schüler	115
4.4.4	Zusammenfassung	116
4.5	Konsequenzen für die Hauptstudie	117
5	Konstruktion der Unterrichtsmodule der Hauptstudie	121
5.1	Kriterien zur Konstruktion der Unterrichtsmodule der Hauptstudie	121
5.2	Modul 1: Verständnisintensives Lesen von Texten am Thema „Erdöl“	123
5.2.1	Unterrichtsinhalte und methodische Struktur	123
5.2.2	Die Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens: Konstruktion des Lernmaterials	126
5.3	Modul 2: Aufbereitung von Informationen am Thema „Alkohole“	133
5.3.1	Unterrichtsinhalte, Arbeitstechniken, Unterrichtsmethode	133
5.3.2	Phasen der Unterrichtseinheit und Arbeitsmaterial	136
5.4	Modul 3: Das naturwissenschaftliche Experiment am Thema „Konservierungsstoffe“	139
5.4.1	Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens beim Experimentieren	139
5.4.2	Unterrichtsinhalte	143
5.4.3	Methodische Struktur und Arbeitsmaterial	144
6	Exkurs: Empirisches Design der Untersuchung	152
6.1	Quantitative und qualitative Sozialforschung	153
6.2	Das Forschungsdesign	156
6.3	Forschungsinstrumente zur Datenerhebung	157
6.4	Datenaufbereitung und Auswertung	159
6.5	Empirische Begleitung der Erprobung	159
7	Auswertung der empirischen Daten	164
7.1	Modul 1: Verständnisintensives Lesen	164
7.1.1	Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials	165
7.1.2	Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls	170
7.1.3	Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews	176
7.1.4	Zusammenfassung	178
7.2	Modul 2: Aufbereitung von Informationen	179
7.2.1	Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials	179

7.2.2	Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls	190
7.2.3	Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews .	196
7.2.4	Zusammenfassung	202
7.3	Modul 3: Das naturwissenschaftliche Experiment	203
7.3.1	Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials	204
7.3.2	Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls	210
7.3.3	Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews .	215
7.3.4	Zusammenfassung	218
7.4	Analyse der abschließenden schriftlichen Befragung	220
7.4.1	Auswertung der Daten	220
7.4.2	Zusammenfassung	224
7.5	Analyse der Abschlussinterviews	225
8	Zusammenfassung und Ausblick	231

Abbildungsverzeichnis

2.1	Schematische Darstellung der Definition von <i>Scientific Literacy</i> nach SCHAEFER	35
2.2	Darstellung verschiedener Positionen zu <i>Scientific Literacy</i>	36
2.3	Schema zur Veranschaulichung des Begriffes <i>Scientific Literacy</i> nach GRÄBER, NENTWIG, NICOLSON im Überblick	37
2.4	Methodenkultur im Chemieunterricht aus Sicht der Schüler	54
2.5	Erinnerung an die Organische Chemie	57
2.6	Bewertung möglicher Inhalte der Organischen Chemie	58
3.1	Chemieunterricht in den Veröffentlichungen von SINUS	76
4.1	Methodische Struktur der Pilotstudie	98
4.2	Empirische Begleitung der Pilotstudie	101
4.3	Angaben der Schüler der Pilotgruppe zur Methodenkultur im Chemieunterricht	111
5.1	Methodische Struktur Modul 1	124
5.2	Methodische Struktur Modul 2	137
5.3	Methodische Struktur Modul 3	144
6.1	Überblick über die empirische Begleitung der Untersuchung	160
7.1	Auswertung der Arbeit mit Texten	166
7.2	Auswertung der Markierungen	167
7.3	Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 1	175
7.4	Angaben zur Anwendung des verständnisintensiven Lesens	176
7.5	Auswertung des Zettelmindmaps zu Methoden zur Aufbereitung von Informationen	181
7.6	Angaben zu Methoden zur Aufbereitung von Informationen nach Modul 2	193
7.7	Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 2	196
7.8	Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 3	214
7.9	Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach allen Modulen	224

Tabellenverzeichnis

2.1	Kompetenzbereiche des Thüringer Kompetenzmodells	25
2.2	Dimensionen der Reform nach Bybee	33
2.3	Bewertung verschiedener Unterrichtsfächer	51
2.4	Bewertung verschiedener Unterrichtsfächer – geschlechtsspezifisch . .	51
2.5	Mittelwerte der Bewertung verschiedener Fächer in Abhängigkeit von der Klassenstufe	52
2.6	Beliebtheit von Unterrichtsmethoden	52
2.7	Beliebtheit verschiedener Sozialformen	53
2.8	Häufigkeit von Unterrichtsmethoden	53
2.9	Beliebtheit von Inhalten	56
2.10	Korrelation der Beliebtheit des Chemieunterrichts mit der Bewertung von Inhalten	56
2.11	Interesse der Schüler – geschlechtsspezifisch	59
3.1	Inhaltliche Schwerpunkte von SINUS	72
3.2	Modulwahlverhalten in SINUS	75
4.1	Übersicht über die Gruppenarbeit, Gruppe 1 – 3	102
4.2	Übersicht über die Gruppenarbeit, Gruppe 4 – 6	103
4.3	Themenwahl in der Pilotstudie	105
4.4	Verlauf der Gruppenarbeitsphase	105
4.5	Produkte der Gruppenarbeit	108
4.6	Schwerpunkte für die Konstruktion der Hauptstudie	119
5.1	Inhalte der Gruppenarbeit in Modul 1	124
5.2	Inhaltliche und methodische Schwerpunkte der Unterrichtsmodule . .	135
6.1	Überblick über das auszuwertende Material	161
6.2	Schwerpunkte der schriftlichen Befragung	162
7.1	Auswertung der Notizen der Schüler	168
7.2	Veränderungen zum sonst üblichen Chemieunterricht	171
7.3	Positive Aspekte der Arbeit in Modul 1	172

7.4	Negative Aspekte der Arbeit in Modul 1	172
7.5	Was haben die Schüler ihrer Meinung nach gelernt?	173
7.6	Auswertung des Leseverhaltens der Schüler in Modul 2	180
7.7	Auswertung der Fließschemata	182
7.8	Auswertung der Diagramme und zugehörigen Erklärungen	183
7.9	Auswertung der Tonaufzeichnungen der Unterrichtsrunde	189
7.10	Positive Aspekte der Arbeit in Modul 2	191
7.11	Negative Aspekte der Arbeit in Modul 2	192
7.12	Veränderungswünsche für Modul 2	192
7.13	Nach Expertengruppen geordnete Angaben zu Methoden der Informationsaufbereitung	194
7.14	Erinnerungen der Schüler	197
7.15	Schülerantworten zu Veränderungen in ihrem Verhalten	198
7.16	Erinnerungen an Unterrichtsmethode	200
7.17	Auswertung der erstellten Protokolle	209
7.18	Positive Aspekte der Arbeit in Modul 3	211
7.19	Negative Aspekte der Arbeit in Modul 3	212
7.20	Veränderungswünsche für Modul 3	212
7.21	Bewertung des Arbeitsmaterials „Das naturwissenschaftliche Experiment“	212
7.22	Bewertung des Arbeitsmaterials „Das Protokoll“	214
7.23	Auswertung der Gruppeninterviews zu Modul 3	216
7.24	Auswertung der Erinnerungen zur Unterrichtsmethode	217
7.25	Erinnerungen an die Inhalte von Modul 3	218
7.26	Erinnerungen an die Unterrichtsmodule	221
7.27	Aussagen zur Schülerrolle	222
7.28	Gründe für die Bewertung des Unterrichts	222
7.29	Spontane Erinnerungen der Schüler an die Module	225

Materialien

5.1	Arbeitsauftrag für die Gruppenarbeit	125
5.2	Arbeitsauftrag zur Erarbeitung des Vortrages	125
5.3	Lesen von Texten	131
5.4	Markieren von Texten	132
5.5	Arbeitsauftrag für die selbständige Arbeit	137
5.6	Arbeitsauftrag zum Aufbereiten der Informationen	138
5.7	Arbeitsauftrag für die Unterrichtsrunde	140
5.8	Exkursionsauftrag	145
5.9	Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“	147
5.10	Vorlage Protokoll	148
5.11	Arbeitsauftrag zur Planung des Versuches	150

Kapitel 1

Einleitung

Wie kann Chemieunterricht gestaltet sein, in dem Schüler neben Fachwissen auch Arbeitstechniken und fachspezifische Denk- und Handlungsweisen kennen lernen? Wie lassen sich die in Bildungsstandards oder neuen Lehrplänen formulierten Ansprüche an zeitgemäßen Chemieunterricht umsetzen? Welche Rolle spielen offene Unterrichtsmethoden dabei und wie lernen Schüler in einem derart organisierten Unterricht?

Die Ergebnisse internationaler Schulleistungsstudien belegen, dass deutsche Schüler zwar in der Lage sind die im Ergebnis von Unterricht angehäuften Wissensbestände zu reproduzieren, aber Schwierigkeiten auftreten, wenn curriculares Wissen von Schülern problem- und situationsbezogen angewendet werden soll. Ebenso zeigen sich Defizite im Vermögen der Schüler, sich selbständig mit neuen Informationen auseinander zu setzen und diese zu verarbeiten – Fähigkeiten, die in einer modernen Wissensgesellschaft mehr denn je gefragt sind.

Im Ergebnis der aktuellen Diskussion um Bildungsqualität in Deutschland wurden Lehrpläne umgeschrieben und Bildungsstandards entwickelt. Die veränderten Ansprüche neuer Lehrpläne, die Einführung von Bildungsstandards sowie die damit verbundene Diskussion und Entwicklung von Kompetenzmodellen machen deutlich, dass ein Umdenken in der Gestaltung von Chemieunterricht dringend angezeigt ist: Neben der Vermittlung von Fachwissen müssen auch Arbeitsmethoden Bestandteil des Unterrichts werden. Durch den Unterricht müssen Lernsituationen geschaffen werden, in denen Schüler üben und lernen können, Wissen situationsbezogen anzuwenden und zu kommunizieren.

Somit ergeben sich auch neue Aufgabenfelder für fachdidaktische Entwicklungsarbeiten und chemiedidaktische Forschung. Bis heute liegen kaum empirisch fundierte Ergebnisse vor, durch die Unterricht beschrieben wird, dessen Ziel die Ausbildung von Kompetenzen über Fachkompetenz hinaus ist. Erste Ansatzpunkte dafür, Lernen auf der Grundlage von Kompetenzmodellen zu beschreiben, können fachdidaktische

Arbeiten liefern, die sowohl fachliche Inhalte als auch fachspezifische Lernmethoden im Blick haben.

Die vorliegende Arbeit zeigt einen Weg auf, wie die veränderten Ansprüche an Chemieunterricht in der Praxis umgesetzt werden können. Dazu wurden drei Unterrichtsmodule für den Chemieunterricht entwickelt, in denen die Erarbeitung chemischer Inhalte mit zum Teil fachspezifischen, zum Teil fachübergreifenden Arbeitstechniken verknüpft wird. Die Module wurden in jeweils zwei Lerngruppen erprobt, die praktische Durchführung mit entsprechenden empirischen Instrumenten begleitet und ausgewertet. Im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Begleitung stehen das Verhalten der Schüler und ihre Wahrnehmung des veränderten Unterrichts. Die Auswertung der Daten führt zu empirisch begründeten Erfahrungen, durch die beschrieben wird, wie Schüler in einem derart veränderten Chemieunterricht lernen.

In den einzelnen Kapiteln der Dissertationsschrift werden folgende Schwerpunkte diskutiert:

Kapitel 2 stellt zunächst den Stand der allgemeinen bildungspolitischen Diskussion um den Chemieunterricht in Deutschland dar und schildert die Positionen fachdidaktischer Verbände in Deutschland nach TIMSS und PISA. Die Konzeption und Bedeutung von Bildungsstandards wird diskutiert, wesentliche Positionen zum Verständnis von „Scientific Literacy“ überblicksmäßig dargestellt. In einem zweiten Teil wird ausgehend von empirischen Untersuchungen die Situation des Chemieunterrichts in Thüringen beschrieben. Am Ende des Kapitels werden Perspektiven für die Gestaltung eines zeitgemäßen Chemieunterrichts und Aufgabenfelder für fachdidaktische Forschung abgeleitet.

Kapitel 3 diskutiert aktuelle chemiedidaktische Ansätze, die an die geschilderte Situation anknüpfen und mit jeweils unterschiedlicher Schwerpunktsetzung versuchen, den veränderten Ansprüchen an Chemieunterricht und chemiedidaktische Forschung gerecht zu werden. Es werden jeweils Konzeption, Forschungsschwerpunkte und gegebenenfalls vorliegende Ergebnisse dargestellt. Abschließend werden Konsequenzen für das vorliegende Forschungsvorhaben abgeleitet.

Kapitel 4 dokumentiert die Konstruktion, Durchführung und Auswertung der Pilotstudie. Aus empirisch begründeten Erfahrungen werden hier Konsequenzen für die Konstruktion der Hauptuntersuchung abgeleitet.

Diese werden in Kapitel 5 aufgegriffen, indem zunächst allgemeine Kriterien für die Konstruktion der Hauptstudie erläutert werden, bevor die Konstruktion der drei Unterrichtsmodule beschrieben wird. Bei der Beschreibung der Konstruktion werden jeweils inhaltliche Schwerpunkte, Arbeitsmethoden und Überlegungen zur methodischen Organisation des Unterrichts erläutert sowie die Konstruktion entsprechender Arbeitsmaterialien begründet.

Die Beschreibung der Dokumentation und die Auswertung der erhobenen Daten erfolgt in Kapitel 7. Im Ergebnis der Auswertung verschiedener Forschungsinstrumente werden das Verhalten der Schüler in den Modulen aus Sicht des Forschers sowie die Bewertung des Unterrichts aus Sicht der Schüler dargestellt. Wesentliche Erfahrungen werden abschließend in Form von Thesen zusammengefasst.

Kapitel 2

Zum Stand der bildungspolitischen Diskussion in Deutschland

In diesem Kapitel wird die bildungspolitische Situation in Deutschland umrissen und mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht diskutiert. Im ersten Teil werden theoretische *Positionen und Ansätze* zur Beschreibung des Status Quo der bildungspolitischen Diskussion vorgestellt, um daraus Handlungsperspektiven für die fachdidaktische Arbeit abzuleiten.

Dazu werden in Kapitel 2.1.1 die Ergebnisse der bekannten Schulleistungstudien TIMSS (1998) und PISA (2000) zusammengefasst und diskutiert. Beide Studien haben die Diskussion um die Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Deutschland verstärkt. Der Prozess des Nachdenkens und Umdenkens hinsichtlich der Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht spiegelt sich in den Positionen der fachdidaktischen Verbände (GDCh und MNU) wider, die in diesem Abschnitt dargestellt werden. Es werden Konsequenzen für Ziele und die Gestaltung von Chemieunterricht zusammengefasst und Perspektiven, die sich aus dem aktuellen Diskurs für die Chemiedidaktik in Deutschland ergeben, dargestellt.

Wenn es um die Beschreibung von Inhalten und Zielen von Unterricht geht, so sind im Rahmen der allgemeinen bildungspolitischen Diskussion nach PISA Bildungsstandards unbedingt zu berücksichtigen. Deshalb wird in Kapitel 2.1.2 diskutiert, was Bildungsstandards sind und wodurch sie sich beschreiben lassen. Dabei sind insbesondere Kompetenzen und Kompetenzmodelle zu erwähnen. Des Weiteren werden Aufgabenfelder aufgezeigt, die sich in der Arbeit mit Bildungsstandards für die Fachdidaktiken ergeben.

Die veränderte Schwerpunktsetzung durch Bildungsstandards spiegelt sich auch in der Gestaltung von Lehrplänen wider. So formuliert der Thüringer Lehrplan beispielsweise neben fachlichen Inhalten auch die Ausbildung von Lernkompetenz als Ziel des Unterrichts. Die dem Thüringer Lehrplan zu Grunde liegende Konzeption wird in Kapitel 2.1.3 erläutert.

Welche Kompetenzen im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts ausgebildet werden sollen, wird derzeit national und international unter dem Begriff *Scientific Literacy* diskutiert. In Kapitel 2.1.4 werden verschiedenen Ansätze zur Diskussion des *literacy* Begriffes vorgestellt und Konsequenzen für die eigene Arbeit abgeleitet. In Kapitel 2.2 wird auf der Grundlage empirischer Erhebungen die Situation des *Chemieunterrichts in Thüringen* aus Sicht von Lehrern und Schülern dokumentiert und beschrieben.

2.1 Theoretische Positionen und Ansätze in der bildungspolitischen Diskussion

2.1.1 Positionen fachdidaktischer Verbände nach TIMSS und PISA

Naturwissenschaftliche Bildung im Spiegel von Schulleistungsstudien

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass es deutschen Schülern an der Kompetenz mangelt, curriculares Unterrichtswissen problem- und situationsbezogen anzuwenden. Die Ergebnisse der PISA Studie 2000 sind hinlänglich bekannt und wurden durch die jüngsten Veröffentlichungen (PISA II, Dezember 2004) erneut bestätigt: Deutsche Schülerinnen und Schüler lagen im Jahr 2000 hinsichtlich ihrer Leistungen im naturwissenschaftlichen Bereich knapp unter dem internationalen Durchschnitt (13 Punkte). Von den erfolgreichsten Nationen (Korea und Japan) trennten uns mehr als 60 Punkte. Die erhobenen Leistungen sind also keineswegs zufrieden stellend. Wie Prenzel et al. es formulieren, sind „die Ergebnisse des Ländervergleichs Anlass zur Sorge.“ Doch ist das nicht – in deutscher Tradition – zu pessimistisch formuliert? Sind nicht die PISA-Ergebnisse der längst überfällige Anlass, über Ziele und Organisation des deutschen Bildungssystems nachzudenken?

Um die PISA-Ergebnisse bewerten und Rückschlüsse auf möglicherweise notwendige Richtungswechsel und Interventionen bei der Gestaltung von Unterricht diskutieren zu können, ist es zunächst wichtig zu analysieren, was durch PISA untersucht wurde. Ziel von PISA war es nicht, die Beherrschung des in Lehrplänen festgeschriebenen Lernstoffes im Sinne von „Fakten abfragen“ zu überprüfen. Im Mittelpunkt der Erhebung stand vielmehr zu erfassen, welches Verständnis Schülerinnen und Schüler von Prozessen und Konzepten entwickeln und wie sie Wissen situationsbezogen anwenden.¹

¹ PISA 2000 bezieht sich auf die Beschreibung von Lesekompetenz, mathematischer Grundbildung, naturwissenschaftlicher Grundbildung und fächerübergreifende Kompetenzen, wobei der Hauptfokus auf der Untersuchung von Lesekompetenz lag. Die vertiefte Untersuchung naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz ist erst im Jahr 2007 vorgesehen. DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM: *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen : Leske + Budrich, 2001. S. 17.

Bei der Untersuchung der naturwissenschaftlichen Grundbildung geht das PISA-Konsortium von der übergeordneten Fragestellung aus, „inwieweit die Jugendlichen auf die Herausforderungen der modernen Wissensgesellschaft vorbereitet werden“ und „ihre naturwissenschaftliche Kompetenz in lebensnahen Situationen aktivieren und nutzen können.“² Dabei impliziert das Konsortium, dass die Ausbildung naturwissenschaftlicher Kompetenz auf das Leben in einer modernen Wissensgesellschaft vorbereitet.³ Naturwissenschaftliche Kompetenz wird im Rahmen von PISA folgendermaßen definiert: „Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“⁴

Neben dem Ergebnis, dass die Leistungen deutscher Schüler im internationalen Vergleich knapp unter dem Durchschnitt liegen, zeigt die differenzierte Auswertung der Untersuchung, dass sich ein großer Teil der deutschen Schüler auf den unteren Kompetenzstufen, und nur ein kleiner Teil auf den oberen Kompetenzstufen befindet. Das zeigt, dass in Deutschland auf der einen Seite die Bedürfnisse leistungsschwächerer Schüler nicht ausreichend berücksichtigt werden, sie erreichen nicht durchschnittliche Leistungen. Auf der anderen Seite werden aber auch gute Schüler nicht ausreichend gefördert – es kommt nicht zur ausgeprägten Ausbildung einer Gruppe von Schülern mit Spitzenleistungen.

Zudem ist auch die rückblickende Betrachtung der Ergebnisse der TIMS-Studie interessant: Ein Vergleich der Analysen von TIMSS und PISA zeigt, dass die unter-

² PISA-KONSORTIUM S. 292.

³ Die Definition von naturwissenschaftlicher Grundbildung (Kompetenz, Scientific Literacy) auf der die PISA-Konzeption basiert, orientiert sich am Literacy-Modell von Bybee (vgl. dazu Kapitel 2.1.4) wobei sich der Untersuchungsansatz bei PISA auf drei Aspekte konzentriert:

- naturwissenschaftliche Prozesse (Denk-, Herangehens- und Arbeitsweisen bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen)
- naturwissenschaftliche Konzepte (konzeptuelles Wissen im Sinne eines Kerncurriculums)
- Anwendungsbereiche (Anwendung von Konzepten und Prozessen auf realistische Fragestellungen und Probleme)

Die Interpretation der Ergebnisse der PISA-Studie erfolgt mit Hilfe eines Kompetenzstufen-Modells. Es wurden fünf Kompetenzstufen benannt, deren Bezeichnung wiederum auf Bybees Unterscheidung unterschiedlicher Niveaus naturwissenschaftlicher Grundbildung zurückgreift: I: Nominelle naturwissenschaftliche Grundbildung, II: Funktionale (ausgehend von naturwissenschaftlichem Alltagswissen), III: Funktionale (ausgehend von naturwissenschaftlichem Wissen), IV: Konzeptuelle und prozedurale, V: Konzeptuelle und prozedurale (unter Einbezug von Modellen).

⁴ PISA-KONSORTIUM S. 198.

schiedliche Akzentuierung der Konzeption für einige Länder zu unterschiedlichen Leistungen in beiden Tests führt, für andere nicht. Die Ursache dafür ist u.a. in der Testkonzeption zu finden: TIMSS war zwar bereits an das Konzept von Scientific Literacy angelehnt, der Schwerpunkt der Untersuchung lag jedoch auf der Überprüfung von Unterrichtsstoff. Im Gegensatz dazu liegt der Hauptfokus bei PISA auf der Überprüfung des Verständnisses von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen sowie auf der Anwendbarkeit des Wissens (also nicht auf der Abrufbarkeit von Fakten). Das schlechtere Abschneiden der Deutschen bei PISA lässt aufgrund der unterschiedlichen Akzentuierung der Tests die Schlussfolgerung zu, dass Defizite hinsichtlich der Kompetenzen bestehen, die naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ausmachen, wie etwa: Anwendbarkeit des Wissens, Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. Das PISA-Konsortium kommt zu dem Schluss, „dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland noch zu wenig problem- und anwendungsorientiert angelegt ist. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und ein Verständnis der Besonderheiten der Naturwissenschaften werden im deutschen Unterricht [...] bisher eher selten und unsystematisch berücksichtigt.“⁵ Der naturwissenschaftliche Unterricht bereite Schüler nicht ausreichend auf die intellektuellen Anforderungen einer modernen Wissensgesellschaft vor, in der die Fähigkeit, sich selbständig mit Informationen auseinander zu setzen und sie zu verarbeiten, notwendige Grundlage ist. Die Schulleistungsstudien haben also unter anderem deutliche Defizite hinsichtlich der Fähigkeit, Wissen situationsbezogen anzuwenden, aufgezeigt.

Positionen fachdidaktischer Verbände

Die Veröffentlichung der Ergebnisse der TIMS-Studie im Jahr 1998 veranlasste auch naturwissenschaftliche und fachdidaktische Verbände, ihre Positionen in verschiedenen Stellungnahmen erneut darzulegen. Insbesondere das Positionspapier der GDCh (Fachgruppe Chemieunterricht) zu den Ergebnissen der TIMS-Studie⁶ zeigt, dass methodische Kompetenzen im Jahr 1998 noch nicht im Zentrum der chemiedidaktischen Diskussion standen. Als mögliche Ursachen für das schlechte Abschneiden deutscher Schüler bei TIMSS werden politische und organisatorische Faktoren benannt, wie beispielsweise die geringe gesellschaftliche Akzeptanz der Chemie, zu spätes Einsetzen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, begrenzte Zeit oder die mangelnde Ausstattung der Schulen. Mängel bei der Gestaltung von experimentellem Unterricht werden auf die unzureichende Ausstattung von Schulen zurück-

⁵ PISA-KONSORTIUM S. 243.

⁶ FACHGRUPPE CHEMIEUNTERRICHT: Stellungnahme der GDCh zu den Ergebnissen und Auswirkungen der 3. Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) und der OECD-Studie Bildung auf einen Blick. In: *Chemkon* 5 (1998), Nr. 1, S. 41f.

geführt, wobei die Frage, wie experimenteller Unterricht organisiert werden kann, damit Lernen erfolgreich stattfindet, nicht gestellt wird. Der Unterricht und seine Gestaltung sowie Lernprozesse und –methoden werden von den Autoren nur marginal mit folgenden Worten erwähnt: „Konzepte für den Chemieunterricht müssen sich auf den Lernenden konzentrieren und sein Verständnis, seine Interessen und Einstellungen sowie kognitive Entwicklung berücksichtigen. Konzeptionen, bei denen der aktive Lernprozess eine zentrale Rolle spielt, sollten stärker angewendet werden.“⁷ Hinweise darauf, wie das geschehen könnte, und ob es schon Ansätze gibt, die die genannten Ideen berücksichtigen, werden nicht angeführt.

Der Stellenwert chemiedidaktischer Forschung, die stärker auf Lernprozesse und die Organisation von Chemieunterricht ausgerichtet ist, wird auch in der Stellungnahme von Gramm, Anton, Barke et al. deutlich, die auf die von der Fachgruppe Chemieunterricht veröffentlichte Stellungnahme Bezug nimmt.⁸ Die von der Fachgruppe genannte Forderung, „Konzepte für den Chemieunterricht müssen sich auf den Lernenden konzentrieren“⁹ sei wie Gramm et al. ausführen zum damaligen Zeitpunkt schon seit „geraumer Zeit Kern der Forschung einer kleinen Gruppe von Chemiedidaktikern.“ Es entstände jedoch der Eindruck, dass Ergebnisse aus dieser Gruppe, wie auch „Konzeptionen mit starker Betonung des individuellen Lernprozesses ... kaum beachtet“ würden bzw. „in ihrer Bedeutung für den Chemieunterricht weit hinter der Durchführung von Experimenten“ rangierten. Die Autoren distanzieren sich weiterhin von der Argumentationsweise, dass die Ursachen für das schlechte Abschneiden bei TIMSS bei „Politikern, Kultusministern und Schulverwaltung“ lägen, vielmehr halten es die Autoren für „dringend erforderlich, ernsthaft den Chemieunterricht ‚neu zu denken‘.“¹⁰ Der Diskurs macht deutlich, dass sich Chemieunterricht und die Schwerpunktsetzung chemiedidaktischer Forschung ändern müssen, wenn deutsche Schüler im internationalen Vergleich bestehen sollen. Doch welche veränderten Ansprüche ergeben sich für Chemieunterricht und Chemiedidaktik?

Veränderte Ansprüche an das Curriculum des Chemieunterrichts

Die Grundpositionen verschiedener fachdidaktischer Verbände, u.a. MNU, GDCh und GDCh sind in einer Veröffentlichung der MNU zusammengefasst, deren Ziel es ist, das Nachdenken über naturwissenschaftlichen Unterricht anzuregen.¹¹

⁷ ebd.

⁸ GRAMM, A.; ANTON, M.; BARKE, H.-D. et al.: Anmerkungen zur Stellungnahme der GDCh zu den Ergebnissen der 3. Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) und der OECD-Studie Bildung auf einen Blick. In: *Chemkon* 5 (1998), Nr. 3, S. 151–153.

⁹ FACHGRUPPE CHEMIEUNTERRICHT S. 41.

¹⁰ GRAMM, ANTON, BARKE et al. S. 153.

¹¹ MNU: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen

Als zusammenfassende Aussage wird formuliert, dass mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung „ein essentieller Bestandteil der Allgemeinbildung“ ist und „der Persönlichkeitsentwicklung durch Vermittlung von Methodenkompetenz, Sachwissen und Haltungen“ dient.¹² Die nachfolgende Differenzierung der Kompetenzen, die zur Ausbildung von Allgemeinbildung beitragen, zeigt, dass im Jahr 1998 Lernmethoden im Zusammenhang mit Bildungszielen des Chemieunterrichts kaum thematisiert werden. Die Auflistung der Kompetenzen kann so interpretiert werden, dass Methodenkompetenz, die zwar in der Zusammenfassung explizit genannt wird, in der weiteren Ausdifferenzierung verschiedener Kompetenzen lediglich in Begriffen wie „instrumentelle Kompetenz“ oder „Lernkompetenz“ impliziert wird.

Insgesamt wird deutlich, dass der Fokus noch stark auf der Fachwissenschaft und ihren Erkenntnissen liegt. Gedanken zu Lern- und Arbeitsmethoden und zur Unterrichtsgestaltung werden genannt, jedoch nicht nachdrücklich erläutert und gefordert. Im Gegensatz zur GDCh nennt die MNU in ihrer Stellungnahme „innere Faktoren“, den Chemieunterricht neu zu denken, sie sucht nicht die Schuld bei Politikern, sondern gibt richtungweisende Denkanstöße, um den Chemieunterricht zu reformieren, wobei aber auch hier der Fokus nur verhalten auf Fragen der methodischen Kompetenz liegt und noch keine konkreten Ausdifferenzierungen formuliert werden. Nach Ansicht der MNU liefert der Chemieunterricht einen fachspezifischen Beitrag zur Allgemeinbildung in drei Arbeitsfeldern:

1. Stoffe und deren Umwandlung sollen als Phänomene beobachtet und experimentell erschlossen werden.¹³
2. Stoffliche Beobachtungen und Phänomene werden durch naturwissenschaftliche Modelle und Theorien erklärt.
3. Schüler sollen ein Verständnis der Wechselwirkung von Mensch, Chemie und Umwelt entwickeln; sie sollen die Fähigkeit erwerben, chemische Zusammenhänge sowie Absichten und Folgen menschlichen Handelns besser verstehen und kritisch bewerten zu können.

Nachhaltiges und erfolgreiches Lernen ist laut MNU nur möglich, „wenn es auf den Grundsätzen der Selbsttätigkeit und des aktiven Aneignens sowie auf einer dies fördernden Unterrichtsgestaltung aufbaut.“ Dazu gehöre „die selbständige und aktive Beschäftigung mit den Unterrichtsgegenständen, inhaltliches Argumentieren und Problemlösen sowie das systematische Aufgreifen und Vernetzen von Inhalten.“¹⁴

Jahrhundert. In: *MNU* 51 (1998), Nr. 6, S. 352f.

¹² ebd.

¹³ Dabei wird nicht konkretisiert, wie die experimentelle Arbeit aussehen soll, Aspekte der selbständigen Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten werden hier nicht explizit erwähnt.

Zwei Jahre später, im Jahr 2000 werden in den Lehrplanempfehlungen der MNU¹⁵ über naturwissenschaftliches Wissen hinaus auch Methodenkompetenzen konkretisiert. Die Entwicklung von Methodenkompetenz umfasse vor allem Souveränität, Problemlösungskompetenz, fachspezifische Kommunikations- und Präsentationsfähigkeit, fachbezogene Methodenbeherrschung sowie Teamfähigkeit.¹⁶ Dabei seien unter anderem folgende Ziele zu beachten:

- Kooperation und Kommunikation
- die eigenständige Formulierung von Fragestellungen
- Selbständige Informationsbeschaffung
- Selbständige Organisation von Arbeitsprozessen
- Selbständige Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten
- Weiterentwicklung der Team- und Kooperationsfähigkeit
- Verbalisierung von Ergebnissen, zusammenhängende Darstellung, adressatenbezogene Präsentation.

Weiterhin fordern die Autoren, dass „Lernmethoden . . . stärker als bisher akzentuiert werden [müssen]“ und dass „die Einführung, Einübung und Reflexion von Arbeitsformen und Lernmethoden . . . zu einem den Lernprozess strukturierenden und beschleunigendem Element [wird].“¹⁷ Sie betonen, dass die Schulung der Methodenkompetenz früh genug beginnen und sich im Laufe der Schulzeit sinnvoll entwickeln muss. Die Lehrplanempfehlungen zeigen, dass die Diskussion von Lernmethoden, Lernprozessen sowie Unterrichtsgestaltung nun neben fachlichen Inhalten im Curriculum an Bedeutung gewinnt. In den Empfehlungen der MNU zur Entwicklung von Bildungsstandards (2003) werden der Zusammenhang zwischen methodischen (naturwissenschaftlichen) Kompetenzen und fachlichen Inhalten (Kerncurriculum) noch einmal erläutert und naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen stärker ausdifferenziert (vergleiche dazu Kapitel 2.1.2).

¹⁴ MNU 1998

¹⁵ ASSELBORN, W.; KREMER, M.: Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Chemieunterricht. In: *MNU* 53 (2000), Nr. 3, S. III–XVI (Einhefter).

¹⁶ ebd. S. VII.

¹⁷ ebd. S. VIII.

Tendenzen im Aufgabenfeld Chemiedidaktischer Forschung

Die Frage, welche Richtung die Chemiedidaktik einschlägt, wenn es um die Lösung der aufgezeigten Probleme des naturwissenschaftlichen Unterrichts geht, wurde 1999 auf der GDCh Fachgruppen-Tagung diskutiert und von Woest zusammenfassend dargestellt.¹⁸ Es werden näherungsweise vier Hauptpositionen abgegrenzt: die fachwissenschaftliche Position; die Position der Alltagschemie; die philosophisch-erkenntnistheoretische Position und die lern-/lehrpsychologische Position. Die genannten Positionen sind laut Woest für die „Weiterentwicklung chemiedidaktischer Forschung von unterschiedlichem Gewicht“¹⁹ Die weitere Diskussion müsse zeigen, „welche Positionen als ‚tragende Säulen‘ für die Weiterentwicklung der Chemiedidaktik herauszustellen sind.“ Woest weist darauf hin, dass neben konzeptuell fachdidaktischen Arbeiten „die Einflussgrößen Schüler, Lehrer, Bildungsziele und Reflexion nicht aus dem Blick geraten“ dürfen.

2003 reflektieren Eilks und Ralle „Forschungs- und Handlungsperspektiven für die Chemiedidaktik am Beginn des 21. Jahrhunderts“.²⁰ Sie stellen fest, dass chemiedidaktische Forschung in Deutschland bisher „stark auf curriculare Entwicklung fokussiert war.“²¹ Nur wenige Arbeiten seien so angelegt gewesen, dass dokumentiert wurde, ob die beabsichtigten Ziele erreicht wurden bzw. ob oder wie sie die Praxis verändert haben. Perspektivisch fordern die Autoren, „ein forschungsbasiertes Verständnis davon zu entwickeln, wie Lehren und Lernen im Chemieunterricht funktioniert. Die dazu notwendige empirische chemiedidaktische Forschung sollte in Deutschland gleichberechtigt neben anderen Ausrichtungen vertreten sein.“²² Dazu sei es notwendig, dass die Chemiedidaktik Schnittstellen aus Unterrichtspraxis, curricularer Entwicklung und empirischer Forschung systematisiere. (Eilks und Ralle halten die Aktionsforschung für eine geeignete empirische Methode.)

Mit einem „Trendbericht Chemiedidaktik“ blickt Becker auf 30 Jahre chemiedidaktische Forschung zurück und zeigt gleichzeitig aktuelle Tendenzen in Forschung und Lehre auf.²³ Becker stellt fest, dass „fachsystematisch-methodisch-experimentelle Denkansätze . . . gegenwärtig schülerbezogene-alltagsorientierte-lernpsychologische Arbeitszusammenhänge [dominieren].“²⁴ Es sei die Tendenz zu erkennen, dass Che-

¹⁸ WOEST, Volker: Chemiedidaktik – quo vadis? In: *Chem.Sch.* 46 (1999), Nr. 4, S. 238–239.

¹⁹ ebd.

²⁰ EILKS, Ingo; RALLE, Bernd: Forschungs- und Handlungsperspektiven für die Chemiedidaktik am Beginn des 21. Jahrhunderts. In: *Chemkon* 10 (2003), Nr. 4, S. 171–175.

²¹ ebd. S. 171.

²² ebd. S. 174.

²³ BECKER, H.-J.: Trendbericht Chemiedidaktik 2003. In: *Nachrichten aus der Chemie* 52 (2004), März, S. 344–349.

²⁴ ebd. S. 344.

mieunterricht zunehmend unterrichtswissenschaftlich begründet wird, d.h. Unterrichtsgeschehen wird über fachliche Inhalte hinaus in einer größeren Komplexität reflektiert. Neben der „Mutterwissenschaft“ Chemie rücken auch Verstehensprozesse in den Mittelpunkt der Betrachtung. Diese (Trend-)Wende sieht Becker auch durch FADOK quantitativ belegt. Dennoch bestehe ein Defizit bei der Anzahl von Publikationen über Forschungsmethodik. In der partizipativen Aktionsforschung, wie sie von Ralle und Eilks vertreten wird, sieht Becker die Chance, die „Kontroversen zwischen empirisch-analytischen und hermeneutisch-interpretativen Verfahren“ zu überwinden.²⁵ Die Schwierigkeit ob beziehungsweise inwieweit Ergebnisse, die unter speziellen schulischen oder Laborbedingungen, beziehungsweise mit kleinen Stichproben ermittelt werden, generalisiert und auf andere Handlungszusammenhänge angewandt werden können, bleibe dennoch bestehen.

Mit der vorliegenden Arbeit wird der Trend aufgegriffen, Unterricht eher unterrichtswissenschaftlich zu betrachten. Hauptschwerpunkt bei der Konstruktion ist nicht die ansprechende Aufbereitung von Unterrichtsinhalten, sondern die Verknüpfung von fachlichen Inhalten, Unterrichtsmethoden und Lern- und Arbeitstechniken. Bei der Dokumentation steht das Schülerhandeln im Vordergrund.

²⁵ ebd. S. 348.

2.1.2 Bildungsstandards

Die Ergebnisse der Schulleistungstudien gaben auch auf bundesweiter Ebene erneuten Anlass zur Diskussion um Reformbedarf in der Bildungspolitik. Durch PISA wurden Defizite aufgezeigt, die erkennen lassen, dass es im deutschen Schulsystem an einer Sicherung von Standards ebenso mangelt wie an Klarheit über zu erreichende Kompetenzen.²⁶

- Die Leistungen der Schüler in Deutschland streuen sehr stark.
- Es gibt in Deutschland einen relativ hohen Anteil von Schülern, die nicht das Kompetenzniveau erreichen, das Voraussetzung für eine erfolgreiche berufliche Ausbildung ist. (D.h. die Sicherung von Mindeststandards gelingt im Schulsystem nicht.)
- Die Unterschiede im Leistungsniveau korrelieren stark mit sozialer Herkunft und Migrationsstatus.
- Es treten starke Unterschiede zwischen und innerhalb der Bundesländer auf. Das zeigt, dass die Bildungschancen in Deutschland nicht für alle Kinder und Jugendlichen gleich sind.
- Angelsächsische und skandinavische Länder, die bereits mit Bildungsstandards arbeiten, zeigen insgesamt bessere Schülerleistungen.

In Konsequenz dieser Ergebnisse hat die KMK im Mai 2002 beschlossen, nationale Bildungsstandards für die Kernfächer (Deutsch, Mathematik und die erste Fremdsprache) zu erarbeiten und in bundesweiten Untersuchungen zu überprüfen. Im Dezember 2003 wurde dann die Einführung von Bildungsstandards für die Fächer Deutsch, Mathematik, und Englisch bzw. Französisch als erste Fremdsprache sowie deren Implementierung mit Beginn des Schuljahres 2004/05 durch die KMK beschlossen. Für das Fach Chemie steht ein Entwurf für Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss seit August 2004 zur Diskussion.²⁷

Das Konzept von Bildungsstandards

Laut Klieme et al. greifen Bildungsstandards allgemeine Bildungsziele auf. „Sie benennen die Kompetenzen, welche die Schule ihren Schülerinnen und Schülern vermitteln muss, damit bestimmte zentrale Bildungsziele erreicht werden.“²⁸ Mit den

²⁶ KLIEME, E.; STEINERT, B.: Einführung der KMK Bildungsstandards. In: *MNU* 57 (2004), Nr. 3, S. 132–137. S. 133.

²⁷ KMK: *Entwurf für Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für das Fach Chemie*. WWW-Dokument. www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf. Version: 2004. Zugriffsdatum 16.12.2004

Bildungsstandards wird festgelegt, welche Kompetenzen die Lernenden bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe erworben haben sollen. Diese Kompetenzen werden in Bildungsstandards so konkret beschrieben, „dass sie in Aufgabenstellungen umgesetzt und prinzipiell mit Hilfe von Testverfahren erfasst werden können.“²⁹ Klieme et al. führen aus, dass die Entwicklung von Bildungsstandards im Wesentlichen durch drei Aspekte bestimmt wird, die im folgenden näher erläutert werden sollen:

1. Gesellschaftliche und pädagogische Zielentscheidungen (Bildungsziele)
2. Wissenschaftliche Erkenntnisse zum Aufbau von Kompetenzen, wobei insbesondere fachdidaktische und psychologische Ansätze gefordert sind (Kompetenzmodelle)
3. Konzepte und Verfahren der Testentwicklung (Aufgabenstellungen und Testverfahren)

Aus gesellschaftlicher und insbesondere pädagogischer Sicht (Aspekt 1) wird schulisches Lernen durch Bildungsziele beschrieben, wobei Bildungsziele „relativ allgemein gehaltene Aussagen darüber [sind], welche Wissensinhalte, Fähigkeiten und Fertigkeiten, aber auch Einstellungen, Werthaltungen, Interessen und Motive die Schule vermitteln soll.“³⁰ Da Bildungsziele eher generelle Erwartungen beschreiben, bedürfen sie weiterer Konkretisierung. Traditionell erfolgt diese Spezifizierung durch Lehrpläne, die nun ausgehend von der aktuellen Diskussion um Kompetenzmodelle erweitert werden müssen. Daraus ergibt sich die Legitimation von Bildungsstandards, denn Bildungsstandards sollen Bildungsziele in Form von Kompetenzmodellen konkretisieren. „Sie legen fest, über welche Kompetenzen ein Schüler, eine Schülerin verfügen muss, wenn wichtige Ziele als erreicht gelten sollen.“³¹ Die Autoren der Expertise betonen, dass nur die Orientierung an allgemeinen Bildungszielen die Festlegung bestimmter Niveaustufen in Kompetenzmodellen sowie die Entwicklung dazugehörigen Testverfahren legitimiert. Sie versuchen damit in der Debatte zu vermitteln, die sich in der allgemeinpädagogischen Diskussion um Bildungsstandards und Bildungstheorie entwickelt hat.

²⁸ KLIEME; PRENZEL; TENORTH: *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise.* Bonn : BMBF, 2003. S. 18.

²⁹ ebd. S. 19.

³⁰ ebd. S. 20.

³¹ ebd. S. 21.

Exkurs: Diskussion um Bildungsstandards aus Sicht der Allgemeinen Pädagogik

Aus Sicht der Allgemeinen Pädagogik ist fragwürdig, inwieweit Bildungsstandards in ein bildungstheoretisches Bildungskonzept passen oder nur ein Konzept darstellen, das „auf die Definition funktionaler und invariabler kultureller Basiskompetenzen“ hinausläuft, das vor einem ökonomischen Hintergrund zu betrachten ist.³² Koch bezweifelt nicht, dass es sich bei Bildungsstandards um eine „neue Allgemeinbildung“ handelt, er stellt vielmehr die Frage, ob es sich um *Allgemeinbildung* handelt. Er räumt ein, dass es sich bei den Inhalten von Allgemeinbildung wohl schon immer um eine „Kombination von zugleich nützlichem und darüber den Menschen als solchen bereicherndem Wissen und Können“ gehandelt habe.³³ Die Humboldtsche Idee von Allgemeinbildung habe sich jedoch an Schulen mit bürokratisch verfestigten Strukturen nicht durchsetzen können. Koch kommt zu dem (provozierenden?) Schluss, dass die Idee der Allgemeinen Menschenbildung verloren gegangen ist, die dadurch charakterisiert ist, dass „ein in seinen geistigen Hauptkräften gestärkter Mensch auch und gerade dann im konkreten und praktischen Leben erfolgreich sein würde, wenn er nicht in ganz bestimmter und zielgerichteter Weise dafür qualifiziert wurde, sondern wenn er zuvor Selbstdenken, Überblick, Urteilsfähigkeit und Maßstäbe gewonnen hatte.“³⁴ Stattdessen dominiere die Vorstellung eines „gesellschaftlich nützlichen Allround-Wissens“, das Voraussetzung für Berufsausbildung und Karriere sei, wobei auch dies häufig nur für Prüfungen gelernt werde.

In PISA sieht der Autor ein Konzept, das sich auf die „Definition funktionaler und invariabler Basiskomponenten“ beschränkt, „die durch entsprechende Aufgabenbestimmungen operationalisiert und anhand der Aufgabenbewältigung überprüft werden können.“³⁵ Die Tatsache, dass es sich um eine OECD-Studie handelt, ist für Koch ein Indiz, dass das Grundbildungskonzept einen ökonomischen Hintergrund hat. Im Vergleich der Konzepte von Allgemeiner Menschenbildung im Humboldtischen Sinne und Grundbildung bei PISA kommt Koch zu dem Schluss, dass bei dem literacy-Konzept von PISA von einem *Bildungskonzept* „wohl kaum die Rede sein könne, sondern lediglich von einem allgemeinen Qualifikationskonzept, (es sei denn, dass man von Bildung bloß in nachlässiger Form redet und geläufige Sprachgewohnheiten bedient oder wie Tenorth ein globales Steuerungsprogramm mit dem Schmuck des Bildungsbegriffes zu veredeln sucht.)“³⁶ Das Konzept hätte zwar mit Bildung wenig zu tun, stellt dafür aber „ein in sich geschlossenes und anwendbares Programm mit Erfolgssicherheit dar.“ An die Stelle der

³² KOCH, Lutz: Allgemeinbildung und Grundbildung, Identität oder Alternative? In: *ZfE* 7 (2004), Nr. 2, S. 183–191.

³³ ebd. S. 184.

³⁴ ebd. S. 185.

³⁵ ebd. S. 186.

³⁶ ebd. S. 189.

Pädagogik würden in dem Konzept angewandte Psychologie, darauf basierende Fachdidaktik und empirische Sozialforschung treten.

Tenorth setzt sich mit der Kritik aus bildungstheoretischer Perspektive auseinander und argumentiert, dass die Diskussion um Bildungsstandards „Bildungstheorie keineswegs negiert, sondern deren Reflexion weiterführt.“³⁷

Dem Vorwurf, dass es sich um ein funktionalistisches, vom gesellschaftlichen Bedarf abgeleitetes Konzept von Bildung handelt, begegnet er mit dem Argument, dass Kritiker des Bildungskonzeptes nach PISA das Konzept selektiv lesen und interpretieren. Dass ästhetische Bildung oder moralische Urteilsfähigkeit kein Bestandteil im Konzept von Grundbildung wären, sei fälschlicherweise unterstellt worden. Was bleibt, ist der Einwand, dass der Bildungsbegriff auf zerlegbare und messbare Kompetenzen reduziert wird und infolgedessen auch „der Mensch auf das gesellschaftlich Nützliche und Messbare reduziert werde.“³⁸ Damit lebe der historisch vertraute Reduktionismusvorwurf gegen die empirisch orientierte Erziehungswissenschaft wieder auf.

Auch das Argument der mangelnden Reflexion bei der Organisation von Lernen im Grundbildungskonzept (nach PISA) entkräftet Tenorth, denn PISA habe gezeigt, dass entsprechende „Aufgaben, die zur Anwendung von Wissen und Fähigkeiten auf reale Problemsituationen zwingen“, die „distanzierte Handhabung des Gelernten“ – also die Reflexion – notwendig machen. Damit werde auch Reflexivität konkretisierbar und messbar.

Die dargestellten Positionen machen deutlich, dass der bei PISA formulierte Bildungsbegriff aus Sicht der Allgemeinen Pädagogik durchaus problematisch gesehen wird. Aus chemiedidaktischer Sicht scheint diese Diskussion weniger von Bedeutung, denn wie Tenorth auch argumentiert, liegt eine Ursache für den Disput in der selektiven Interpretation des Bildungsbegriffes nach PISA, wenn ästhetische Bildung ausgeklammert und lediglich Funktionalität unterstellt wird. Das Verständnis von Methoden und Prozessen der jeweiligen Fächer zu thematisieren und auf die Anwendung des Gelernten zu fokussieren, ist ein sinnvolles Ziel – auch des Chemieunterrichts. Die bisher ohnehin intendierten Bildungsziele von Schule (die sich an humanistischen Bildungsidealen orientieren) werden also nun sinnvoller Weise durch die Beschreibung von Kompetenzen ergänzt.

Kompetenzen, die nun inhaltliche Ziele von Bildung ergänzen, ordnen sich in Kompetenzmodelle ein, mit denen sich verschiedene Aspekte, Abstufungen und Entwicklungsverläufe von Kompetenzen darstellen lassen. Kompetenzmodelle stellen einen zweiten wichtigen Aspekt bei der Entwicklung von Bildungsstandards dar. Sie sind ein notwendiges Instrument, um zwischen relativ abstrakten, allgemeinen Bildungszielen und konkreten Aufgabensammlungen zu vermitteln. Für die Entwicklung von

³⁷ TENORTH, H.-E.: Bildungsstandards und Kerncurriculum. Systematischer Kontext, bildungstheoretische Probleme. In: *ZfPäd* (2004), Nr. 5, S. 650–660. S. 650.

³⁸ ebd. S. 658.

Aufgaben und Tests stellen Kompetenzmodelle ein „zentrales Hilfsmittel“ dar.³⁹ Die Entwicklung von Kompetenzmodellen muss in Zusammenarbeit von Pädagogik, Psychologie und Fachdidaktik erfolgen. Die Autoren betonen hier ausdrücklich die Aufgaben der Fachdidaktiken, wenn es darum geht, professionelle und wissenschaftliche begründbare Entscheidungen darüber zu treffen, welche „Anforderungen als Stufen eines Kompetenzmodells festgesetzt“ werden.⁴⁰

Der dritte Aspekt zur Konzeption von Standards ermöglicht, das Erreichen von Standards empirisch zu überprüfen, indem Testaufgaben entwickelt werden, anhand derer festgestellt werden kann, ob die Lernenden die angestrebten Ergebnisse erreicht, bzw. Handlungskompetenzen entwickelt haben. Klieme et al. machen deutlich, dass die Ergebniskontrolle einen essentiellen Aspekt bei der Implementation von Bildungsstandards darstellt. Rückmeldung über den tatsächlich erreichten Kompetenzstand sei die Grundlage für Qualitätsentwicklung, für eine Weiterentwicklung von Schule, Unterricht und Didaktik.

Bedeutung von Bildungsstandards zur Weiterentwicklung von Schule

Die Expertengruppe fasst die Bedeutung von Bildungsstandards folgendermaßen zusammen: Bildungsstandards „arbeiten in klarer und konzentrierter Form heraus, worauf es in unserem Schulsystem ankommt. Sie konkretisieren den pädagogischen Auftrag der Schule in zentralen Lernfeldern und richten somit das Lehren und Lernen auf gemeinsame Ziele aus.“⁴¹ Mit Hilfe von Testverfahren, deren Durchführung mit der Implementation von Bildungsstandards verbunden ist, sollen Lernergebnisse festgestellt und bewertet werden. Alle am Lernprozess Beteiligten erhalten Rückmeldung über den „output“ der intendierten Lernprozesse. Damit wird stärker als es bisher durch die Beschreibung von „inputs“ durch Lehrpläne geschehen ist, auf die Wirkung pädagogischen Handelns fokussiert. Die Ergebnisbezogenheit soll dazu beitragen, die Professionalität der Lehrenden zu fördern.

Die Umsetzung von Bildungsstandards ist für alle am Lernprozess Beteiligten – Schüler, Lehrpersonen wie auch Eltern – mit einem Umdenken verbunden. Für Schüler und Eltern sollen zum einen Ziele und Anforderungen der Schule transparenter werden, zum anderen zielt die Arbeit mit Bildungsstandards laut Aussage der Autoren „auf eine veränderte Beteiligung und Mitwirkung von Schülerinnen, Schülern und Elternhäusern [ab], etwa im Sinne einer stärkeren Übernahme der Planung, Begleitung und Überwachung von Lernprozessen.“⁴² In den Ausführungen

³⁹ KLIEME et al. S. 24.

⁴⁰ ebd. S. 22.

⁴¹ ebd. S. 47.

⁴² ebd. S. 47f.

wird der Gedanke so weit geführt, dass Bildungsstandards Ausgangspunkt für Gespräche zwischen Eltern, Schülern und Lehrern sein könnten. Weiterhin macht die Expertengruppe deutlich, dass Bildungsstandards und die zugehörigen Testverfahren dazu dienen, Lernergebnisse zu beschreiben und zu bewerten, sie sollten nicht mit Regelungen zur Notengebung oder Schullaufbahntscheidungen verwechselt werden. Durch die Einführung von Bildungsstandards und Evaluation sollen die Lernenden eher Unterstützung als Leistungsdruck erfahren. Es ist also eine veränderte Kultur im Umgang mit Tests zu entwickeln. Tests sollten eher als diagnostizierende, helfende Instrumente gehandhabt und interpretiert werden, weniger als überprüfende – im Sinne von unter Druck setzen.

Aus Sicht der Lehrenden bedeuten Standards nicht die Normierung oder Standardisierung von pädagogischer Arbeit, sondern die Schaffung von Freiräumen für eigenständiges Handeln. Die Schulen und ihre Lehrer sollen mit der Erarbeitung und Gestaltung schulinterner Curricula stärker Verantwortung für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen übernehmen. In der Expertise werden Anforderungen an Lehrpersonen formuliert, die deutlich machen, dass sie ihre Rolle überdenken und neu definieren müssen:

- Die diagnostische Kompetenz der Lehrerinnen und Lehrer müsse geschärft werden.
- Als Referenz dienen nicht mehr detaillierte Lerninhalte und –ziele, sondern zentrale, für das Fach charakteristische Ideen, die von den Lehrkräften „eigenständig präzisiert“ werden müssen.
- Bildungsstandards fordern von Lehrern
 - Lehr-Lern-Prozesse neu zu durchdenken,
 - die eigene Wirksamkeit zu reflektieren,
 - die eigene Professionalität weiterzuentwickeln.

Dazu sei es notwendig, dass „ihnen Handlungsgerüste angeboten werden, die Sicherheit vermitteln und eine erfolgreiche Nutzung von Standards gewährleisten.“⁴³ Entsprechende Unterstützung müsse durch entsprechende Einrichtungen (Schulaufsicht, Lehrerbildung) geleistet werden.

Kompetenzen und Kompetenzmodelle

Wie bereits erwähnt, konkretisieren Bildungsstandards zu erreichende Ziele durch Kompetenzanforderungen. Was versteht man unter „Kompetenzen“? Wie definiert

⁴³ ebd. S. 51.

sich der Begriff im Rahmen der Diskussion um Bildungsstandards? Der Erziehungswissenschaftler und Psychologe Franz Weinert zeigt auf, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzbegriffe verwendet wird. Im Rahmen einer bildungspolitischen Debatte erweise es sich jedoch als notwendig, eine einheitliche Verwendung und Definition des Kompetenzbegriffes zu vereinbaren. Nach Weinert ist die tragfähigste Definition die, die im Bereich der Expertiseforschung⁴⁴ entwickelt wurde. Klieme et al. halten diese Definition für hervorragend auf den schulischen Bereich übertragbar und definieren Kompetenzen in Übereinstimmung mit Weinert als „die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbunden motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“⁴⁵

Die individuelle Ausprägung von Kompetenz wird nach Weinert von den folgenden Aspekten bestimmt:

1. Fähigkeit
2. Wissen
3. Verstehen
4. Können
5. Handeln
6. Erfahrung
7. Motivation

Die Strukturierung und Einordnung von Kompetenzen erfolgt in Kompetenzmodellen. Kompetenzmodellen kommt die Funktion zu, „einerseits zu beschreiben, welche Lernergebnisse von Schülerinnen und Schülern in bestimmten Altersstufen in den jeweiligen Fächern erwartet werden und andererseits wissenschaftlich fundiert aufzuzeigen, welche ‚Wege zum Wissen und Können‘ eingeschlagen werden können.“⁴⁶ „Wege zum Wissen und Können“ aufzuzeigen heißt in diesem Fall, dass durch das Modell Abstufungen der Kompetenzen beschrieben werden, die es erlauben, bei den Lernenden unterschiedliche Niveaustufen festzustellen. Die Beschreibung der Entwicklung von Kompetenzen in Form wissenschaftlich konstruierter Modelle eröffnet zum einen die Möglichkeit, Anhaltspunkte für eine Unterrichtspraxis zu beschreiben, die sich an den „Lernprozessen und Lernergebnissen der Schülerinnen und Schüler

⁴⁴ Expertiseforschung untersucht leistungsfähige Experten in einem bestimmten Fach oder Gegenstandsbereich (Domäne).

⁴⁵ KLIEME et al. S. 21.

⁴⁶ ebd. S. 71.

im jeweiligen Lernbereich orientiert⁴⁷ und ist zum anderen eine Hilfe für die Entwicklung von Testverfahren.

Aus der oben beschriebenen Definition des Kompetenzbegriffes mit seinen Facetten ergeben sich für die Entwicklung von Kompetenzmodellen unter anderem folgende Konsequenzen:

- Die Befähigung zur Bewältigung von Situation ergibt sich aus der Verbindung von Wissen und Können.
- Die Beschreibung von Kompetenz muss sich auf konkrete Anforderungssituation beziehen.
- Kompetenzen lassen sich nicht durch einzelne, isolierte Leistung darstellen oder erfassen; zur Entwicklung und Förderung von Kompetenzen ist daher eine ausreichende Breite von Lernkontexten, Aufgabenstellungen und Transfersituationen notwendig.
- Die Erfassung von Kompetenzen erfordert einen breiten Begriff von Aufgaben und Tests, der sich nicht nur auf Wissensabfragen beschränkt.

Die Autoren der Expertise führen aus, dass die sieben Aspekte, die nach Weinert die Ausprägung von Kompetenz bestimmen, auch bei der Beschreibung von Kompetenzmodellen berücksichtigt werden müssen. Demnach haben Schüler Kompetenz entwickelt,

- wenn sie ihre gegebenen Fähigkeiten nutzen
- wenn sie auf vorhandenes Wissen zurückgreifen und die Fertigkeit entwickeln, sich Wissen zu beschaffen
- wenn sie zentrale Zusammenhänge eines Faches verstehen
- wenn sie angemessene Handlungsentscheidungen treffen
- wenn sie bei der Ausführung von Handlungen auf verfügbare Fertigkeiten zurückgreifen
- wenn sie die Handlungsanlässe als Gelegenheiten nutzen, Erfahrungen zu sammeln
- wenn sie ausreichende Motivation entwickeln, angemessen zu handeln.⁴⁸

⁴⁷ ebd.

⁴⁸ ebd. S. 74f.

Der Bezug von Wissen und Fähigkeiten zum jeweiligen Fach spielt dabei eine zentrale Rolle. Der von den Autoren vertretene Kompetenzbegriff ist demnach stark am Fach ausgerichtet. Die Autoren gehen davon aus, dass die Ausbildung fächerübergreifender „Schlüsselqualifikationen“, wie Methoden-, Sozial- und Personalkompetenz die starke fachliche Bindung von Kompetenz nicht ersetzen kann. Sie verweisen dabei auf Ergebnisse pädagogisch-psychologischer Forschung, die zeigen, dass fundierte fachbezogene Kompetenzen die Grundlage für die Entwicklung fächerübergreifender Kompetenzen darstellen. Damit sind für die Beschreibung von Kompetenzen und Kompetenzmodellen zwei wesentliche Konsequenzen verbunden:

1. Die „konkrete Ausformulierung und Operationalisierung des Kompetenzbegriffs“ muss zunächst in den jeweiligen Fächern erfolgen.
2. Die Entwicklung von Kompetenzmodellen muss auf dem Theorie- und Erkenntnisstand der Fachdidaktiken aufbauen.

Kompetenzmodelle können je nach Fachbereich sehr unterschiedlich strukturiert und beschrieben werden, sodass es für eine differenzierte Beschreibung von Kompetenzmodellen notwendig ist, domänenspezifisch vorzugehen. Welche Kompetenzen und welche Bildung im naturwissenschaftlichen Bereich vermittelt werden sollen, wird derzeit im Rahmen der Diskussion um den Begriff *Scientific Literacy* erörtert (vergleiche dazu Kapitel 2.1.4).

Für die Chemie wurde im August 2004 von der KMK ein Entwurf für Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss zur Diskussion gestellt.⁴⁹ Hier werden für das Fach Chemie vier Kompetenzbereiche beschrieben: *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung*. Die Kompetenzen der Schüler sollen laut KMK auf zwei Dimensionen basieren: der fachinhaltlichen (konzeptorientierten) Dimension und der Handlungsdimension (prozessorientiert). Die fachinhaltliche Dimension wird im Wesentlichen durch den Kompetenzbereich Fachwissen beschrieben, die Handlungsdimension durch die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Der Kompetenzbereich *Fachwissen* umfasst, dass Schüler chemische Phänomene, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten kennen und verstehen und ausgewählten Basiskonzepten⁵⁰ zuordnen können. *Erkenntnisgewinnung* beinhaltet, dass Schüler fachbezogene

⁴⁹ KMK, Zugriffsdatum 16.12.2004

⁵⁰ Unter Basiskonzepten versteht man eine begrenzte Anzahl von Prinzipien, die für das Verständnis von Chemie grundlegend sind. Aus fachdidaktischer Sicht lässt sich die Chemie auf folgende Konzepte reduzieren: Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Energie-Konzept, Donator-Akzeptor-Konzept, Konzept des chemischen Gleichgewichts, Konzept der Reaktionsgeschwindigkeit; vgl. dazu BÜNDER, W.; DEMUTH, R.; PARCHMANN, I.: Basiskonzepte – Welche chemischen Konzepte sollten Schüler kennen und nutzen? In: *PdN-ChiS* 52 (2003), Nr. 1, S. 2–7.

Denk- und Untersuchungsmethoden kennen lernen und anwenden, wie z.B. die Organisation und Anwendung bestimmter Arbeits- und Auswertungstechniken, wobei dem Experiment eine besondere Bedeutung zukommt. Der Bereich *Kommunikation* schließt ein, dass die Lernenden Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen. Und schließlich gehört zum Bereich *Bewertung*, dass chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkannt und bewertet werden. Das schließt die Reflexion der Beziehung zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft ebenso ein wie die Verknüpfung chemischer Inhalte mit der eigenen Lebens- und Erfahrungswelt.

In einer Stellungnahme zu dem Vorschlag der KMK begrüßt die GDCP den vorliegenden Entwurf der Beschreibung von Kompetenzen, Standards und Inhalten.⁵¹ Die vier beschriebenen Kompetenzbereiche „decken die Anforderungen gut ab.“ Auch wird die Differenzierung zwischen handlungs- (oder prozess-) orientierten Kompetenzen und fachwissenschaftlich (oder konzept-) orientierten Kompetenzen positiv bewertet. Im Hinblick auf zukünftige Aufgaben der Lehr-Lernforschung betont die GDCP, dass die formulierten Standards, die aufgrund fehlender Untersuchungen im Wesentlichen erfahrungsbasiert sind, zukünftig weiterentwickelt und empirisch überprüft werden müssen. Bisher lägen kaum differenzierte und empirisch begründete Modelle zur Beschreibung von Kompetenzentwicklung vor. Aus diesem Grund sei es notwendig, sich bei der Beschreibung von Bildungsstandards auf das Erfahrungswissen der Fachdidaktiken zu stützen, deren Vorstellung zur Struktur und Entwicklung von Schülerkompetenzen fachsystematische, psychologische und unterrichtspraktische Aspekte verbindet.

Die Expertise zu Bildungsstandards wie auch die Ausführungen der GDCP machen deutlich, dass den Fachdidaktiken und der fachdidaktischen Forschung bei der Formulierung und Implementation von Bildungsstandards sowie der damit verbundenen Operationalisierung von Kompetenzen und Entwicklung von Kompetenzmodellen eine bedeutende Rolle zukommt. Zum einen erscheint es sinnvoll, rein pädagogische und psychologische Ansätze durch fachdidaktische Arbeiten zu ergänzen, weil sich die Beschreibung von Kompetenzen stark am Fach orientiert. Zum zweiten ist man bei der Entwicklung von Kompetenzmodellen auf die Erfahrungen der Fachdidaktik angewiesen, da es an empirischen Untersuchungen mangelt, die eine wissenschaftlich fundierte Beschreibung von Kompetenzmodellen ermöglichen. Hier bieten fachdidaktische Arbeiten wertvolle Ansatzpunkte, denn sie betrachten Lernprozesse sowohl vor dem Hintergrund der fachlichen Systematik als auch im Kontext fachspezifischer

⁵¹ GDCP: *Stellungnahme der GDCP zu den vorliegenden Bildungsstandards in den Fächern Chemie und Physik für den Mittleren Schulabschluss.* WWW-Dokument. www.uni-essen.de/nwu-essen/GDCP/gdcp_home.htm. Version: 2004 . Zugriffsdatum 13.01.2005.

Methoden des Wissenserwerbs.

Zum dritten kann die Aufgabe der Fachdidaktiken darin bestehen, die Umsetzung von Bildungsstandards an Schulen voranzutreiben und zu unterstützen, denn es sind, wie die Autoren der Expertise zu Bildungsstandards anmerken, „vielfältige Unterstützungsmaßnahmen in der Lehrplanarbeit, in der Lehrerbildung ... nötig,“⁵² wenn Bildungsstandards in der Schule wirksam werden sollen. Im Rahmen fachdidaktischer Arbeiten können auch in Zusammenarbeit mit Lehrern Unterrichtsmodule zur Ausbildung von Kompetenzen entwickelt und erprobt werden und somit Lehrern möglicherweise notwendige Impulse für die eigene Arbeit gegeben werden.

2.1.3 Das Kompetenzmodell des Thüringer Lehrplans

Bisher basierte die Arbeit an deutschen Schulen nicht auf Bildungsstandards, sondern auf der Arbeit mit Lehrplänen oder auch Rahmenrichtlinien. Diese legen fest, welche Ziele und Inhalte in einem Fach, einer Jahrgangsstufe und einem Schultyp in einem bestimmten Bundesland Gegenstand des Unterrichts sein sollen. Die festgeschriebenen Richtlinien sind dabei nicht statisch, sondern wurden in regelmäßigen Abständen neu geschrieben und spiegeln somit auch wesentliche didaktische, pädagogische und fachliche Tendenzen wider. In den vergangenen Jahrzehnten haben sich aus stark an fachlichen Details orientierten Rahmenrichtlinien Handreichungen entwickelt, „die zunehmend die Schülerinnen und Schüler und ihre Lernprozesse in den Vordergrund stellen.“⁵³

Lehrpläne der 60er und 70er Jahre sind stark am fachlichen Detail orientiert. Der Schwerpunkt liegt auf begrifflichen Aspekten und systematischen Betrachtungen der jeweiligen Fächer. In den 1990er Jahren dann „zeigen die Lehrpläne eine Tendenz, die Detailsteuerung zugunsten allgemeiner Ziele aufzugeben“ und die Ausbildung von Kompetenzen ebenso zu berücksichtigen wie fachliche Inhalte. Auch der Lehrplan, der im Jahr 1999 in Thüringen in Kraft getreten ist, basiert auf einem Kompetenzmodell, das auf die Ausbildung von *Lernkompetenz* ausgerichtet ist.

Der Neue Thüringer Lehrplan und das Thüringer Kompetenzmodell

Im Folgenden sollen der Weg zur Entwicklung des Thüringer Lehrplans und das zugrunde liegende Konzept beschrieben werden. Mit dem Ende der DDR (der politischen Wende) wurde es im Jahr 1989 notwendig, neue Lehrpläne für die Arbeit an den Schulen zu verfassen. Ergebnis einer Orientierungsphase waren im Jahr 1991 Lehrplanhinweise und die Implementation der Vorläufigen Lehrpläne ab dem Jahr

⁵² KLIEME et al. S. 14.

⁵³ ebd. S. 44.

1993. Das Konzept wurde in den darauf folgenden Jahren erprobt und unter Einbezug von Fachlehrern, externen Gutachtern, Eltern und Schülern durch verschiedenste Verfahren begleitet und evaluiert. Die Daten der Begleitung wurden am Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) gesammelt und ausgewertet. Ausgehend von den Ergebnissen der Erprobung der Vorläufigen Lehrpläne sowie unter Einbezug von wissenschaftlichen Beratern, mit denen „Ergebnisse der Curriculumforschung und jüngster nationaler wie internationaler Lehrplanrevision, bildungspolitische Forderungen der Wissenschaft und schließlich Impulse aus den vom ThILLM begleiteten Schulen“⁵⁴ ausgewertet wurden, entwickelte sich die Grundkonzeption für die neuen Thüringer Lehrpläne, die seit 1999 Grundlage für die Arbeit an Thüringer Schulen sind.

Die Grundkonzeption der Thüringer Lehrpläne lässt sich im Wesentlichen durch sieben Grundsätze zusammenfassen, die im Folgenden näher erläutert werden sollen. Sie stellen die gemeinsame Grundlage für die Lehrpläne aller Fächer dar.

1. Die Lehrpläne sichern eine gemeinsame Grundbildung

Die Thüringer Lehrpläne basieren auf einem Konzept von Grundbildung, das sich durch „die Verzahnung von Wissensvermittlung, Werteaneignung und Persönlichkeitsentwicklung“ definiert. Ziel dieser Grundbildung ist es, Schüler „zur Mitwirkung an den gemeinsamen Aufgaben in Schule, Beruf und Gesellschaft zu befähigen“ und die „Fähigkeit zu vernunftbetonter Selbstbestimmung, zur Freiheit des Denkens, Urteilens und Handelns“ zu entwickeln. Dabei müsse es die Aufgabe von Schule sein, Kinder und Jugendliche darauf vorzubereiten, in sich „fortwährend verändernden Lebenssituationen selbständig und eigenverantwortlich zu handeln.“⁵⁵

2. Fachliche Ziele und Inhalte werden von einem ganzheitlichen Kompetenzmodell aus bestimmt und beschrieben, das auf die Entwicklung von Lernkompetenz fokussiert ist

Im Thüringer Lehrplan wurde bereits im Jahr 1999 ein Kompetenzmodell beschrieben, das auf die Ausbildung von *Lernkompetenz* abzielt und auf dessen Grundlage das oben beschriebene Konzept von Grundbildung umgesetzt werden soll. Der Kompetenzbegriff ähnelt hier in Ansätzen der Definition von Kompetenz nach Weinert. Wie auch bei Weinert orientiert die Verwendung des Kompetenzbegriffes in den Thüringer Lehrplänen auf aktivierbare Fähigkeiten, den Einsatz von Wissen und Können in Handlungssituationen nach eigenen Vorstellungen und Willen. Im Vergleich zur Weinertschen Definition bleiben jedoch zum einen die Aspekte „Verstehen“ und „Erfahrung“ unberücksichtigt, zum anderen ist der hier verwendete Kompetenzbegriff stärker handlungsorientiert. So definiert das ThILLM Kompetenz im Rahmen der Thüringer Lehrpläne „als das Insgesamt der

⁵⁴ THILLM: *Was ist neu an den Thüringer Lehrplänen*. Bad Berka : ThILLM, 1999.

⁵⁵ Thüringer Lehrplan für das Fach Chemie (Gymnasium). 1999. S. 5f.

Lernkompetenz			
Sachkompetenz	Methodenkompetenz	Selbstkompetenz	Sozialkompetenz
umfassendes Wissen zeigen / anwenden	Arbeitsschritte planen Was? Wer? Wann?	bereit sein, sich selbst Ziele zu setzen	mit anderen gemeinsam arbeiten
Resultate beurteilen und Inhalte wichten	Informationen/ Hilfsmittel effektiv nutzen	zielstrebig und ausdauernd arbeiten	Verantwortung übernehmen
sprachlich klar darstellen	Erkenntnisse/ Lösungswege strukturieren	sorgfältig arbeiten	kompromissbereit sein
Fachbegriffe korrekt verwenden	Planung/ Arbeitstechniken realisieren	Selbstkontrolle praktizieren / auf Fragen reagieren	Selbstvertrauen zeigen / Durchsetzungsvermögen beweisen
Transfer/ Zusammenhänge herstellen	Ergebnisse übersichtlich präsentieren	Engagement zeigen	Rücksicht nehmen / Hilfe leisten

Tabelle 2.1: Kompetenzbereiche des Thüringer Kompetenzmodells

Handlungsvoraussetzungen, die ein Individuum in einer konkreten Situation, in einem gegebenen Kontext sinngerichtet handeln lassen.“⁵⁶

Der Begriff Lernkompetenz wird im Weiteren durch vier Teildimensionen beschrieben: Sachkompetenz, Methodenkompetenz, Selbstkompetenz und Sozialkompetenz, die gleichberechtigt nebeneinander stehen, einander bedingen, durchdringen und ergänzen und in ihrer Gesamtheit zur Ausbildung von Lernkompetenz führen sollen. Durch diese weitere Differenzierung des Lernkompetenzbegriffes im Hinblick auf fachlich-inhaltliche, methodisch-strategische, sozialkommunikative wie auch affektive Aspekte soll Unterricht in seiner Mehrdimensionalität und Prozesshaftigkeit beschrieben werden.

In den Lehrplänen selbst, wie auch in den Materialien zur Einführung der neuen Lehrpläne werden die vier Teilkompetenzbereiche kaum hinsichtlich konkreter Anforderungen präzisiert. Lediglich in einem Material mit Empfehlungen zur „Bewertung nach dem Kompetenzmodell“⁵⁷ findet sich Übersicht 2.1, durch die die einzelnen Kompetenzbereiche näher beschrieben werden.

Als allgemeiner Hinweis für die Gestaltung von Unterricht, der auf die Entwicklung von Lernkompetenz abzielt, wird festgestellt „dass in einem solchen Unterricht nicht nur an der Entwicklung von Sachkompetenz gearbeitet wird, denn Methoden und Strategien sind dabei genauso wichtig wie das gemeinsame Arbeiten mit einem Partner.“⁵⁸

⁵⁶ BRODBECK: Kompetenz - Gedanken zu einem Begriff. In: *ThILLM: Was ist neu am Thüringer Lehrplan* (1999). S. 32.

⁵⁷ THILLM: *Material 86: Bewertung nach dem Kompetenzmodell*. Bad Berka : ThILLM, 2003.

⁵⁸ THILLM 1999 S. 11.

3. Die Lehrpläne beschreiben Standards und ermöglichen Gestaltungsfreiräume

Die neuen Thüringer Lehrpläne formulieren wesentliche verbindliche Ziele und verzichten auf kleinschrittige, detaillierte Vorgaben. Damit sollen zum einen verbindliche Standards vorgegeben werden, aber auch Freiräume für individuelles, differenzierendes Lernen geschaffen werden, das auch die Interessen der Schüler berücksichtigt. Die Schaffung von Freiräumen erfordert jedoch ein Umdenken an Schulen und bei Lehrern. Die Entscheidung darüber, ob und wie Freiräume gestaltet werden, obliegt nun den Lehrerinnen und Lehrern selbst. Damit wird deutlich, dass die innerschulische Kommunikation über die Gestaltung von Lernprozessen und damit auch die Entwicklung von Schulkultur ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit mit den neuen Lehrplänen sein muss.

4. Die Lehrpläne zielen auf die Befähigung der Schülerinnen und Schüler zur Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Kernproblemen

Die Autoren machen deutlich, dass zeitgemäßes Lernen nicht mehr nur ausschließlich an Strukturen der Fachwissenschaft orientiert sein darf, sondern dass darüber hinaus auch Zusammenhänge zur Lebenswelt der Schüler ebenso wie zu gesellschaftlichen Problemstellungen hergestellt werden müssen. Die jeweiligen Fachlehrpläne weisen explizit auf gesellschaftliche Bezüge hin (z.B. Gewalt-Toleranz-Friedenserziehung, Gesundheitserziehung, Umwelterziehung).

5. Die Lehrpläne fördern fächerübergreifendes Arbeiten in der Schule

In Anbetracht der zunehmenden „Komplexität gesellschaftlicher Entwicklung und der Vernetzung von Wissensbeständen“ sollen die einzelnen Unterrichtsfächer stärker „als Teile eines Ganzen verstanden und unterrichtet werden.“⁵⁹ Inhalte, bei denen fächerübergreifende Bezüge nahe liegen, sind in den Lehrplänen deshalb besonders markiert.

6. Die Lehrpläne spiegeln das Profil der jeweiligen Schulart wider

Ziele und Inhalte der Lehrpläne sind so formuliert, dass sie zum einen die Durchlässigkeit zwischen den Schularten gewährleisten und zum anderen die Spezifik der jeweiligen Schulart berücksichtigen. Schulartspezifische Ausführungen zum Bildungs- und Erziehungsauftrag sind in den Einleitungen der jeweiligen Fachlehrpläne enthalten. Die inhaltliche Differenzierung erfolgt durch die Berücksichtigung der Themen in unterschiedlichem Umfang und mit unterschiedlicher Tiefe.

7. Die Lehrpläne haben eine weitgehend einheitliche Struktur und Diktion

Alle Thüringer Lehrpläne sind einheitlich strukturiert: Im ersten (einführenden) Teil werden die den Thüringer Lehrplänen zugrunde

⁵⁹ ThILLM 1999 S. 17.

liegenden Leitideen ausgeführt. Dabei werden die allgemeingültigen Grundsätze sowohl hinsichtlich der Anforderungen an die konkrete Schulform spezifiziert als auch Bezug nehmend auf das jeweilige Fach erläutert, welcher Beitrag zur Kompetenzentwicklung im Sinne der oben ausgeführten Grundsätze geleistet werden soll. Im zweiten Teil sind fachspezifische Inhalte auf Klassenstufen bezogen konkretisiert.

Für ein Umdenken bei der Gestaltung von Unterricht ist insbesondere der erste Teil der Lehrpläne eine wichtige Leitlinie. Es liegt in der Verantwortung (und dem pädagogischen Geschick) eines jeden Lehrers, diese allgemeinen Leitlinien mit den fachlichen Inhalten zu verknüpfen, die im 2. Teil des Lehrplans festgeschrieben sind.

Auch im *Lehrplan Chemie* werden im einführenden Teil des Lehrplans zunächst allgemeine Intentionen und Ziele ausgeführt, dann erfolgt die Erläuterung der jeweils schulartspezifischen Ziele sowie die Präzisierung für das Fach Chemie.

Für die Schulart Gymnasium wird konkretisiert, dass der Unterricht in Klassenstufe 5 und 6 eine Orientierungsphase darstellt, in der die Inhalte an „schulartübergreifenden Zielstellungen ausgerichtet“ sein sollen. Vermutlich soll damit die Durchlässigkeit des Schulsystems gewährleistet bleiben. Mit dem Unterricht in den Klassenstufen 7, 8 und 9 soll eine Grundbildung gesichert werden, die die Voraussetzungen für die Arbeit in der Oberstufe und ein Studium schafft. Dabei werden insbesondere folgende Aspekte betont:

- Entwicklung von Kommunikationsfähigkeit und –bereitschaft
- Entwicklung selbständigen Problemlöseverhaltens
- Förderung von Kreativität und Phantasie
- Entwicklung von Selbstbewusstsein und Selbstdisziplin, Leistungsbereitschaft und Konzentrationsfähigkeit
- Entwicklung der Fähigkeit zum systematischen, logischen und vernetzenden Denken sowie zum kritischen Urteilen.⁶⁰

In der Sekundarstufe II soll die Grundbildung vertieft werden, indem unter anderem die Selbständigkeit der Schüler sowie Methoden des selbständigen Wissenserwerbs weiterentwickelt werden.

Des Weiteren werden Aspekte benannt, an denen sich die Unterrichtsgestaltung in jedem Fach am Gymnasium orientieren soll, wie beispielsweise

- die Berücksichtigung der Individualität der Schüler

⁶⁰ THILLM: *Thüringer Lehrplan für das Gymnasium - Chemie*. Saalfeld : SATZ+DRUCK Centrum Saalfeld, 1999. S. 6.

- der Einbezug der Erfahrungswelt der Schüler und aktueller Ereignisse
- die Förderung von individuellem und sozialem Lernen durch verschiedene Arbeits- und Sozialformen
- die Förderung der Kommunikation sowie des kritischen Umgangs mit Informationen.

Der im Punkt 7 beschriebenen allgemeinen Struktur der Lehrpläne folgend werden weiterhin die allgemeinen Grundsätze **mit Bezug auf die Chemie** als naturwissenschaftliches Unterrichtsfach erläutert. Dabei wird versucht, allgemeine Ziele zu formulieren und auch den jeweiligen Kompetenzbereichen zuzuordnen. Dass dies nicht immer optimal gelingt, soll im Folgenden exemplarisch gezeigt werden:

- Die beschriebenen Ziele bilden ein Konglomerat aus allgemein formulierten Aussagen und sehr speziellen Anforderungen.

Ein Beispiel, das die unpassende Verflechtung allgemeiner und konkreter Ziele belegt, findet sich im Lehrplan bei den Empfehlungen zur Entwicklung von Methodenkompetenz: So wird empfohlen, „Fähigkeiten zur Nutzung produktiver Schülertätigkeiten [zu entwickeln]; Massen bzw. Volumina von Stoffproben bei chemischen Reaktionen und Erkennen der Bedeutung solcher Berechnungen für Wirtschaft und Umwelt [zu berechnen].“⁶¹

- Die Zuordnung zu den Kompetenzbereichen erfolgt teilweise so, dass sie im Widerspruch zu den Konkretisierungen in Tabelle 1 stehen, wie der folgende Auszug aus dem Lehrplan Chemie exemplarisch zeigt: Als „Qualifikation ... zur Entwicklung von Sozial- und Selbstkompetenz“ werden hier „die Einbindung historischer Bezüge“ oder die „Wechselwirkung zwischen Chemie und anderen Naturwissenschaften“ genannt, die nach Tabelle 1 eher im Bereich „Sachkompetenz / Zusammenhänge herstellen“ einzuordnen wäre als im Bereich „Selbst- oder Sozialkompetenz“.
- Es werden zum Teil Konkretisierungen vorgenommen, die an dieser Stelle nicht sinnvoll erscheinen. So scheint die Formulierung von Hinweisen wie „Darstellen chemischer Sachverhalte mit Hilfe der chemischen Zeichensprache“ oder „Entwickeln und Interpretieren von Reaktionsgleichungen“ bei allgemeinen Hinweisen zur Entwicklung von Methodenkompetenz fehl am Platze und unpassend konkretisiert.

⁶¹ ebd. S. 9.

- Die beschriebenen fachlichen Inhalte zur Entwicklung von Sachkompetenz orientieren sich kaum an den oben genannten „Basiskonzepten“ der Chemie, sondern umfassen Inhalte, wie beispielsweise „das Erlernen der Fachsprache und der chemischen Zeichensprache, das Erkennen von Reaktionsarten . . . das Ordnen nach in der Chemie gültigen Prinzipien.“⁶²
- Die weitere Auflistung von Hinweisen zur Erreichung von Methoden- und Sozialkompetenz reduziert sich stark auf die experimentelle Arbeit, obwohl diese, wenn sie auch für den Chemieunterricht typisch ist, nicht ausschließlich Chemieunterricht ausmachen, sondern es um mehr gehen sollte, z.B. das Verstehen von Chemie.

Nur in einem Punkt wird „das Anwenden und Weiterentwickeln von Kulturtechniken, z.B. Nachschlagen, Exzerpieren, Anwenden mathematischer Verfahren, mündliche und schriftliche Formen der Kommunikation, moderne Formen der Informationserschließung“ erwartet.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass die dem Lehrplan zugrunde liegenden Grundsätze, wie:

- die Schaffung von Gestaltungsräumen durch Beschreibung von Standards (3.)
- die Befähigung zur Auseinandersetzung mit gesellschaftlichen Kernproblemen (4.)
- fächerübergreifendes Arbeiten (5.)

zeitliche Freiräume benötigen, die die stoffliche Fülle und Detailliertheit, die im zweiten, fachlich-konkretisierten Teil des Lehrplans beschrieben wird, kaum zulässt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die allgemeinen pädagogischen Leitlinien des Lehrplans sinnvolle Leitlinien darstellen, wenn es darum geht, im Unterricht Kompetenzen zu entwickeln. Die Konkretisierung der Grundkonzeption des Lehrplans einschließlich des entwickelten Kompetenzmodells im Thüringer Lehrplan für das Fach Chemie ist jedoch nur unzureichend erfolgt, sodass sich eine Diskrepanz zwischen pädagogischen und didaktischen Leitlinien und der konkreten Arbeit im Fach ergibt. Die im Lehrplan für das Fach Chemie vorgenommene Beschreibung von Qualifikationen für die jeweiligen Kompetenzbereiche scheint in ihrer Gesamtheit nicht schlüssig und noch nicht hinreichend durchdacht. Eine auf empirischen Untersuchungen basierende Umordnung oder Neuformulierung der fachspezifischen Ziele erscheint sinnvoll.

⁶² ebd. S. 8.

2.1.4 Scientific Literacy

Es besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass naturwissenschaftliche Bildung in der heutigen Zeit einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung leistet. Worin jedoch naturwissenschaftliche Grundbildung besteht und welcher Anteil davon in Schule vermittelt werden kann und soll, wird derzeit unter dem Begriff Scientific Literacy diskutiert.⁶³ In der nationalen und internationalen Diskussion gibt es verschiedene Ansätze, den Begriff zu definieren, die im Folgenden im Überblick vorgestellt werden sollen.

Der amerikanische Naturwissenschaftsdidaktiker Rodger W. **Bybee** (Washington, D.C.) geht davon aus, dass jedes Individuum in verschiedenen Bereichen auch unterschiedliche Ausprägung von Scientific Literacy zeigt und „Wissen, Verständnis und Fähigkeiten ein Leben lang weiterentwickelt.“⁶⁴ Das wiederum bedeutet, dass sich Scientific Literacy durch verschiedene Niveaus naturwissenschaftlichen Verständnisses beschreiben lässt. Ausgehend von der Annahme, dass Scientific Literacy Kenntnisse und Fähigkeiten auf unterschiedlichen Niveaustufen umfasst, hat Bybee ein hierarchisches Modell entwickelt, mit dem er versucht, die unterschiedlichen Dimensionen von Scientific Literacy zu identifizieren und zu beschreiben.

Dimensionen von Scientific Literacy nach Bybee⁶⁵

Nominale Scientific Literacy:

- Identifiziert Begriffe und Fragen als naturwissenschaftlich, zeigt jedoch falsche Themen, Probleme, Informationen, Wissen oder Verständnis
- Falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen
- Unzureichende und unangemessene Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene
- Aktuelle Äußerungen zur Naturwissenschaft sind naiv

Funktionale Scientific Literacy:

- Verwendet naturwissenschaftliches Vokabular
- Definiert naturwissenschaftliche Begriffe korrekt

⁶³ Der Stand der Diskussion um Scientific Literacy wurde auf dem „2nd International IPN-Symposium of Scientific Literacy“ im Jahr 2000 vorgestellt und von Gräber und Nentwig veröffentlicht. Die vier Hauptvorträge wurden gehalten von Bybee, USA; Dubs, Schweiz; Schaefer, Hamburg; Shamos, USA.

⁶⁴ BYBEE, R.: Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 21–43. S. 25.

⁶⁵ ebd. S. 31.

- Lernt technische Ausdrücke auswendig

Konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy:

- Versteht Konzepte der Naturwissenschaft
- Versteht prozedurales Wissen und Fertigkeiten in der Naturwissenschaft
- Versteht Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen einer naturwissenschaftlichen Disziplin und konzeptionelle Struktur
- Versteht die grundlegenden Prinzipien und Prozesse der Naturwissenschaft

Multidimensionale Scientific Literacy:

- Versteht die Besonderheiten der Naturwissenschaft
- Unterscheidet Naturwissenschaft von anderen Disziplinen
- Kennt Geschichte und Wesen der naturwissenschaftlichen Disziplinen
- Begreift Naturwissenschaft in einem sozialen Kontext

Weiterhin reflektiert Bybee die Arbeit mit Standards, ausgehend von seiner Erfahrung mit den National Science Education Standards in den USA. Die Überlegungen sind durchaus auf die Situation in Deutschland und die Arbeit mit Bildungsstandards hierzulande übertragbar. Bybee ist überzeugt, dass Standards eine „leistungsstarke Zusammenstellung von Leitlinien zur Verbesserung von naturwissenschaftlichen Unterrichtsprogrammen und der Unterrichtspraxis“ darstellen.⁶⁶ Sie seien jedoch nur ein Schritt auf dem Weg zur Reform von Unterricht. Für die Umsetzung von Standards in der Unterrichtspraxis hält er die Bereitstellung von Praxisbeispielen für besonders wichtig. Bybee argumentiert, dass es weit mehr als nur die Formulierung von Standards brauche, um den naturwissenschaftlichen Unterricht zu reformieren: Erstens seien Standards, auch wenn sie gut durchdacht sind, von denen, die sie im Unterricht umsetzen müssen (den Lehrpersonen), nicht unbedingt leicht zu interpretieren.

Zweitens stellen sie keine eindeutige Anleitung zur Umsetzung dar. Um Standards umzusetzen, bedürfe es der „konzentrierten Anstrengung aller für den naturwissenschaftlichen Unterricht Verantwortlichen.“⁶⁷

Und drittens seien die Faktoren, die eine Veränderung im Sinne der Standards bewirken sollen, so vielfältig und komplex (sie erstrecken sich von Inhalten, über Unterrichtsform, Leistungsmessung, professionelle Entwicklung bis zu Schulprogrammen),

⁶⁶ ebd. S. 35.

⁶⁷ ebd. S. 36.

dass es mehrerer Schritte bedarf, um mit ihnen zu arbeiten: 1. Diskussion und Dialog über die Standards, 2. Verdeutlichung, was sie bedeuten, 3. Verdeutlichung der Auswirkungen auf die Unterrichtspraxis.

Bybee kommt zu dem Schluss, dass „das dringende Bedürfnis nach Beispielen sowohl der Prozesse als auch der Produkte zur Umsetzung der National Standards ... in Programmen und Praktiken“ besteht.⁶⁸

Mit Tabelle 2.2 gibt Bybee einen Überblick über die zeitlichen, inhaltlichen und organisatorischen Dimensionen einer Reform im Bildungsbereich.⁶⁹

⁶⁸ ebd. S. 37.

⁶⁹ ebd. S. 39.

Perspektiven	Zeitrahmen bis eine tatsächliche Veränderung eintritt	Größenordnung Anzahl der Beteiligten	Umfang Umfang und Ort der Veränderungen	Dauer Nachdem die Veränderung eingetreten ist	Materialien Tatsächliche Produkte der Veränderung	Zustimmung Schwierigkeit, eine Übereinkunft unter den Beteiligten zu erreichen
Absicht - Reform von Zielen - Prioritäten für Ziele setzen - Begründungen für Ziele liefern	1-2 Jahre um das Dokument zu veröffentlichen	Hunderte Philosophen und Pädagogen, die über Absichten und Ziele des Unterrichts schreiben	National/global Veröffentlichungen und Berichte finden weite Verbreitung	Ein Jahr Neue Probleme tauchen auf, und neue Ziele und Prioritäten werden vorgeschlagen	Artikel/Berichte Relativ kurze Veröffentlichungen, Artikel und Berichte	Einfach Kleine Zahl von Rezensenten und Gutachtern
Leitlinien - Entwicklungskriterien für Programme etablieren - Kriterien für den Unterricht identifizieren - Rahmenvorgaben für Curriculum und Unterricht entwickeln	3-4 Jahre um Bezugsrahmen, Gesetzgebung und Prüfkriterien zu entwickeln	Tausende Politische Analytiker, Gesetzgeber, Supervisoren	National/regional Leitlinien beziehen sich auf bestimmte Bereiche	Mehrere Jahre Einmal etabliert lassen sich politische Leitlinien nur schwer ändern	Bücher/ Monographien Längere Mei- nungsäußerungen, Überarbeitungen	Schwierig Politische Verhandlungen, Abwägungen und Überarbeitungen
Programm - Materialien entwickeln oder ein Programm übernehmen - Einführung des Programms	3-6 Jahre um ein komplettes Lehrprogramm zu entwickeln	Zehntausende Entwickler, Lehrende für Feldversuche, Schülerinnen und Schüler, Verleger von Lehrbüchern, Software- Entwickler	Örtliche Schulen Fachkollegien, Schulkonferenzen	Jahrzehnte Einmal entwickelt oder übernommen, dauernde Programme für lange Zeiträume an	Bücher/ Kursmaterialien In der Regel mehrere Bücher für Schüler und Lehrer	Sehr schwierig Zahlreiche Interessengruppen, viele Barrieren, hohe Anforderungen
Praxis - Unterrichtsstrategien verändern - Materialien an die speziellen Bedürfnisse von Schulen und Schülern anpassen.	7-10 Jahre um Implementierung des Programms und Fortbildung der Lehrenden abzuschließen	Millionen an Schulen beschäftigtes Personal, Öffentlichkeit	Klassenräume Einzelne Lehrerinnen und Lehrer	Mehrere Jahrzehnte Individuelle Unter- richtspraktiken halten sich häufig ein ganzes Lehrerleben lang	Komplettes System Bücher plus Materialien, Ausstattung und Hilfsmittel	Außerordentlich schwierig Spezielle Bedürfnisse, Praktiken und Überzeugungen von Individuen, Schulen und Gemeinden

Tabelle 2.2: Dimensionen der Reform nach Bybee

Die vorliegende Arbeit ordnet sich am Übergang von *Leitlinien* zum *Programm* ein. Eine Zuordnung zu einer der beiden Kategorien ist aus folgenden Gründen schwer möglich: Zu Beginn des Forschungsvorhabens wurden durch empirische Erhebungen (Schüler- und Lehrerbefragungen) und praktische Vorerprobungen Perspektiven hinsichtlich einer veränderten Gestaltung von Chemieunterricht entwickelt (*Leitlinien*). Ausgehend von den dabei erhaltenen Ergebnissen sowie von den nach PISA diskutierten und entwickelten Rahmenrichtlinien wurden Materialien für den Unterricht entwickelt, die in Zusammenarbeit mit Lehrenden im Feld erprobt und wissenschaftlich begleitet wurden (*Programm*). Im Ergebnis dieser Arbeit lässt sich exemplarisch Unterricht beschreiben, der an der Arbeit mit Anforderungen zur Gestaltung von Chemieunterricht ausgerichtet ist, wie sie in Standards formuliert sind.

Schaefer sieht Scientific Literacy als einen Teil von Allgemeinbildung, wobei Allgemeinbildung auf die Ausbildung von „Lebenskompetenz“ abzielt. Lebenskompetenz definiert Schaefer durch zwölf verschiedene Teilkompetenzen („elementare Kompetenzen“), wie z.B. Sachkompetenz, Gesundheits-, Umwelt-, soziale-, Lern-, Denk oder Sprachkompetenz.

Sachkompetenz bedeutet hier, „über Grundbegriffe und Grundfertigkeiten aller Fächer zu verfügen und sie sinnvoll einsetzen zu können.“⁷⁰ Sie muss deshalb im Miteinander aller Unterrichtsfächer entwickelt werden, das heißt die Ausweitung der Fächergrenzen wird notwendig, um die fächerübergreifende Ausbildung von Lebenskompetenz zu erreichen.

Die Ausbildung von Kompetenz vollzieht sich laut Schaefer in zwei wesentlichen Schritten: Erstens durch den Erwerb und die Speicherung grundlegender fachbezogener Kenntnisse, Fertigkeiten und Haltungen und zweitens durch die Reorganisation und Anwendung des Gelernten für die Ausbildung weiterer Kompetenzen. Im Hinblick auf die Ausbildung von „Sachkompetenz ‚Natur‘“ verortet der Autor seinen Ansatz folgendermaßen im Konzept von Bybee: Die erste Stufe seines Konzeptes entspräche dem, was Bybee als nominale, funktionale und konzeptionelle Komponenten beschreibt. Das Ergebnis des zweiten Schrittes im Schaefer’schen Modell korrespondiere mit multidimensionaler Scientific Literacy bei Bybee.

Der Begriff „Literacy“ schließe die Bereiche Wissen, Fähigkeiten und Haltungen und die „Transformation aller drei in Lebenskompetenz mit ein.“ Schaefer positioniert Scientific Literacy im Zentrum dreier Pole: naturwissenschaftliches Wissen, der Prozess der Naturwissenschaften und gesellschaftspolitische Probleme. In diesem Dreieck ließen sich alle Definitionen von Scientific Literacy einordnen (vgl. Abb. 2.1).

⁷⁰ SCHAEFER, Gerhard: Scientific Literacy im Dienste der Entwicklung allgemeiner Kompetenzen. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 83–103. S. 87.



Abbildung 2.1: Schematische Darstellung der Definition von *Scientific Literacy* nach SCHAEFER

Dubs als Wirtschaftspädagoge betont die Bedeutung gesellschaftlicher und politischer Zusammenhänge für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Er hält es für wichtig, dass die Lernenden „Mithörkompetenz“ entwickeln, „die sie befähigt, einseitige, unbedacht ideologische oder gar falsche Patentlösungen zu durchschauen, um mit einem reflektierten eigenständigen Urteil einen Beitrag gegen die Polarisierung in unserer Gesellschaft zu leisten.“⁷¹ Laut Dubs bedeutet Entscheidungsfindung in einer immer komplexer werdenden Welt „immer mehr ein Abwägen von Vor- und Nachteilen und nicht mehr die Suche nach dem absolut Richtigen.“⁷² Dieser Weg der Entscheidungsfindung erfordere von allen Menschen, dass sie

- über ein gut strukturiertes Grundwissen verfügen, das verstanden und in Alltagssituationen anwendbar sein muss,
- Denkvorgänge nachvollziehen und vorgeschlagene Hypothesen und Problemlösungen analysieren und beurteilen können,
- Wertvorstellungen erkennen,
- eigene Erkenntnisse und Entscheidungen begründen und kommunizieren.

Morris **Shamos** (New York) schließlich zweifelt grundlegend an der Umsetzbarkeit des Konzeptes von *Scientific Literacy*, wie es beispielsweise Bybee vertritt. Er ist der Überzeugung, dass „*Scientific Literacy* als Ziel des naturwissenschaftlichen Un-

⁷¹ DUBS, Rolf: *Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik*. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 69–82. S. 72.

⁷² ebd. S. 70.

terrichts endlich aufgegeben werden sollte.“⁷³ Shamos bezieht sich auf Dewey, wenn er argumentiert, dass die speziellen Methoden und Formen logischen Denkens in den Naturwissenschaften Schüler auch in anderen Lebensbereichen zum logischen Denken befähigen. Die Denkweisen, die Dewey dabei im Sinn hatte, fänden sich jedoch nicht in den herkömmlichen *Inhalten* der Naturwissenschaften (wie Gesetzen, Gleichungen und Theorien), sondern vielmehr in den *Prozessen* der Naturwissenschaften, also darin, wie die Naturwissenschaften zu ihren Erkenntnissen gelangen. Shamos ist der Überzeugung, dass die „bisher fruchtlose Suche nach Scientific Literacy“ erst erfolgreich sein kann, wenn der Schwerpunkt im naturwissenschaftlichen Unterricht mehr auf die Prozesse der Naturwissenschaft als auf die Inhalte gelegt würde.⁷⁴

In dem von Schaefer vorgeschlagenen Modell zur Beschreibung von Scientific Literacy findet sich der Ansatz von Shamos stark polarisiert bei „naturwissenschaftlichen Prozessen“ wieder, während der Ansatz von Dubs bei der Betrachtung gesellschaftlicher Probleme zu verorten ist. Bybee ist eher bei der Beschreibung des Erwerbs von naturwissenschaftlichem Wissen (Sachkompetenz) einzuordnen, wobei sich Schaefer wie bereits oben beschrieben, in Ansätzen bei Bybee wiederfindet (vgl. Abb. 2.2).

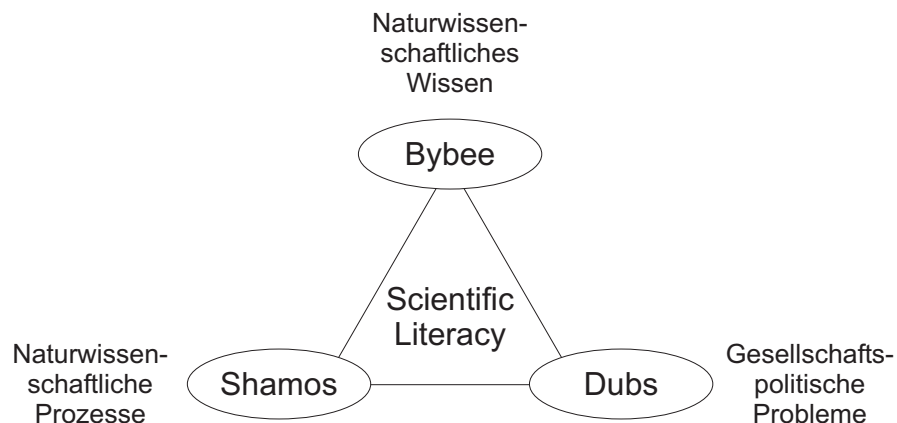


Abbildung 2.2: Darstellung verschiedener Positionen zu *Scientific Literacy*

Wie die Ausführungen von Schaefer, die Entwürfe für nationale Bildungsstandards, aber auch verschiedene neue Lehrpläne der Bundesländer (vgl. dazu Kapitel 2.2.3) zeigen, gewinnt der Begriff der „Kompetenz“ im Rahmen der deutschen Diskussion zunehmend an Bedeutung. Gräber, Nentwig und Nicolson fassen die Ergebnisse der Diskussionen zusammen, die sich während des „2nd International IPN-Symposium

⁷³ SHAMOS, MORRIS: Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 45–68. S. 45.

⁷⁴ ebd. S. 68.

of Scientific Literacy“ in Kiel im Jahr 2000 ausgehend von den oben beschriebenen Positionen (Bybee, Shamos, Schaefer, Dubs) entwickelt hat und stellen Scientific Literacy als „Schnittmenge verschiedener Kompetenzen“ dar (Abb. 2.3).⁷⁵ Als Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts benennen sie die jeweils fachspezifische Ausprägung dieser Kompetenzen. Die jeweiligen Kompetenzen werden dabei den Bereichen *Wissen*, *Handeln* und *Bewerten* zugeordnet.

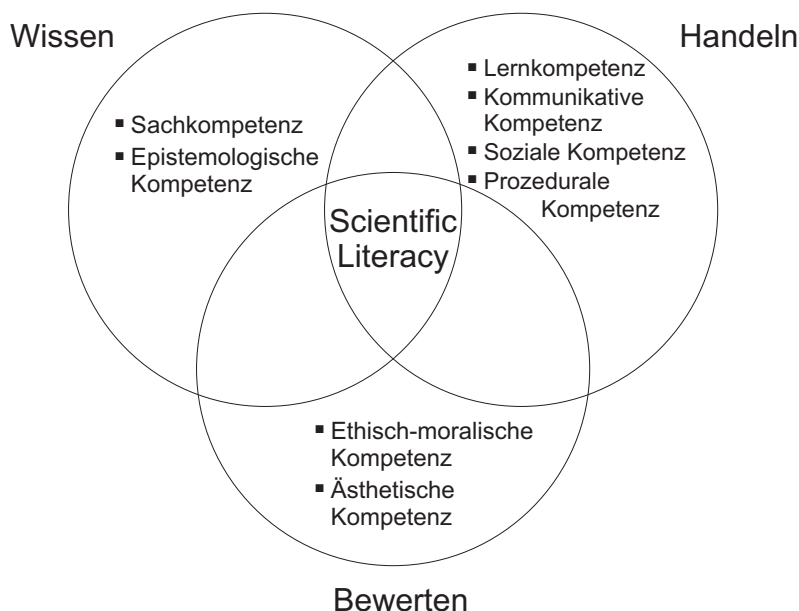


Abbildung 2.3: Schema zur Veranschaulichung des Begriffes *Scientific Literacy* nach GRÄBER, NENTWIG, NICOLSON im Überblick

Der Bereich *Wissen* basiert zwar zum einen auf der Kenntnis von Fakten (Sachkompetenz), betrachtet aber auch die Prozesse, durch die sie erzeugt werden. Den Lernenden muss neben den Fakten selbst auch vermittelt werden, wie in den Naturwissenschaften Erkenntnisse gewonnen werden (epistemologische Kompetenz).

Wissen und insbesondere der Erwerb von Wissen ist unmittelbar mit *Handeln* verbunden. Wenn Lernen – wie in der Schule – geordnet und von Strategien geleitet stattfinden soll, setzt das die Beherrschung derselben voraus (Lern- und Denkkompetenz). Ebenso bedarf es sozialer und kommunikativer Kompetenz, da Lernen häufig in sozialen Gemeinschaften stattfindet und Ergebnisse mitgeteilt oder diskutiert werden müssen. Unter prozeduraler Kompetenz verstehen die Autoren die Fähigkeit, Informationen zu beschaffen, zu bearbeiten und darzustellen, wobei eine für die Chemie spezifische Interpretation dieser Kompetenz die Durchführung von Experimenten einschließt.

⁷⁵ GRÄBER; NENTWIG; NICOLSON: Scientific Literacy von der Theorie zur Praxis. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 135–145. S. 137.

Menschliches Verhalten wird jedoch nicht alleine durch Sach- und Handlungskompetenz bestimmt. Beeinflusst wird die Entscheidung für Handlungsmöglichkeiten auch dadurch, dass sie an gesellschaftlichen und individuellen Werten gemessen, also *bewertet* werden (ethische Kompetenz).

Die Autoren fassen abschließend zusammen, dass sich Scientific Literacy aus all diesen Kompetenzen ergibt. Es sei nicht zu erwarten, dass ein naturwissenschaftlich gebildeter Mensch alle Kompetenzen in gleichem Maße ausbilde, sicher sei aber, „daß wahre naturwissenschaftliche Bildung weit über die bloße Beherrschung des Sachwissens hinausgeht – wie es von vielen lange Zeit missverstanden wurde.“⁷⁶

Während des „2nd International IPN-Symposium on Scientific Literacy“ wurde versucht, die theoretische Zielsetzung von Scientific Literacy mit der Unterrichtsrealität zu verknüpfen. Es wurden Unterrichtsmitchnitte dahingehend analysiert und diskutiert, wie jeweils ein bestimmter Aspekt des Konstruktes Scientific Literacy im Unterricht gefördert werden kann. Im Ergebnis beschreiben Gräber et al. drei Dimensionen pädagogischen Handelns, nach denen Unterrichtsbeispiele klassifiziert wurden.⁷⁷

- | | | |
|---------------------------------|-----|---|
| 1 Disziplin-orientiertes Lernen | vs. | Lebenswelt-orientiertes Lernen |
| 2 Fakten/Konzept-Lernen | vs. | Lernen von fachübergreifenden Kompetenzen |
| 3 Lehrer-kontrolliertes | vs. | Schüler-selbstbestimmtes Lernen |

Die erste Dimension beschreibt die Beziehung zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und Lebensbezügen außerhalb des Klassenzimmers: Literacy bedarf der Kenntnis naturwissenschaftlicher Begriffe, Fakten, Gesetze, beweist sich jedoch erst, wenn diese auch in alltäglichen oder gesellschaftlichen Kontexten angewandt werden. Die zweite Dimension umfasst das Verhältnis von naturwissenschaftlichem (Fakten-) Wissen und der Kenntnis der Prozesse, durch die Erkenntnisse in den Naturwissenschaften gewonnen werden.

Die dritte Dimension fokussiert auf „Wege des Lernens“, deren Gestaltung zwischen autonomer Lerngestaltung durch die Lernenden einerseits und Wissenstransmission durch die Lehrenden andererseits liegen kann. In diesem Zusammenhang genannte Stichworte seien „Lebenslanges Lernen“, „Anschlussfähigkeit“, „Lernkompetenz“. Scientific Literacy zeige sich in der Fähigkeit, sich über bereits Gelerntes hinaus Wissen anzueignen, Informationen zu finden und mit Vorhandenem zu verbinden.⁷⁸

⁷⁶ ebd. S. 139.

⁷⁷ ebd. S. 142.

⁷⁸ GRÄBER, W.; NENTWIG, P.: *2. Internationales IPN-Symposium Scientific Literacy - From Theory to Practice*. WWW-Dokument. www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/ipnblatt/ip-199/fr_ip199.htm. Version: 1999. Zugriffsdatum 30.06.2000.

Gräber et al. stellen fest, dass der gegenwärtige Unterricht meist zu linkslastig ist und eine stärkere Betonung der rechten Seite von den Teilnehmern des Symposiums propagiert werde. Unterricht, der nicht nur auf die Vermittlung fachlicher Inhalte abzielt, solle verstärkt auch Phasen des selbst gesteuerten Lernens beinhalten. Die Autoren sehen das selbst gesteuerte Lernen „als Weg und Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts.“⁷⁹ Dabei warnen sie davor, die Fähigkeit selbst gesteuert lernen zu können bei Schülern vorauszusetzen. Vielmehr sei die gezielte Einführung und das intensive Üben der dazu notwendigen Kompetenzen erforderlich. Gräber et al. betonen, dass zu selbst gesteuertem Lernen nicht nur die aktive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten gehöre, sondern ebenso das bewusste Reflektieren des eigenen Lernprozesses. Für die Gestaltung von Unterricht hieße das, zum einen Freiräume für eigenständiges Lernen zu schaffen und zum anderen das Nachdenken über das eigene Lernen anzuregen.

Dieser Einschätzung ist zweifelsohne zuzustimmen. Damit ergibt sich für die Planung und Gestaltung von Chemieunterricht der Anspruch, Aspekte zu berücksichtigen, die über fachliche Inhalte hinausgehen. Neben der Vermittlung von chemischem Wissen müssen im Chemieunterricht unter anderem auch Lernstrategien, Arbeitsweisen zur Informationsgewinnung und -bearbeitung thematisiert, die Kenntnis über naturwissenschaftliche Prozesse, naturwissenschaftliche Arbeitsweisen und die Kommunikation über chemische Inhalte gefördert werden. Im Rahmen dieser Arbeit werden mit den entwickelten Unterrichtssequenzen Anlässe zum selbst gesteuerten Lernen geschaffen und methodische Schwerpunkte gesetzt, die zur Entwicklung verschiedener Kompetenzen, insbesondere in den Bereichen Handeln und Wissen beitragen können.

2.2 Der Status Quo des Chemieunterrichts in Thüringen

Nachdem in den vergangenen Kapiteln ausgeführt wurde, welche Ansprüche sich aus fachdidaktischer und bildungspolitischer Sicht an modernen Chemieunterricht ergeben und welche Anforderungen in Lehrplänen formuliert sind, soll nun auf Grundlage empirischer Untersuchungen ein Bild des Chemieunterrichts an Thüringer Gymnasien beschrieben werden. Dazu wurden am Chemieunterricht beteiligte Personen befragt: Lehrer, die Chemieunterricht didaktisch methodisch gestalten und Schüler, die den Chemieunterricht erleben. Schwerpunkte der Befragung waren die methodische wie auch die inhaltliche Gestaltung des Unterrichts. Die Entwicklung des

⁷⁹ GRÄBER, NENTWIG, NICOLSON S. 143.

Leitfadens für das Lehrerinterview sowie der Fragebögen für die Schülerbefragung orientiert sich an Untersuchungen von Ramseger⁸⁰ und Woest.⁸¹

Weiterhin werden die Ergebnisse der Analyse bundesweiter Lehrpläne im Jahr 2001 dargestellt und aktuelle Entwicklungstendenzen beschrieben, aus denen Handlungsperspektiven für die Chemiedidaktik abgeleitet werden können.

2.2.1 Ergebnisse einer Lehrerbefragung im Jahr 2001

Es wurden sieben Lehrerinnen und Lehrer, davon drei Fachleiter, in einem halbstrukturierten Leitfrageninterview befragt, das schwerpunktmäßig auf vier Aspekte fokussiert. Die Auswertung der Interviews erfolgt interpretativ. Im Folgenden wird die Analyse der Antworten dargestellt und den jeweiligen Schwerpunkten zugeordnet:

1. Allgemeine Aspekte zur Gestaltung des Chemieunterrichts
2. Einschätzung des Chemieunterrichts durch die Schüler
3. Unterrichtserfahrungen zum Stoffgebiet der Organischen Chemie
4. Erfahrungen mit offeneren Lernformen

Mit Hilfe der Interviews soll zum einen Chemieunterricht an Thüringer Gymnasien beschrieben werden, zum anderen können die Interviews Ansatzpunkte für die weitere Arbeit, für die Konstruktion von Unterrichtseinheiten aufzeigen.

Gestaltung des Chemieunterrichts

Zunächst wurden die Lehrer befragt, worin sie die **Bedeutung des Chemieunterrichts** sehen. Für alle befragten Lehrer ist unbestritten, dass chemisches Wissen zur Allgemeinbildung gehört und somit der Chemieunterricht einen wesentlichen Teil zur Allgemeinbildung beiträgt. Interessant sind die Begründungen, die angeführt werden: Die Lehrer sind der Meinung, dass die Chemie dazu beiträgt, komplexe Prozesse in verschiedenen Bereichen (sie nennen Natur, Ökologie, Technik, Gesundheit, den eigenen Körper, die Alltagswelt) zu verstehen und zu erklären. Eine Lehrerin fügt dem hinzu, dass die Naturwissenschaften „*in dieser technisch zivilisierten und hoch entwickelten Welt ... einen Beitrag leisten können, Probleme zu lösen.*“ Sie sehen also die Bedeutung der Chemie darin, naturwissenschaftliche Prozesse erklären und gegebenenfalls Probleme lösen zu können.

⁸⁰ RAMSEGER, J.: *Offener Unterricht in der Erprobung*. Weinheim : Juventa, 1985. S. 270ff.

⁸¹ WOEST, Volker. *Bundesweite Befragung von Chemie-Lehramtsstudenten*. In: WOEST, Volker: *Den Chemieunterricht neu denken*. Alsbach/Bergstraße : Leuchtturm, 1997.

Auf die Frage, wie sie ihren Unterricht **methodisch gestalten**, wird von 6 der 7 Befragten der Frontalunterricht explizit als hauptsächlich vorherrschende Unterrichtsmethode genannt. Drei der Befragten geben an, „*alles reinzubringen*“ und Wert auf „*Methodenwechsel*“ zu legen. Sie konkretisieren im Interview jedoch nicht, welche Organisationsformen und Unterrichtsmethoden der Begriff „alles“ umfasst bzw. welche Methoden sich abwechseln.⁸² Drei andere Kollegen hingegen nennen konkret, z.B. Stationsarbeit, Gruppenarbeit oder Podiumsdiskussion und Experimente als eingesetzte Unterrichtsform. Interessanterweise sind alle Kollegen, die sich zur methodischen Gestaltung eher diffus äußern ‚normale Lehrer‘, während die Befragten, die konkrete Methoden benennen, Fachleiter für das Fach Chemie sind.

Als Faktoren, die die methodische Gestaltung des Chemieunterrichts beeinflussen, werden genannt: der Lehrplan, die jeweilige Klassensituation, der Zeitaufwand für „*die aufwändige Vorbereitung*“, der Inhalt und die Lage der Stunden. Lernpsychologische Überlegungen zur Methodenwahl oder Gestaltung von Lernprozessen werden nicht explizit thematisiert. Es ergeben sich hier in Ansätzen Parallelen zu dem Diskurs zwischen GDCh und Gramm et al., in dem die GDCh organisatorische Faktoren als Ansatzpunkte zur Veränderung von Chemieunterricht benennt, während Gramm et al. die stärkere Berücksichtigung der Bedürfnisse der Lernenden einfordern. Die Antworten der Befragten machen deutlich, dass Chemieunterricht im Jahr 2001 noch nicht im Sinne von Gramm et al. ‚neu gedacht‘ wird.

Diese Tendenz bestätigen auch die Antworten auf die Frage, inwieweit **Schüler in die Planung von Unterricht einbezogen** werden. Nur wenige Lehrer nennen folgende Möglichkeiten der Einflussnahme durch Schüler: Sie haben Einfluss auf die Themenwahl bei der Durchführung von Projekten; sie dürfen Präferenzen äußern, wenn – wie beispielsweise bei Batterie-Typen in der Elektrochemie – mehrere Anwendungsbeispiele zur Auswahl stehen und sie dürfen im Kurssystem bei der Auswahl des wahlobligatorischen Themas oder der Vergabe von Vorträgen mitentscheiden.

Im Hinblick auf den Einsatz von Unterrichtsmethoden gibt eine Lehrerin an, dass sie sich nach den von ihr beobachteten Bedürfnissen der Schüler richtet. Entscheidungen basieren auf ihrer Wahrnehmung, nicht auf direkten Äußerungen der Schüler.

Keiner der Befragten gab an, Lernprozesse gemeinsam mit den Schülern zu reflektieren. Die Kommunikation darüber, was und wie gelernt wird, scheint mit Schülern nicht stattzufinden. Vielmehr basieren die von den Lehrern getroffenen Entscheidungen häufig auf den fachlichen Inhalten des Lehrplans.

Der **Thüringer Lehrplan** stellt für alle Lehrer eine Richtlinie dar, deren Inhalte vollständig im Unterricht zu besprechen sind, während sie sich bei der Reihenfolge

⁸² Die Antworten auf die Frage nach Erfahrungen mit offenen Lernformen sind ähnlich unspezifisch. Vgl. dazu die Ausführungen auf S. 46.

nicht unbedingt an die Anordnung im Lehrplan halten. In den Gesprächen mit den Lehrern scheint es so, dass für ihre Arbeit ausschließlich der 2. Teil des Lehrplans, die fachspezifische inhaltliche Konkretion, von Bedeutung ist. Der Tenor ist *„den Stoff zu schaffen.“* *„Ich versuche also alles, was im Lehrplan gefordert ist, irgendwo zu behandeln, abzuarbeiten.“*

Lediglich ein Lehrer (ein Fachleiter) gab an, dass man *„Mut zur Lücke“* brauche, um *„manche Sachen vielleicht mal ganz weg [zu lassen] oder ... sie wirklich nur mal am Rande [zu betrachten] und ... dann für mich [zu entscheiden], was ist an der Stelle wichtig, vielleicht eher eine Arbeitsmethode als eine Stoffgruppe.“* Dieser Lehrer ist der einzige, der im Rahmen der Interviews die Vermittlung von Arbeitsmethoden als Ziel des Chemieunterrichts thematisiert. Von den übrigen Befragten wird die Vermittlung von Kompetenzen nicht thematisiert.

Weiterhin wurden die Lehrer dazu befragt, **was sie mit ihrem Chemieunterricht erreichen möchten**, was ihnen bei der Arbeit mit den Schülern am wichtigsten sei. An dieser Stelle ist ein Vergleich der Antworten zur Frage nach der Bedeutung des Chemieunterrichts interessant. Bei zwei Befragten entsprechen die Antworten hier auch den Argumenten für die Bedeutung der Chemie: Die Bedeutung des Chemieunterrichts sehen diese Lehrer darin, dass Schüler komplexe Prozesse erklären können und bei der Arbeit mit den Schülern ist ihnen beispielsweise wichtig, *„dass ... Neugier bei dem Schüler geweckt wird. Dass er also wissen will, wie laufen denn eigentlich jetzt bestimmte Vorgänge ab, warum sehe ich bestimmte Erscheinungen in der Natur beispielsweise, wie kann ich mir das erklären.“*

Bei den übrigen Befragten ist der Zusammenhang zwischen Bedeutung des Chemieunterrichts und Zielen des eigenen Unterrichts nicht erkennbar. Von ihnen werden folgende Aspekte benannt:

- Das Erreichen eher formaler Ziele: Ein Lehrer möchte seinen *„Beitrag leisten,“* damit die Schüler *„am Ende der 12. Klasse ein ordentliches Abiturzeugnis haben“* oder eine andere Lehrerin möchte erreichen, *„dass die Ziele [des Lehrplans] erreicht sind.“*
- Es geht auch um erzieherische Ziele im weiteren Sinne: *„Ich möchte erreichen, dass ... das ganze einfach ein Schülerverhältnis wird, ... was eben auf gegenseitiger Achtung beruht. ... für mich ist es wichtig, dass die Schüler ein Interesse am Fach haben und auch mit Problemen und Fragen kommen, nicht nur aus dem Unterricht. ... die Erziehung ist auch ein ganz wichtiges Problem.“*
- Und natürlich die Vermittlung von Wissen: *„dass ein gewisses Grundmaß an Wissen zum Schluss bei dem Schüler auch verwirklicht werden kann. Dass die rausgehen aus vielen Stunden und ein bisschen was gelernt haben.“*

Es zeigt sich, dass die Vermittlung von Wissen (zur Erreichung der Lehrplanziele) stark dominiert. Der Begriff „Lernen“ im Sinne von „Verstehen“ oder „das Lernen zu lernen“ wird kaum thematisiert. Nur ein Lehrer (Fachleiter) gibt an, dass *„wissenschaftliche Arbeitsmethoden ... vermittelt werden sollen, die die Schüler dann vielleicht auch in anderen Fächern entsprechend einsetzen können.“*

Einschätzung des Chemieunterrichts durch Schüler (aus Sicht der Lehrer)

In einem zweiten Schwerpunkt der Befragung beurteilten die Lehrer, **wie Schüler den Chemieunterricht erleben**. Zunächst wurden sie befragt, wie ihren Schülern der Chemieunterricht gefällt. Die Antworten zu dieser Frage sind schwer zu verallgemeinern, da sich die Aussagen der Lehrer in ihrer Schwerpunktsetzung unterscheiden. Gemeinsam ist den Antworten von drei Lehrern die Feststellung, dass die Beliebtheit des Chemieunterrichts im Laufe der Lernjahre abnimmt: Im Anfangsunterricht (Anfang Klasse 8) seien die Erwartungen an das Fach hoch, der Chemieunterricht erfreue sich großer Beliebtheit. Mit dem 2. Halbjahr, in dem zunehmend abstrakte Inhalte (Formeln, Reaktionsgleichungen, Gesetzmäßigkeiten) den Chemieunterricht bestimmen, nehme die Beliebtheit ab. Ein Trend, der sich über Klassenstufe 9 und 10 fortsetze und nur im Themengebiet der Organischen Chemie kurzzeitig aufgehoben wird. Diese Aussage wird auch durch die Ergebnisse der Schülerbefragung in den Klassenstufen 8, 9 und 10 bestätigt. Erst in der Kursstufe sei Chemie wieder beliebter, was nicht verwundert, da die Schüler hier das Fach bewusst gewählt haben. Als Ursachen benennt ein Lehrer, *„dass häufig die Fachsystematik im Mittelpunkt steht“* und *„dass das nicht in einen Kontext eingebettet wird“* und den Schülern nicht klar sei, wozu sie Chemie brauchen.

Die Äußerungen anderer Lehrer hingegen deuten darauf hin, dass sie die Frage nach der Beliebtheit des Faches bisher wenig reflektiert haben. Die Antworten sind ausweichend und unkonkret. Eine Lehrerin schlägt sogar vor: *„Das müssen Sie die Schüler fragen.“* Ein anderer Lehrer beschreibt aus *seiner* Sicht kausale Zusammenhänge von Lehrerhandeln und Beliebtheit des Chemieunterrichts, die eigentliche Frage nach der Beliebtheit des Chemieunterrichts *aus Sicht der Schüler* beantwortet er jedoch nicht:

Wenn der Unterricht in der Sekundarstufe I konsequent so geführt wird, dass der Schüler die Dinge, die da passieren, auch wirklich versteht, dann macht es ihm Spaß. [...] Und je mehr Schüler man jetzt über diese Schwelle hinwegbringt, [dass der rote Faden des Verständnisses nicht reißt], umso besser wird das eigentlich mit der Akzeptanz.

Bezüglich der **Themen**, an denen Schüler nach Meinung der Lehrer interessiert sind, lassen sich eindeutige Tendenzen beschreiben: Schüler interessieren nach Meinung fast aller Lehrer *„Alltagsbezüge am meisten; das, wo sie sehen Chemie lebt, Chemie hat auch wirklich was mit mir zu tun, Chemie hat was mit dem zu Hause zu tun oder*

mit meinem Körper zu tun“, „*Dinge, die ihre eigene Erfahrungswelt ansprechen und auch praxisorientierte Dinge.*“

Wogegen ebenfalls fast alle Lehrer einschätzen, dass Reaktionsgleichungen und stöchiometrische Berechnungen bei Schülern unbeliebt sind. Diese Einschätzung deckt sich auch mit den Ergebnissen der Schülerbefragung.

Ein Lehrer beantwortet die Frage nach der Interessenlage der Schüler gar nicht, sondern vertritt die Meinung, dass „Anstrengungsbereitschaft“ ein Faktor sei, der derzeit vernachlässigt würde. „*Freude am Lernen*“ würde ausgelöst durch „*eine gewisse Anstrengung, die man hinter sich hat und die dann zu einem Erfolg geführt hat, dass diese Anstrengung praktisch dann durch diesen Erfolg belohnt wird und dann anspornt zu neuen Anstrengungen.*“

Auf die Frage, ob sich Schüler eher durch alltagsorientierte oder rein chemische Phänomene motivieren lassen, antwortet der Lehrer: „*Der Lehrer muss selber von seinem Weg überzeugt sein, dann wird er das ordentlich rüberbringen.*“ Darin ist dem Lehrer prinzipiell zuzustimmen. Es zeichnet sich damit jedoch auch eine stark lehrerzentrierte Wahrnehmung des Unterrichtsgeschehens ab, wobei die Einstellung des Lehrers auf die Schüler projiziert wird.

Auf die Frage, **wie Schüler gerne arbeiten**, schätzen fast alle Lehrer ein, dass experimentelles Arbeiten sowie die Organisation des Unterrichts in Gruppenarbeit bei Schülern beliebt sei. Dabei fällt auf, dass einige Lehrer den Begriff Gruppenarbeit lediglich so definieren, dass Experimente in Gruppen durchgeführt werden.⁸³ Bei der Beantwortung der Frage erfolgt auch häufig gleich eine Bewertung der jeweiligen Arbeitsform aus Sicht der Lehrer.

Ein Lehrer gibt an, dass sich zwischen Schülern beim selbständigen Experimentieren in Gruppen Gespräche entwickeln, „*wo sie mit völlig anderen Worten dem Nachbarn oder dem Gruppenpartner dann erklären, wie es geht und dass dem ganzen Lernprozess sehr förderlich, also es wirkt sehr förderlich, wenn die sich untereinander unterhalten im Schülerjargon.*“

Andere Lehrer stellen fest, dass die Schüler gerne in Gruppen arbeiten, weil sie sich dort Aufgaben suchen, die ihren Neigungen entsprechen.⁸⁴

Die Antworten einiger Lehrer zeigen ein Muster, in dem die Lehrer zunächst kurz beschreiben, wie Schüler ihrer Meinung nach gerne arbeiten, dann aber dazu neigen, ihre persönliche Sicht und Bewertung der verschiedenen Methoden darzustellen. Folgendes Zitat belegt das: „*mit der einen zehnten hab ich mal ... [eine Diskussion*

⁸³ Zu Problemen der Assoziation von Bedeutung zu Begriffen vgl. auch die Antworten zur Frage nach offenen Lernformen S. 46.

⁸⁴ Diese Feststellung entspricht auch den Ergebnissen der empirischen Untersuchungen von Woest. WOEST, Volker: *Offener Chemieunterricht: Konstruktion – Erprobung – Bewertung*. Alsbach/Bergstraße : Leuchtturm, 1995. S. 172.

am runden Tisch gemacht]... das fand ich eigentlich ganz gut.“ Die Lehrerin gibt ihre Einschätzung des Unterrichts wieder. Ob und was die Schüler ‚gut fanden‘, wird nicht reflektiert. Inwieweit nun das Empfinden der Schüler die Bewertung der Situation durch den Lehrer beeinflusst, kann mit diesem Interview und im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden. Es wird jedoch in Ansätzen deutlich, wie stark die Wahrnehmung von Unterricht durch den Lehrer und seine persönlichen Einstellungen mit der Wahrnehmung des Unterrichts durch Schüler verwoben sind. Es gelingt nicht allen Befragten, eine kritische Distanz zum Unterrichtsgeschehen und zum eigenen pädagogischen Handeln zu entwickeln, sodass Unterricht auf einer Meta-Ebene reflektiert werden könnte.⁸⁵

Unterrichtserfahrungen zur Organischen Chemie

In einem dritten Schwerpunkt des Interviews wurden die Lehrer zu ihren Erfahrungen mit Unterricht zur **Organischen Chemie** befragt. Dabei wurde erhoben, wie die Lehrer gewöhnlich vorgehen, wenn sie die Organische Chemie unterrichten und welche anderen Möglichkeiten sie bereits erprobt haben. Abgesehen von zwei Fachleitern wählen alle Lehrer immer den an der Fachsystematik orientierten Weg durch die Organische Chemie. D.h. sie beginnen mit Alkanen, Alkenen, Alkinen als einfache Kohlenwasserstoffe, kommen dann zu Alkanolen, Alkanalen und Alkansäuren als Stoffe mit funktionellen Gruppen, besprechen Ester als Produkte der Reaktion von Alkanolen und Alkansäuren, davon ausgehend Fette und abschließend Eiweiße. Sie begründen ihr Vorgehen folgendermaßen:

Ich hab mir da jetzt also noch nichts anderes einfallen lassen und mir fällt da also auch im Moment nichts anderes ein, weil der Weg bisher ganz erfolgreich war.

Ich denke schon, dass das am günstigsten ist. Und zwar denke ich, dass, wenn man das anders macht, die Systematik verloren geht und wenn die Systematik verloren geht, ist es nicht etwa so, dass der Schüler dann kein Verständnis für die Organische Chemie kriegt, sondern das Drumherum, wenn ich einen Gegenstand behandle, wird das Drumherum zu aufwendig und ich müsste dann das Drumherum noch mal um ein erhebliches Maß kürzen um das, was da drin steht, wirklich rüberzubringen.

Einige Lehrer beginnen das Stoffgebiet der Organischen Chemie damit, dass sie einen alltagsbezogenen Einstieg wählen:

Da wird eben alles, was mit Organik zu tun hat, auf den Tisch gestellt. Ich mein, die gucken schon anders, wenn dann mit Kunststoffen, mit Waschmitteln, mit Arzneimitteln, wenn da dann eben alles steht

⁸⁵ Vergleiche dazu auch BECKER, H.-J.; GLÖCKNER, W.; HOFFMANN, F.; JÜNGEL, G.: *Fachdidaktik Chemie*. Köln : Aulis Verlag, 1992. S. 114ff.

In der ersten Stunde habe ich dann meist einen vollen Tisch mit allen möglichen Materialien vom Haushalt bis zur Natur, eingelegten Tieren, sonst was und dann gehen wir in Richtung Kohlenstoffe.

Nach dem alltagsbezogenen Einstieg kommen sie jedoch wieder auf die fachsystematische Struktur zurück. Hier wird noch einmal deutlich, dass das Handeln der Lehrer im Unterricht stark durch fachsystematische Strukturen geprägt ist. Alltagsbezüge werden zwar zunächst hergestellt, dann aber wieder der Fachsystematik untergeordnet.

Nur zwei Lehrer, beide sind Fachleiter, geben an, andere Zugänge zur Organischen Chemie zu wählen. Eine Fachleiterin hat die Organische Chemie einmal ausgehend von der Thematik „Drogen – Alkohole“ unterrichtet, in einer zweiten Variante war der Ausgangspunkt eine Exkursion zur Tankstelle. Natürlich sei sie auch den klassischen Weg gegangen, gab aber an, immer mehr davon abzukommen. Der andere Fachleiter beginnt das Gebiet der Organischen Chemie bereits seit drei Jahren „mit einem Stoff, der den Schülern bekannt ist“ – mit Alkoholen. Seiner Ansicht nach hat sich das „bewehrt. ... Alkohol ist für Schüler immer motivierend, also gerade in Klasse 9 und es lässt sich auch vieles experimentell machen. Es ist schwierig, bei den Alkanen, Alkenen, Alkinen. ... Ich finde das eigentlich ne ganz günstige Variante.“ Auch er stellt fest, dass sich kaum ein anderer Kollege auf andere Wege einlässt: „Wobei ich immer schon der einzige bin, der so was macht, alle anderen Lehrer gehen noch nach der klassischen Methode vor.“

Auch an dieser Stelle sind es wieder die Fachleiter, die eher dazu tendieren, traditionellen Chemieunterricht durch andere Methoden und Vorgehensweisen zu verändern. Setzt man voraus, dass sie aufgrund ihrer beruflichen Spezifikation Chemieunterricht in ausgeprägterem Maße analysieren und überdenken, so liegt die Schlussfolgerung nahe, dass die Fähigkeit, Chemieunterricht mit Abstand zum eigenen pädagogischen Handeln zu reflektieren, die Veränderung des eigenen Handelns begünstigt.

Im Hinblick auf die Frage nach **Themen, die die Schüler in der Organischen Chemie interessieren**, bestätigt sich der Trend, der bei der Frage nach den allgemeinen Interessen zu erkennen war: Alle Lehrer geben an, dass Schüler besonders an Themen interessiert seien, die ihr Leben betreffen, also z.B. Lebensmittel, Alkohol, Nährstoffe wie Fette, Eiweiße und Zucker. Trotz dieser Einschätzung scheinen diese Inhalte im Unterricht der Fachsystematik untergeordnet.

Erfahrungen mit offeneren Unterrichtsformen

Der vierte und letzte Teil der Interviews fokussiert auf **Erfahrungen** der Lehrer **mit offenen Unterrichtsformen**. Alle Lehrer geben an, schon einmal Stationsarbeit durchgeführt zu haben. Die Kontexte dieser Aussagen lassen jedoch schlussfolgern,

dass damit fast alle die experimentelle Arbeit im Praktikum meinen. Die Arbeit mit „theoretischen Stationen“ wird nur von zwei Lehrern genannt.

Auch hier sind es wieder ausschließlich die Fachleiter, die neben Stationsarbeit auch andere offene Arbeitsformen aus ihrer Unterrichtspraxis benennen, z.B. Projektarbeit zu Duft- und Aromastoffen, Freiarbeit zum Thema Stickstoff und Ammoniak. Die anderen Befragten bleiben in ihren Aussagen sehr unbestimmt und verwenden beispielsweise Formulierungen wie „*bei Kohlenhydraten da bietet sich das an*“, „*in der 9 ... ist es mehrmals möglich*“ oder „*in der Elektrochemie kann man was machen*“; Aussagen also, die kaum eine Interpretation zulassen, ob es sich um tatsächliche Erfahrungen handelt, ob die Durchführung mit offeneren Lernformen geplant ist oder ob sie nur prinzipiell für möglich gehalten wird. Es ist auch nicht möglich abzuleiten, welche konkrete Lernform durch „das“, „es“ oder „was“ in den oben aufgeführten Zitaten bezeichnet wird. Die Befragten weichen auf unspezifische Pronomen aus und vermeiden den Gebrauch didaktisch-methodischer Fachtermini.⁸⁶ Das Gesprächsverhalten der Lehrer (wie es sich auch bereits in den Antworten auf die Frage nach der methodischen Gestaltung ihres Unterrichts gezeigt hat) lässt mehrere Interpretationsmöglichkeiten zu:

- Möglicherweise ist der unvollständige Gebrauch didaktisch-methodischer Fachsprache ein weiteres Indiz dafür, dass es Lehrer nicht gewohnt sind, Unterricht zu reflektieren und mit Distanz zum eigenen Handeln darüber zu kommunizieren.
- Denkbar wäre auch, dass Lehrer Methoden, von denen sie nicht konkret berichten, nicht anwenden. (Es gibt in allen Fällen Unterrichtsbeispiele, die im Rahmen des Interviews von den Befragten detailliert beschrieben werden. Auffällig ist jedoch, dass sie bei offenen Lernformen nicht konkret werden.)
- Es könnte auch abgeleitet werden, dass Lehrerhandeln bedingt durch jahrelange Erfahrung zum Teil intuitiv erfolgt und nicht explizit und bewusst begründet wird.⁸⁷

⁸⁶ Dieser Teil des Interviews gestaltete sich schwierig, da von Seiten des Interviewers der Gebrauch didaktisch-methodischer Termini wie Gruppenarbeit, Lernzirkel, Freiarbeit oder Stationsarbeit vorausgesetzt wurde. In der Interviewsituation wurde jedoch deutlich, dass nicht alle Lehrer die Begriffe als aktiven Wortschatz gebrauchen. Die Lehrer während des Interviews zu einer fachlich korrekten Konkretisierung der Pronomen aufzufordern, war schwer möglich. Während des Interviews entstand zeitweilig der Eindruck, dass einige Lehrer dieses Interview als eine ihre Tätigkeit überprüfende Befragung interpretieren, (Teil der Antwort einer Lehrerin: „Also gar nichts läuft nicht, also ein bisschen was machen wir schon.“) der sich durch insistierende Nachfragen vermutlich verstärkt hätte.

⁸⁷ Vgl. dazu Ausführungen von Gräber zur Bedeutung subjektiver Theorien und Unterrichtsskripts im Lehrerhandeln in Handreichungen zum „Kooperativen Lernen“ im Rahmen von SINUS.

Die genannten Interpretationsmöglichkeiten können an dieser Stelle nur vorsichtig formuliert werden und bedürften weiterer Untersuchungen (die aber nicht vorrangiges Ziel dieser Arbeit sind).

Im Zusammenhang mit offeneren Unterrichtsformen wurden die Lehrer weiterhin befragt, inwieweit sie Schüler in Klassenstufe 9 für fähig erachten, weitgehend selbständig zu arbeiten und Lernprozesse selber zu reflektieren und zu steuern. Nahezu alle Lehrer sind der Meinung, dass Schüler in der Jahrgangsstufe 9 noch nicht fähig sind, ohne steuernde Hilfe des Lehrers selbständig zu arbeiten. Mehrere Lehrer erwarten, dass die Schüler Schwierigkeiten haben, „aus der Fülle von Informationen das Wichtigste herauszufinden und das in einer angemessenen Zeit.“ Weiterhin gibt ein Lehrer an, dass es den Schülern „einfach schwer [fällt], den Text zu erfassen ... Das geht ja so weit, dass die Aufgabenstellungen in Klassenarbeiten nicht erfasst werden.“ Außerdem müsse der Lehrer klar machen, „wie die Präsentation erfolgen soll und wo ... sie ihre Informationen herbekommen.“

In der Fortführung ihrer Gedanken nennen einige Lehrer auch Lösungsansätze. Oft kommt die Einsicht, dass Schüler häufiger selbständig arbeiten sollten: „Wenn man so was öfter machen würde, wäre das besser“ oder „dass man doch mehr auch auf so komplexere Aufgaben Wert legen müsste.“ Eine andere Lehrerin nimmt den Schülern einen Teil der Arbeit, z.B. bei der Beschaffung von Informationen ab: „Da muss man schon ein bisschen mithelfen. Ich besorge dann die Adressen auch selbst.“

Die Antworten zeigen einerseits, dass die Lehrer ihre Schüler zum Teil unterschätzen und ihnen zu wenige Möglichkeiten geben, selbständig zu arbeiten, ihnen vielleicht auch zu wenig zutrauen. Andererseits bieten die Antworten auf diese Frage wertvolle Ansatzpunkte für die Konstruktion von Unterrichtseinheiten, mit denen an die Probleme der Schüler angeknüpft werden kann, die die Lehrer hier benennen.

Bemerkenswert ist weiterhin, dass die Lehrer Defizite in der Arbeitsweise der Schüler erkennen (Erfassen von Texten, Beschaffen von Informationen, Zeiteinteilung. . .), im Interview jedoch nicht aussagen, dass oder wie man mit Chemieunterricht ansetzen kann, sodass Schüler auch Arbeitstechniken üben und erfolgreich anwenden.

Zusammenfassung

Die veränderten Ansprüche an Chemieunterricht, neben fachlichen Inhalten auch Lernprozesse und Lernmethoden zu thematisieren, wie es z.B. die MNU fordert (vgl. S. 10), finden sich im Jahr 2001 nur mit wenigen Ausnahmen in den Aussagen der Lehrer wieder.⁸⁸

⁸⁸ Hinsichtlich der Einordnung dieser Aussage ist zu berücksichtigen, dass die Interviews im Jahr 2001 geführt wurden. Zu dieser Zeit waren Lern- und Arbeitsmethoden noch nicht so stark in den Fokus der Diskussion gerückt wie heute. Zwar war der Neue Thüringer Lehrplan bereits seit knapp zwei Jahren in Kraft, doch die wenig reduzierten, detaillierten Ausführungen zu fachlichen Inhalten im Lehrplan für das Fach Chemie legen natürlich nahe, gewohnte Hand-

- In den Interviews wird deutlich, dass im Jahr 2001 der Schwerpunkt bei der Gestaltung von Chemieunterricht vorwiegend auf inhaltlichen Aspekten liegt und häufig an der Vermittlung von Fachwissen orientiert ist.
- Die Umsetzung des Thüringer Lehrplans erfolgt meist mit der Prämisse, fachliche Inhalte abzuarbeiten. Überlegungen zur Ausbildung von Lernkompetenz finden sich in den Interviews nicht wieder.
- Die Lehrer sehen zum einen Defizite in der Beherrschung von Arbeitsmethoden durch die Schüler, zum anderen werden Arbeitsmethoden als explizite Inhalte von Unterricht nicht thematisiert.

In den Interviews wird durch die Lehrer nicht thematisiert, dass sie Lernprozesse mit den Schülern reflektieren. Das deutet darauf hin, dass eine Kommunikation darüber, was, wie und warum gelernt wird, mit Schülern wenig stattfindet.

Das Gesprächsverhalten der Befragten deutet darauf hin, dass es einigen Lehrern schwer fällt, ihr unterrichtliches Handeln mit Abstand zu betrachten, auf einer Meta-Ebene zu reflektieren und darüber zu kommunizieren.

- Bei der Diskussion von Unterrichtsmethoden und offeneren Lernformen zeichnen sich Unterschiede im Gesprächsverhalten von Lehrern und Fachleitern ab. Während die Fachleiter sowohl konkrete Unterrichtssituationen beschreiben als auch didaktisch-methodische Fachtermini benutzen, bleiben die Äußerungen der Lehrer oft unkonkret.
- Die unkonkreten Aussagen der Lehrer (nicht Fachleiter) zu Erfahrungen mit offenen Unterrichtsformen lassen offen, ob die Durchführung solcher Unterrichtssequenzen nicht stattfindet oder unzureichend kommuniziert wird.
- Die beobachteten Unterschiede liegen möglicherweise darin begründet, dass es die Qualifikation eines Fachleiters eher erfordert, Unterrichtsgeschehen zu analysieren und darüber zu kommunizieren.

lungsmuster bei der Gestaltung von Unterricht beizubehalten. Dabei ist das von den Lehrern immer wieder angebrachte Argument, die Stofffülle des Lehrplans lasse kaum Zeit für den Einsatz offener Unterrichtsformen, natürlich nicht von der Hand zu weisen – auch wenn einzelne Beispiele (insbesondere bei Fachleitern) zeigen, dass es trotz des Lehrplans möglich ist, offen zu arbeiten und neben der Wissensvermittlung andere Schwerpunkte zu setzen.

2.2.2 Ergebnisse einer Schülerbefragung in Thüringen

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer Schülerbefragung diskutiert, die im Frühjahr 2001 an 12 Thüringer Gymnasien durchgeführt wurde. Befragt wurden 529 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 8, 9 und 10 mit einem Fragebogen, der sowohl fünfstufige Rating-Skalen (sechsstufig bei der Bewertung von Unterrichtsfächern) als auch offene Fragen enthält.

Ziel des Schülerfragebogens war es, die methodische und inhaltliche Gestaltung von Chemieunterricht aus Sicht der Schüler zu beschreiben. Mit dem ersten Teil des Fragebogens wurde untersucht, wie beliebt Chemieunterricht im Vergleich zu anderen Fächern ist und welche Methoden im Chemieunterricht an Thüringer Gymnasien aus Sicht der Schüler in welchem Ausmaß Anwendung finden. Weiterhin wurden die Schüler dazu befragt, welche Einstellungen sie gegenüber den verschiedenen Methoden entwickelt haben und welche inhaltlichen Aspekte des Chemieunterrichts sie besonders bzw. gar nicht ansprechen.

Für die Auswertung der Antworten wurden Mittelwerte, Häufigkeiten sowie korrelative Zusammenhänge ermittelt. Die Auswertung von Rating-Skalen mit Hilfe parametrischer Verfahren ist aus sozialempirischer Sicht umstritten. Es gibt jedoch Untersuchungen, die belegen, dass „parametrische Verfahren . . . auch dann zu korrekten Entscheidungen [führen], wenn das untersuchte Zahlenmaterial nicht exakt intervallskaliert ist.“⁸⁹ In diesem Fall werden Mittelwerte berechnet und interpretiert, da durch sie Tendenzen ausreichend beschrieben werden. Die Bestimmung der Korrelationskoeffizienten erfolgte nach Spearman. Für die Auswertung werden lediglich signifikante ($p \leq 0,05$) und hochsignifikante ($p \leq 0,01$) Werte berücksichtigt.

Betrachtet man die Mittelwerte der **Benotung der Fächer** auf einer Skala von 1 bis 6 (Tabelle 2.3⁹⁰), so wird deutlich, dass die Biologie (2,25) unter den Naturwissenschaften mit Abstand am beliebtesten ist. An zweiter Stelle steht bereits die Chemie (2,75), während Mathematik (3,04) und Physik (3,16) deutlich unbeliebter sind als die Chemie. Auch im Vergleich mit geistes- und sozialwissenschaftlichen Fächern belegt die Chemie einen der mittleren Plätze. Damit wird die Chemie von den Schülern an Thüringer Gymnasien erfreulicherweise positiver bewertet, als das beispielsweise von Woest⁹¹ in den 1990er Jahren in Bremen und Niedersachsen erhoben wurde. Die Häufigkeiten der entsprechenden Bewertungen sind annähernd normalverteilt, sodass die ermittelten Mittelwerte als aussagekräftig betrachtet werden können.

⁸⁹ BORTZ, J.; DÖRING, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin : Springer, 2003. S. 181.

⁹⁰ \emptyset : Durchschnitt, S: Standardabweichung

⁹¹ WOEST 1995

	\bar{x}	S
Biologie	2,25	1,005
Geschichte	2,63	1,202
Deutsch	2,65	1,073
Geografie	2,72	1,146
Chemie	2,75	1,246
Englisch	2,82	1,202
Mathematik	3,04	1,380
Physik	3,16	1,414

$N=529$

Tabelle 2.3: Bewertung verschiedener Unterrichtsfächer

Geschlechterspezifische Unterschiede hinsichtlich der Bewertung von Chemie sind prinzipiell zu erkennen, im Vergleich zu anderen Fächern jedoch nur (unerwartet) schwach ausgeprägt. Ein Mittelwertsvergleich (t-Test bei unabhängigen Stichproben) zeigt, dass alle Fächer außer Geografie von Schülerinnen und Schülern signifikant unterschiedlich bewertet werden (Tabelle 2.4). Die Differenz der Mittelwerte beider Geschlechter beträgt für die Chemie 0,31, für Englisch 0,30, für Biologie 0,25, für Mathematik 0,54, für Physik hingegen 1,05 und für Geschichte 0,58.

	\bar{x}	S		\bar{x}	S
Biologie	2,14	0,876	Geschichte	2,31	1,124
Deutsch	2,32	0,833	Biologie	2,39	1,138
Englisch	2,69	1,135	Chemie	2,57	1,292
Geografie	2,75	1,090	Physik	2,57	1,345
Chemie	2,88	1,195	Geografie	2,67	1,216
Geschichte	2,89	1,201	Mathematik	2,74	1,282
Mathematik	3,28	1,409	Englisch	3,00	1,266
Physik	3,62	1,293	Deutsch	3,09	1,190

weiblich, N=229 *männlich, N=230*

Tabelle 2.4: Bewertung verschiedener Unterrichtsfächer – geschlechtsspezifisch

Weiterhin wurde die Benotung des Chemieunterrichts in Abhängigkeit von der Klassenstufe ermittelt. Aus Tabelle 2.5 geht hervor, dass die Beliebtheit des Chemieunterrichts mit zunehmender Klassenstufe sinkt. Während der Chemieunterricht in Klassenstufe 8 noch relativ positiv bewertet wird (Mittelwert 2,35 – damit ist die Chemie bei den aufgeführten Fächern nach der Biologie das beliebteste Unterrichtsfach!), sinkt die durchschnittliche Bewertung in Klassenstufe 9 auf 2,76 und in Klassenstufe 10 schließlich bis auf 3,16. D.h. Chemieunterricht wird umso schlechter bewertet, je länger die Schüler ihn erlebt haben. Die Verschlechterung der Benotung ist in keinem anderen Fach in solcher Ausprägung zu verzeichnen wie in der Chemie.

Klasse		Chemie	Biologie	Deutsch	Englisch	Geografie	Geschichte	Mathematik	Physik
8	∅	2,35	2,21	2,72	2,86	2,46	2,84	3,28	3,13
	S	0,988	0,953	1,034	1,144	1,059	1,206	1,403	1,306
9	∅	2,76	2,59	3,29	3,12	2,59	2,65	3,29	3,65
	S	0,970	0,618	1,160	0,857	0,795	0,862	0,985	1,272
10	∅	3,16	2,27	2,54	2,77	2,99	2,42	2,79	3,16
	S	1,365	1,074	1,091	1,277	1,191	1,183	1,337	1,526

in Klasse 8 N=260, Klasse 9 N=17, Klasse 10 N=252

Tabelle 2.5: Mittelwerte der Bewertung verschiedener Fächer in Abhängigkeit von der Klassenstufe

Ferner bewerteten die Schüler auf einer fünfstufigen Skala die **Beliebtheit verschiedener Unterrichtsmethoden und Sozialformen** (1 = sehr gerne, 5 = überhaupt nicht gerne) ebenso wie die **Häufigkeit**, mit der sie sie in ihrem Chemieunterricht erleben (1 = fast jede Stunde, 5 = nie). Erwartungsgemäß ist das selbständige Experimentieren sehr beliebt (1,41). Es folgen weitere Unterrichtsformen, wie „auf Exkursion gehen“ (1,51), „ein Video schauen“ (2,01) und erst danach das „Beobachten vorgeführter Experimente“ (2,02). Weniger gerne hören die Schüler Vorträgen ihrer Mitschüler zu (2,85) und mit Abstand am wenigsten beliebt sind der Lehrervortrag (3,35) und die Arbeit mit Texten (3,43).

Unterrichtsmethode	∅	S
Experimente selbst durchführen	1,41	0,688
auf Exkursionen gehen	1,51	0,800
Videofilme	2,01	0,992
Experimente vorgeführt bekommen	2,02	0,804
Vorträgen meiner Mitschüler zuhören	2,85	0,877
dem Lehrer zuhören	3,35	0,915
Texte (z.B. im Lehrbuch) lesen	3,43	0,861

Tabelle 2.6: Beliebtheit von Unterrichtsmethoden

In Hinblick auf die Sozialformen lässt sich feststellen, dass Schüler besonders gerne in Partner- bzw. Gruppenarbeit arbeiten. Eher unbeliebt ist die selbständige Arbeit. Das deutet darauf hin, dass der kommunikative Aspekt, die Möglichkeit, sich miteinander über fachliche Inhalte auszutauschen, durchaus von Bedeutung ist (Tabelle 2.7).

<i>Sozialform</i>	\emptyset	<i>S</i>
Partner	1,81	0,748
Gruppe	1,93	1,028
Wechsel zwischen selbständiger Arbeit und Gruppenarbeit	2,38	1,003
mit Fragen und Antworten zwischen dem Lehrer und der Klasse	2,84	1,114
ganz alleine	3,33	1,431

Tabelle 2.7: Beliebtheit verschiedener Sozialformen

Befragt man Schüler, wie häufig aus ihrer Sicht verschiedene Unterrichtsmethoden angewandt werden, so ergibt sich folgendes Bild: Aus Sicht der Schüler dominiert im Chemieunterricht das fragend-entwickelnde Vorgehen. Experimente sind zwar Bestandteil des Unterrichts, werden jedoch mit größerer Häufigkeit vorgeführt als von Schülern selbständig durchgeführt. Schülervorträge, ebenso wie Phasen, in denen Schüler in Gruppen selbständig ein Thema bearbeiten, sind eher selten. Die häufigste Form der Schülertätigkeit ist die Arbeit mit Texten.

<i>Methode</i>	\emptyset	<i>S</i>
dem Lehrer zuhören	1,15	0,486
Texte (z.B. im Lehrbuch) lesen	2,34	0,976
Experimente vorgeführt bekommen	2,64	0,832
Experimente selbst durchführen	3,36	0,712
Videofilme über technische Prozesse, chemische Versuche oder anderes sehen	3,81	0,851
Vorträgen meiner Mitschüler zuhören	4,05	0,890
ein Thema in einer Gruppe bearbeiten	4,15	0,920
auf Exkursionen gehen	4,86	0,453

Tabelle 2.8: Häufigkeit von Unterrichtsmethoden

Aufschlussreich ist auch die graphische Gegenüberstellung von Beliebtheit verschiedener Methoden bei den Schülern und Häufigkeit im Chemieunterricht in Abbildung 2.4. Aus der Darstellung ist erkennbar, dass die methodische Gestaltung des Chemieunterrichts den Wünschen und Erwartungen der Schüler häufig nicht entspricht. Insgesamt kommt Schülern bei der Gestaltung des Chemieunterrichts eine eher passive Rolle zu. Lernformen, in denen Schüler selbst aktiv sind (wie Schülerexperimente, Gruppenarbeit oder Schülervorträge), werden eher selten eingesetzt. Wenn Schüler aktiv arbeiten, dann ist das häufig mit der Arbeit mit Texten verbunden. Das durch quantitative Daten konstruierte Bild von der Gestaltung des Chemieunterrichts und die dabei aufgezeigten Diskrepanzen zwischen Schülererwartung und Realität bestätigt sich auch in den offenen Antworten der Schüler. In den

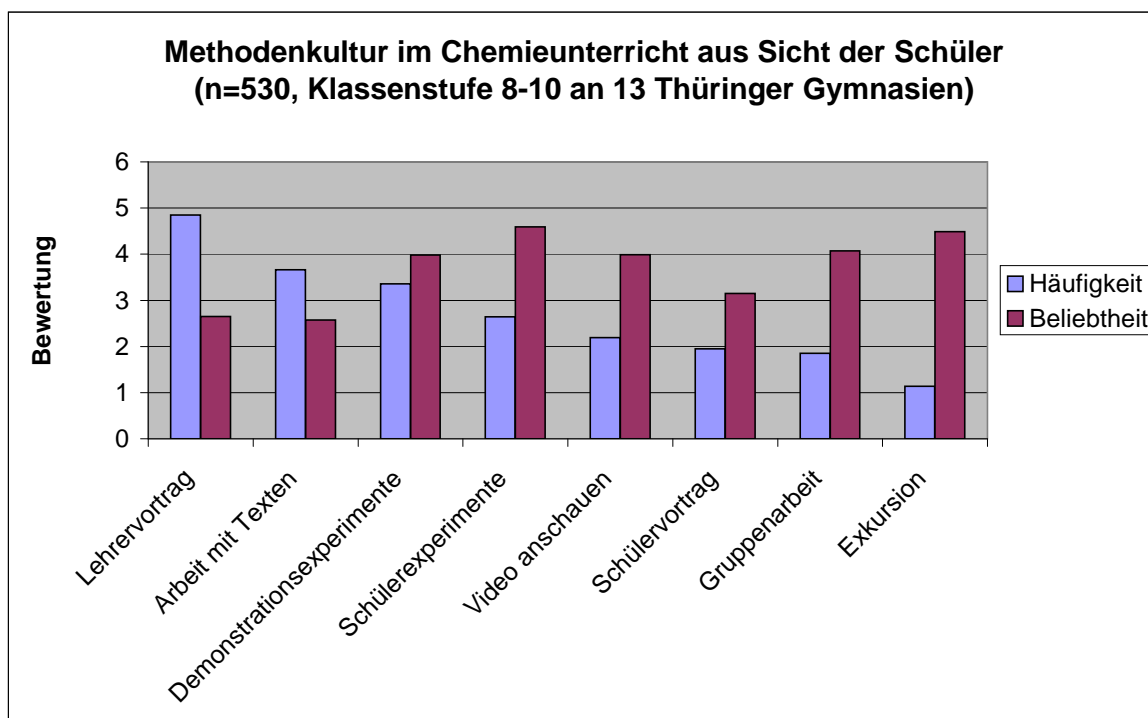


Abbildung 2.4: Methodenkultur im Chemieunterricht aus Sicht der Schüler

Schülerantworten spiegelt sich die Enttäuschung über die einseitige methodische Gestaltung wider: „*der Unterricht ist eintönig und langweilig; Theorie, Gleichungen lösen, Vorträge vom Lehrer*“ oder „*Chemie an sich finde ich sehr interessant, aber mir gefällt nicht, wie wir es im Unterricht behandeln.*“ Ein Schüler stellt resigniert fest: „*Im Chemieunterricht kann man eigentlich nicht viel anders machen. Es ist eben eintönig. Entweder man interessiert sich dafür oder nicht.*“

Die Antworten der Schüler auf die offene Frage nach Möglichkeiten oder Vorschlägen zur Veränderung des Chemieunterrichts lassen sich im Wesentlichen durch vier Kategorien beschreiben: Die Schüler wollen, dass der Unterricht **abwechslungsreicher gestaltet** wird. Dabei überrascht nicht, dass die Mehrzahl der Schüler (56,05% aller Antworten) den Chemieunterricht durch den verstärkten Einsatz von Experimenten verändern würde. Darüber hinaus drückt sich der Wunsch nach methodischer Abwechslung in den häufig genannten Vorschlägen aus, mehr Exkursionen zu unternehmen oder Lehrfilme häufiger einzusetzen (11,8%).

Zweitens wünschen sich die Schüler einen **stärkeren Alltagsbezug** der Inhalte des Chemieunterrichts. Die Schüler geben an: „*Es wäre schön, wenn es mehr ... Alltags- und Anwendungsbeispiele gäbe.*“; „*Der Chemieunterricht müsste mehr Bezug zur Praxis haben. Ich bin jetzt in der 10. Klasse und kann Formeln und Reaktionsgleichungen aufstellen, weiß aber nicht, wozu das in der Praxis gebraucht wird.*“ Die Aussagen der Schüler deuten darauf hin, dass es ihnen wichtig ist, mit dem im Unterricht Gelernten Prozesse des täglichen Lebens erklären zu können: „*Wie*

bereits gesagt, sollte mehr Praxis nahe unterrichtet werden, damit meine ich, dass auch ‚alltägliche Chemie‘ erklärt und begründet wird.“

Eine dritte Kategorie von Antworten drückt das ausdrückliche Verlangen der Schüler nach einer **Erhöhung der Schüleraktivität** und stärkerem Einbezug der Schüler aus. 7,08% der Schüler geben an, häufiger selbständig arbeiten und aktiv am Chemieunterricht teilhaben zu wollen. Dabei ist es für die Schüler auch wichtig, miteinander zu lernen und sich chemische Inhalte in Gruppen oder mit einem Partner zu erarbeiten (16,25%). Defizite hinsichtlich der Schüleraktivität wurden bereits mit Tabelle 2.8 aufgezeigt. Der explizite Wunsch der Schüler nach stärkerem Einbezug zeigt, dass sie den Mangel an Aktivität bewusst wahrnehmen. Sie wollen *„selbst experimentieren, forschend die Chemie entdecken. Es soll anregen Chemie zu machen, nicht durch die Predigten des Lehrers langweilen.“* *„Wenn ich könnte, würde ich viel mehr in Gruppen arbeiten lassen. Man versteht Dinge besser, wenn mehrere Leute darüber sprechen.“* Ein Schüler schlägt vor, *„mehr in Gruppen zu arbeiten, da dadurch der Chemieunterricht auch etwas entspannter wird und man trotzdem viel lernt.“* Weiterhin bestätigt die ausdrückliche Forderung nach Lernen in Gruppen oder mit einem Partner die positive Bewertung dieser Lernformen bei den mit Zahlen bewerteten Items zu Sozialformen.

In einer vierten Gruppe von Antworten machen die Schüler deutlich, dass sie es bevorzugen würden, lieber **weniger Inhalte, diese dann aber intensiver** zu behandeln. Die große Stofffülle und die damit verbundene Oberflächlichkeit sowie nicht vorhandene Möglichkeiten zur Vertiefung und Übung im Unterricht halten Schüler für veränderungswürdig. Sie wünschen sich *„mehr Zeit für die Bearbeitung von Aufgaben, um diese gründlicher zu machen“*, *„sich mit einem Thema längere Zeit gründlich [zu] befassen“* sowie *„mehr Übungszeit, nicht so schnell runtergerateter Stoff.“*

Neben Fragen zu Methoden im Chemieunterricht wurden die Schüler aufgefordert, auf einer fünfstufigen Rating-Skala einzuschätzen, wie gut ihnen **inhaltliche Themenbereiche** gefallen.

Wie Tabelle 2.9 zeigt, bewerten die Schüler Themen aus Natur, Haushalt und Technik positiv. Diese Ergebnisse decken sich zum einen mit den Einschätzungen der Lehrer (vgl. Auswertung des Lehrerinterviews, Kapitel 2.2.1) und bestätigen zum anderen den aus den Veränderungsvorschlägen abgeleiteten Wunsch der Schüler nach einem stärkeren Alltagsbezug der Inhalte des Chemieunterrichts. Ausnehmend typische Themen des Chemieunterrichts, wie das Aufstellen von Reaktionsgleichungen, chemische Gesetze und Berechnungen, werden von den Schülern eher negativ bewertet, wobei insbesondere bezüglich der Antworten zu den Items *„chemisches Rechnen“* und *„Reaktionsgleichungen“* eine große Streuung zu verzeichnen ist. Hier sind die Antworthäufigkeiten annähernd gleich auf die Rangwerte verteilt.

<i>Inhalt</i>	\bar{x}	<i>S</i>
Natur und Umwelt	2,15	0,927
Haushalt	2,32	0,906
Technik	2,6	1,091
Geschichte	3,1	1,126
Reaktionsgleichungen	3,12	1,291
Gesetze	3,17	0,940
Rechnen	3,36	1,320

N=529

Tabelle 2.9: Beliebtheit von Inhalten

Die Korrelationsanalyse nach Spearman weist einen signifikanten Zusammenhang zwischen Beliebtheit der Themen des Chemieunterrichts und der Benotung des Faches Chemie aus. Schüler, die Chemie positiv bewerten, mögen typisch chemische Themen, während bei Schülern, die Chemie negativ bewerten, chemische Gleichungen oder Berechnungen eher unbeliebt sind. Dieses Ergebnis überrascht nicht, bestätigt es doch die Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen in der Vergangenheit.⁹² Bei eher alltagsorientierten Themen ist dieser Zusammenhang weniger stark ausgeprägt.

<i>Inhalt</i>	<i>Korrelation Benotung des CU mit Inhalten</i>
Gesetze	0,308**
Gleichungen	0,491**
Natur	0,185**
Haushalt	0,116**
Technik	0,308**
Geschichte	0,114**
Rechnen	0,443**

Tabelle 2.10: Korrelation der Beliebtheit des Chemieunterrichts mit der Bewertung von Inhalten

Ein zweiter Teil des Fragebogens fokussierte auf die **Organische Chemie**. Schüler der Klassenstufe 10 (N=230) wurden nach ihren Erinnerungen an das Stoffgebiet und nach ihrem Interesse an Themen befragt, die im Zusammenhang mit Organischer Chemie besprochen werden können. Schüler der Klassenstufe 9 wurden nicht zur Organischen Chemie befragt. Es hätte sich keine homogene Stichprobe ergeben, weil die befragten Schüler sich entweder noch nicht oder unterschiedlich intensiv mit der Thematik befasst haben, da die Organische Chemie zum Zeitpunkt der Befragung Unterrichtsinhalt war oder wurde.

⁹² U.a. WOEST 1997. S. 34.

Die Schüler wurden aufgefordert, fünf Aspekte zu nennen, die sie mit dem Stoffgebiet der Organischen Chemie verbinden bzw. an die sie sich noch erinnern. Die quantitative Auswertung der Nennungen ergibt folgendes Bild:

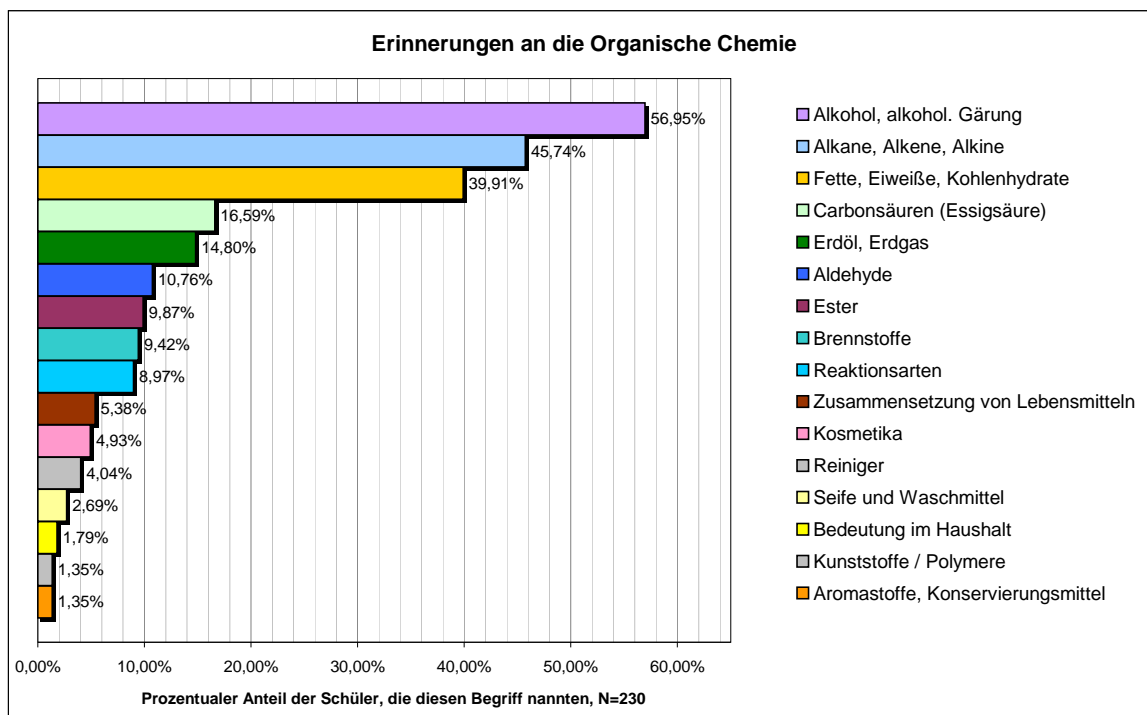


Abbildung 2.5: Erinnerung an die Organische Chemie

An erster Stelle steht das Thema Alkohole. Damit wird deutlich, welchen bleibenden Eindruck dieses alltagsbezogene und für 15-jährige Jugendliche durchaus relevante Thema bei den Schülern hinterlassen hat. Darauf folgen Alkane, Alkene, Alkine sowie die zusammengefasste Gruppe von Fetten, Eiweißen, Kohlenhydraten. Erklärungen für die vergleichsweise große Häufigkeit dieser drei Themen lassen sich aus dem Fragebogen nicht ableiten. Hier können nur interpretativ Vermutungen formuliert werden. Augenscheinlich ist zunächst, dass die Kategorisierung in „Alkane, Alkene, Alkine“ bzw. „Kohlenhydrate, Fette Eiweiße“ drei Untergruppen erfasst. Die Kategorisierung wurde so gewählt, weil die drei Begriffe in der Mehrzahl der Fälle gemeinsam genannt wurden und damit ebenso wie durch die inhaltliche Nähe der Begriffe eine gemeinsame Erfassung nahe liegt. (In diesem Zusammenhang ist darauf zu verweisen, dass auch die Kategorie „Reaktionsarten“ drei Begriffe – Addition, Substitution, Eliminierung – umfasst, wobei hier die Nennung weit weniger häufig ist.) Es ist davon auszugehen, dass die Häufigkeit der Nennung der Kohlenwasserstoffe ein Hinweis auf die Schwerpunktsetzung im Chemieunterricht ist.

Die hohe Platzierung von „Fetten, Eiweißen und Kohlenhydraten“ könnte damit im Zusammenhang stehen, dass Schüler diese Begriffe auch aus dem Biologieunterricht bekannt und damit geläufiger sind. Außerdem handelt es sich um Begriffe, die auch

außerhalb des Chemieunterrichts von Bedeutung sind.

Eine zweite Gruppe, die von etwa 9% bis 17% der Schüler genannt wird, sind typische Inhalte des Lehrplans (Carbonsäuren, Erdöl, Aldehyde, Ester, Brennstoffe, Reaktionsarten). Eher am Alltag orientierte Themen, wie Lebensmittelinhaltsstoffe, Kosmetika, Seifen und Waschmittel etc., werden von den Schülern nur sehr selten genannt (1 bis 5%).

Im Vergleich mit den Aussagen der Lehrer zur Gestaltung des Chemieunterrichts zur Organischen Chemie ist davon auszugehen, dass die Antworten der Schüler tendenziell die Inhalte des Chemieunterrichts widerspiegeln: Dominierend sind fachchemische Inhalte, während abgesehen von „Alkohol“ kaum alltagsorientierte Inhalte thematisiert werden.

Weiterhin wurden die Schüler aufgefordert, auf einer Rating-Skala zu bewerten, wie interessant sie die vorgegebenen möglichen Themen zur Organischen Chemie einschätzen. Erwartungsgemäß werden auch hier Inhalte mit Bezügen zum Alltag der Schüler besser bewertet als rein chemische Themen:

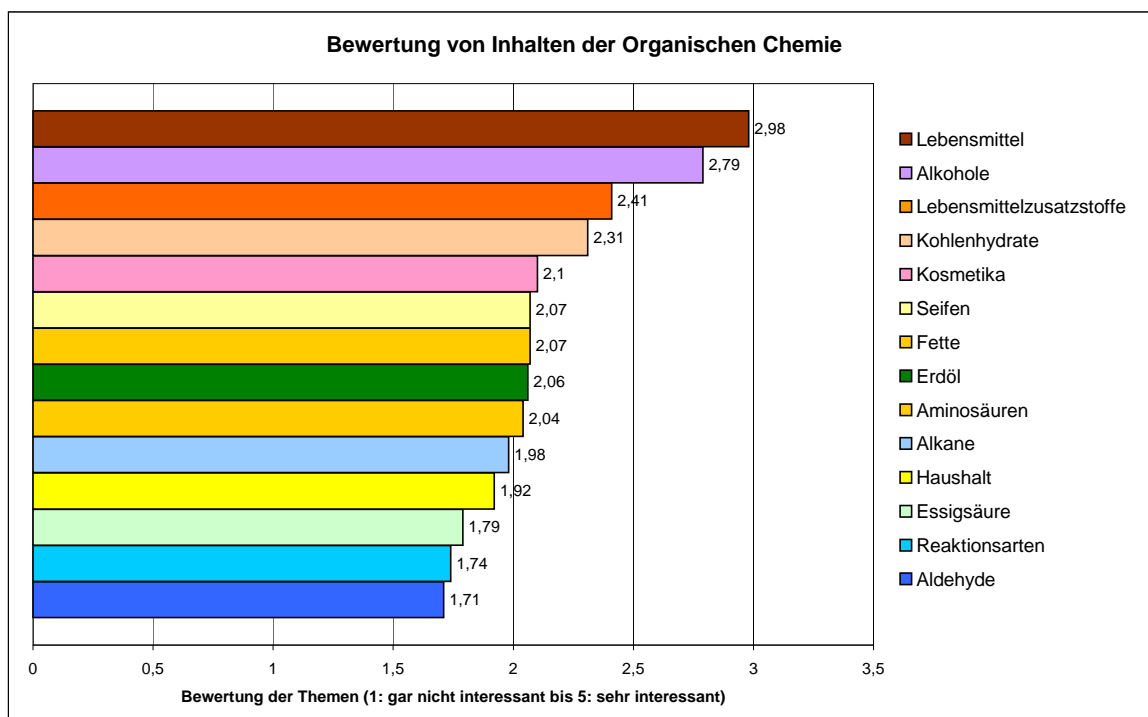


Abbildung 2.6: Bewertung möglicher Inhalte der Organischen Chemie

Hier zeigen sich signifikante⁹³ geschlechtsspezifische Unterschiede im Interesse der Schüler. Das Thema „Erdöl“ wird von Jungen signifikant besser bewertet als von Schülerinnen. Weiterhin bewerten Mädchen Themen wie „Kosmetika“, „Seifen“ oder „Haushaltsreiniger“ signifikant besser als Jungen; Ergebnisse, die so zu erwarten

⁹³ Die Signifikanz der Mittelwertsunterschiede wurde durch den t-Test für unabhängige Stichproben überprüft.

	\emptyset	S		\emptyset	S		\emptyset	S
Lebensmittel	2,05	0,970	Alkohole	2,03	1,132	Lebensmittel	1,92	0,875
Alkohole	2,22	1,144	Lebensmittel	2,19	1,048	Kosmetika	2,13	0,910
Lebensmittel- zusatzstoffe	2,6	0,997	Erdöl	2,68	0,915	Alkohole	2,39	1,131
Kohlenhydrate	2,72	1,016	Lebensmittel- zusatzstoffe	2,74	1,047	Lebensmittel- zusatzstoffe	2,47	0,933
Kosmetika	2,93	1,312	Kohlenhydrate	2,77	1,051	Seifen	2,62	1,015
Fette und Öle	2,94	0,904	Alkane	2,92	1,234	Kohlenhydrate	2,67	0,983
Seifen	2,94	1,072	Fette und Öle	3,03	0,930	Fette und Öle	2,85	0,873
Erdöl	2,95	0,877	Aminosäuren	3,06	1,090	Aminosäuren	2,88	0,978
Aminosäuren	2,97	1,035	Aldehyde	3,14	1,192	Haushalts- reiniger	2,97	1,063
Alkane	3,04	1,238	Essigsäure	3,21	1,097	Alkane	3,15	1,236
Haushalts- reiniger	3,12	1,084	Reaktionsarten	3,24	1,252	Erdöl	3,2	0,761
Essigsäure	3,23	1,032	Haushalts- reiniger	3,28	1,089	Essigsäure	3,24	0,971
Reaktionsarten	3,27	1,236	Seifen	3,30	1,022	Reaktionsarten	3,31	1,225
Aldehyde	3,3	1,151	Kosmetika	3,79	1,122	Aldehyde	3,45	1,093
<i>gesamt, N=252</i>			<i>männlich, N=122</i>			<i>weiblich, N=130</i>		

Tabelle 2.11: Interesse der Schüler – geschlechtsspezifisch

waren und auch die Erfahrungen der Lehrer bestätigen.

Ein Vergleich der Erinnerungen der Schüler an die Organische Chemie mit ihrer Interessenlage zeigt, dass der erlebte Chemieunterricht den Erwartungen und Wünschen der Schüler hinsichtlich der inhaltlichen Gestaltung ebenso wenig entspricht wie hinsichtlich der methodischen Gestaltung des Unterrichts.

Zusammenfassung

Aus Sicht der Schüler ergibt sich ein Bild von Chemieunterricht an Thüringer Gymnasien im Jahr 2001, das sich durch folgende Thesen beschreiben lässt:

Chemieunterricht ist bei den Schülern beliebter, als es frühere Untersuchungen in anderen Bundesländern vermuten lassen. Bedenklich stimmt jedoch, dass die Beliebtheit des Chemieunterrichts mit zunehmender Jahrgangsstufe sinkt. Die Vermutung liegt nahe, dass der erteilte Chemieunterricht dazu führt, dass die Beliebtheit des Faches sinkt.

Die methodische Gestaltung des Chemieunterrichts an Thüringer Gymnasien ist stark lehrerzentriert. Unterrichtsformen, in denen Schüler aktiv werden und selbsttätiges Lernen gefördert wird, finden kaum Berücksichtigung – ein Defizit, das sich in den Wünschen von Schülern zur Veränderung des Chemieunterrichts wiederfindet. Die Schüler wollen am Unterricht aktiver teilhaben.

Die Häufigkeit des Einsatzes verschiedener Unterrichtsformen widerspricht der Beliebtheit der jeweiligen Methoden bei Schülern.

Die Inhalte des Chemieunterrichts orientieren sich stark an der Fachsystematik. Hier entspricht die Unterrichtsrealität nicht den Erwartungen und Wünschen der Schüler, denn Bezüge zum Alltag sind wenig ausgeprägt und die Interessen der Schüler finden kaum Berücksichtigung.

2.2.3 Analyse der Lehrpläne und Rahmenrichtlinien aller Bundesländer

Mit Hilfe der Lehrer- und Schülerbefragung wurde dargestellt, wie Chemieunterricht an Thüringer Gymnasien inhaltlich und methodisch gestaltet wird. Um einen Eindruck von Ansprüchen, die bundesweit an Inhalte und Methoden des Chemieunterrichtes gestellt werden zu bekommen, wurden die gesetzlich festgeschriebenen Lehrpläne oder Rahmenrichtlinien aller Bundesländer analysiert. Im folgenden Kapitel werden neben dem Stellenwert der Organischen Chemie auch allgemeine Aufgaben und Bildungsziele des Chemieunterrichts analysiert.

Zunächst werden die Ergebnisse der Untersuchung im Jahr 2001 dargestellt. Da seitdem die Mehrzahl der Lehrpläne überarbeitet wurde, sollen mit dem zweiten Teil dieses Kapitels die seit 2001 überarbeiteten Fassungen betrachtet und Tendenzen in den vorgenommenen Veränderungen beschrieben werden.

Ergebnisse der Lehrplananalyse im Jahr 2001

Stellenwert der Organischen Chemie

Um einen Eindruck vom Stellenwert der organischen Chemie in den gesetzlich festgelegten Rahmenrichtlinien zu bekommen, wurden im Jahr 2001 alle Rahmenrichtlinien der Bundesländer hinsichtlich folgender Fragestellungen analysiert: Ist Organische Chemie Bestandteil des Lehrplans in der Sekundarstufe I und welche inhaltlichen Schwerpunkte werden gesetzt? Folgen die Lehrpläne weitgehend der Fachsystematik bzw. inwieweit werden Alltagsbezüge hergestellt und gefordert?

Auffallend ist, dass die Organische Chemie in 4 Bundesländern (Bayern, Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein) nicht Bestandteil des Curriculums der Sekundarstufe I ist. (Der niedersächsische Lehrplan verweist lediglich darauf, allgemeine chemische Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten nicht ausschließlich an Beispielen der Anorganischen Chemie zu besprechen, sondern auch Beispiele organischer Stoffe zu verwenden. Von einer Ausbildung in Organischer Chemie kann hier aber nicht gesprochen werden.) Bedenkt man, dass Schüler Chemie nach der 10. Klasse abwählen können, so hat das zur Folge, dass sie in ihrem Chemieunterricht mit hoher Wahrscheinlichkeit nichts über Stoffe und Reaktionen erfahren, die für unser Leben von essentieller Bedeutung sind. Die Situation in Nordrhein-Westfalen ist ähnlich: hier

sollen wenige Prinzipien der Organischen Chemie am Beispiel nur einer Stoffgruppe (Kunststoffe *oder* Fette, Seifen, Waschmittel *oder* Kohlenhydrate *oder* Brennstoffe *oder* organische Säuren) thematisiert werden.

In den übrigen 10 Bundesländern umfassen die Lehrpläne nahezu alle aus fachsystematischer Sicht wichtigen Teilthemen der Organischen Chemie: Erdöl und Erdgas als Energieträger, gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, Alkanole, Aldehyde und Ketone als Oxidationsprodukte der Alkanole, Carbonsäuren, Reaktionsarten. In Ansätzen lebensweltliche Bezüge wie Kohlenhydrate, Fette, Seifen/Waschmittel und Eiweiße hingegen sind nur in den Richtlinien von 7 Ländern (Thüringen, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Hessen, Bremen, Berlin) festgeschrieben.

Eine Ausnahme im positiven Sinne stellen die Bundesländer Berlin, Brandenburg und Rheinland-Pfalz dar. Hier wird die Besprechung alltagsrelevanter Themenkomplexe wie Kunststoffe, Duft- und Aromastoffe, Haushaltsreiniger oder Lebensmittelzusatzstoffe (z.T. zumindest als Wahlpflichtthema) durch die Lehrpläne festgelegt. Insgesamt zeigt die Analyse der Lehrplaninhalte, dass die Organische Chemie angesichts der Bedeutung organischer Produkte und Reaktionen im täglichen Leben in den Lehrplänen der Sekundarstufe I unterrepräsentiert ist. Dabei wird der Lehrgang der Organischen Chemie, wenn sie Bestandteil des Curriculums ist, vornehmlich durch die Fachsystematik bestimmt. Das Potential, das die Organische Chemie bietet, Schüler für chemische Fragestellungen zu interessieren und zu begeistern, bleibt zum großen Teil ungenutzt, denn wie kaum eine andere Teildisziplin der Wissenschaft Chemie bietet die Organische Chemie vielfältige Möglichkeiten zur Herstellung von Alltagsbezügen und zum Einbezug der Erfahrungswelt der Schüler. Damit wird eine Möglichkeit, Schüler durch Themen, die sich an ihrem Interesse und ihren Erfahrungen orientieren, für die Chemie zu begeistern, vergeblich.

Abschließend kann festgestellt werden, dass zwischen den Inhalten der Lehrpläne und den im Schülerfragebogen ermittelten Interessen der Schüler eine Diskrepanz besteht, die möglicherweise einen Hinweis darauf gibt, warum die Beliebtheit des Chemieunterrichts in Sekundarstufe I mit zunehmender Klassenstufe sinkt. Es wird deutlich, dass Handlungsbedarf hinsichtlich der Umgestaltung des Chemieunterrichts in Sekundarstufe I besteht. Unterrichtskonzepte und gelungene Aufarbeitungen interessanter, anspruchsvoller Themen für die Sekundarstufe II kommen zu spät, wenn Lerner bereits in der Sekundarstufe I resignieren, das Fach abwählen und nicht bis zur Sekundarstufe II erhalten bleiben.

Allgemeine Aufgaben und Bildungsziele des Chemieunterrichts

Ein zweiter Schwerpunkt der Lehrplananalyse lag auf allgemeinen Aufgaben und Erziehungszielen des Chemieunterrichts. Hier wurde untersucht, in welchem Um-

fang allgemeine Erziehungsziele Bestandteil der Lehrpläne sind, welche Ansprüche hinsichtlich der Stoffauswahl (am Fach vs. am Alltag orientiert) gestellt werden und inwieweit aus methodischer Sicht die selbständige Arbeit von Schülern gefordert wird.

Mit Ausnahme von Bayern und Bremen sind Ausführungen zu allgemeinen Aufgaben und Zielen des Chemieunterrichts Bestandteil der Rahmenrichtlinien für das Fach Chemie, wobei die Ausführungen im Umfang zwischen 2 Seiten (Hamburg oder Saarland) und 17 Seiten (Brandenburg) variieren.

Hinsichtlich der **Ansprüche an die Stoffauswahl** ist in vielen Bundesländern (Berlin, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) bereits im Jahr 2001 eine Neuorientierung erkennbar. So wird unter anderem in Berlin, Sachsen-Anhalt oder Thüringen die „stärkere Berücksichtigung von Alltagsbezügen“ und die „Anknüpfung an die Erfahrungswelt der Schüler“ gefordert. Brandenburg fordert eine geringere Stofffülle unter stärkerer Berücksichtigung des Prinzips des exemplarischen Lernens, ebenso wie Hessen bereits 1996 exemplarisches, ganzheitliches, fächerübergreifendes Lernen als Prinzipien des Unterrichts benennt. Niedersachsen schreibt fest, dass Methodenkenntnis und –beherrschung sowie die lebensweltliche Erfahrung der Schüler „wichtiger als der Aufbau von Wissensbeständen“ seien.

Wenige Bundesländer (Baden-Württemberg, Hamburg, Rheinland-Pfalz) hingegen betonen die vorwiegend fachliche Qualifizierung durch den Chemieunterricht. Hamburg benennt beispielsweise „die Einführung in Grundstrukturen der Fachwissenschaft“ als Ziel des Chemieunterrichts.

In einigen Lehrplänen werden neben chemischen Inhalten auch Ansprüche an die methodische Gestaltung des Chemieunterrichts formuliert. So fordert Brandenburg, den „Frontalunterricht durch andere Lernformen zu ergänzen“ und Schüler „zum selbständigen und eigenverantwortlichen Handeln [zu ermuntern und zu befähigen].“ Ebenso empfehlen Berlin die „zunehmend selbständige Bearbeitung von Themen durch die Schüler“ oder Mecklenburg-Vorpommern die „zunehmend selbständige Auseinandersetzung mit Phänomenen, Gesetzen, Theorien.“ Die geforderte zunehmende Selbständigkeit würde implizieren, dass Schüler entsprechende Arbeitstechniken und Methoden entwickeln, die sie zur selbständigen Arbeit befähigen. Der Begriff der methodischen Kompetenz oder differenziertere Arbeitsmethoden, die Schüler zu größerer Selbständigkeit befähigen, werden in den oben genannten Richtlinien als solche jedoch noch nicht genannt. Der Thüringer Lehrplan hingegen, dem bereits im Jahr 1999 ein Kompetenzmodell zugrunde liegt, fordert explizit „die Anwendung von selbständigen Denk- und Arbeitsweisen, Lern- und Arbeitstechniken für eigenverantwortliches Lernen“ sowie „die Vervollkommnung der Methoden des selbständigen Wissenserwerbs“ im Rahmen der Entwicklung von „Methodenkompetenz“.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Lehrpläne von 14 der 16 Bundesländer Ausführungen zu allgemeinen Aufgaben und Zielen enthalten. In der Mehrzahl der Fälle spiegeln sich in den formulierten Ansprüchen bereits aktuellere Tendenzen zur Gestaltung des Chemieunterrichts wider (Orientierung an der Alltags- und Erfahrungswelt der Schüler, Förderung der selbständigen Arbeit der Schüler). Die überwiegende Dominanz rein fachwissenschaftlicher Ziele ist nur in den Curricula weniger Länder zu verzeichnen. Dennoch muss festgestellt werden, dass die Umorientierung bei der Beschreibung allgemeiner Ziele des Chemieunterrichts häufig noch im Widerspruch zu den inhaltlichen Vorgaben und der stofflichen Fülle im 2. Teil vieler Lehrpläne steht, wo Freiräume für selbständige Arbeit nur unzureichend geschaffen und Alltagsbezüge marginalisiert werden. Die Umsetzung der allgemeinen Anforderungen impliziert die Ausbildung von Methodenkompetenz (im Sinne von Lern- und Arbeitstechniken), die Konkretisierung relevanter Lern- und Arbeitstechniken bleibt jedoch offen.

Veränderungen und Tendenzen im Jahr 2005

Im Rahmen der Diskussion um die Ergebnisse von TIMSS 1998 und PISA im Jahr 2000 wurden auch die Inhalte vieler Rahmenrichtlinien überarbeitet, sodass die Beschreibung der Entwicklungstendenzen im Jahr 2005 an dieser Stelle interessant ist. Ein umfassender Vergleich der Inhalte aller neu geschriebenen Lehrpläne ist im Rahmen dieser Arbeit nicht sinnvoll. Daneben erschwert die Verschiedenheit der Dokumente einen differenzierten Vergleich. Allein in ihrem Umfang unterscheiden sich die Lehrpläne zum Teil beträchtlich (Baden-Württemberg 8 Seiten, Thüringen 108 Seiten) ebenso wie in ihrer Struktur und Schwerpunktsetzung. Interessant für dieses Forschungsvorhaben sind vor allem die Veränderungen allgemeiner Aufgaben und Ziele des Chemieunterrichts hinsichtlich folgender Fragen:

- Basieren die Rahmenrichtlinien auf Kompetenzmodellen und werden explizite Aussagen zum Methodenlernen gemacht?
- Wie erfolgt die Darstellung fachlicher Inhalte in Bezug auf Alltagsorientierung, Konkretisierungsgrad der Vorgaben, Orientierung an Basiskonzepten?

Die Lehrpläne von 9 Bundesländern lagen im Januar 2005 in einer neuen Fassung vor. Nicht verändert wurden bis dahin die Richtlinien in *Bayern*, *Berlin*, *Nordrhein-Westfalen*, *Schleswig-Holstein* und *Thüringen*.

In *Niedersachsen* sind die seit 1994 geltenden Rahmenrichtlinien noch in Kraft, wurden aber durch Empfehlungen für die Schuljahrgänge 7-10 ergänzt. Diese Empfehlungen sind vorwiegend inhaltlicher Natur und enthalten keine weiteren Ausführungen zu allgemeinen Bildungszielen. Die Richtlinien von 1994 beschreiben kein Kompetenzmodell, gehen aber davon aus, dass Methodenkenntnis und –beherrschung den

heutigen Anforderungen mehr entsprechen als der Aufbau kontingenter und rasch wechselnder Wissensbestände. Eine Neufassung der Rahmenrichtlinien wird diskutiert.

Der *Sächsische Lehrplan* ist im Umbruch. Die Implementierung erfolgt jahrgangsweise, d.h. für Klassenstufe 8 (1. Lernjahr Chemie) gilt der neue Lehrplan ab 2005/06. Zum Zeitpunkt der Analyse lag der Lehrplan für das Fach Chemie noch nicht vor, sodass lediglich die veränderten allgemeinen Grundsätze in die Analyse einbezogen wurden. Diese benennen Lern-, Methoden und Sozialkompetenz als Ziele des Unterrichts. Ein kohärentes Kompetenzmodell liegt jedoch nicht zugrunde.

Das Land *Baden-Württemberg* formuliert „Bildungsstandards für Chemie“, die mit einem Umfang von 8 Seiten die mit Abstand am wenigsten umfangreichen Rahmenrichtlinien aller Bundesländer darstellen. Den Bildungsstandards liegt kein Kompetenzmodell zugrunde. Es wird jedoch vom „Erwerb allgemeiner Kompetenzen“ gesprochen, wobei die Aussagen relativ allgemein bleiben („logisches Denken und Transferdenken“ oder „Anwendung des Wissens in der Gesellschaft“). Konkrete Angaben zum Methodenlernen werden nicht gemacht. Auch aus inhaltlicher Sicht sind die Themenvorgaben eher wenig konkret. Sie orientieren sich – ähnlich den Basis Konzepten – an allgemeinen inhaltlichen Konzepten (Stoffe und ihre Teilchen, Stoffe und ihre Eigenschaften, Chemische Reaktion, Ordnungsprinzipien, Arbeitsweisen, Umwelt und Gesellschaft).

Der *Brandenburger Lehrplan* geht von einem „Ganzheitlichen Kompetenzmodell“ aus, das Lernen durch die vier Dimensionen Sach-, Methoden-, Soziale und Personale Kompetenz beschreibt. Im Rahmen dieses Modells werden konkrete Methoden genannt, die durch den Unterricht in allen Fächern (u.a. Lesefähigkeit; Aneignen, Verarbeiten und Präsentieren von Informationen) und durch das Fach Chemie im besonderen entwickelt werden sollen (u.a. Schüler können Nachschlagewerke, Fachliteratur, Tabellen und Grafiken sowie moderne Medien zur Kontrolle, Bestätigung bzw. Erweiterung des Wissens sicher handhaben). Die Inhalte werden vergleichsweise konkret formuliert, Basiskonzepte werden nicht explizit zugrunde gelegt. Es wird eine stärkere Orientierung der Inhalte am Alltag und der Erfahrungswelt der Schüler gefordert.

Dem *Bremer Lehrplan* stehen in der aktuell geltenden Fassung umfassende Ausführungen zu allgemeinen Aufgaben des Unterrichts voran. Auch hier liegt ein Kompetenzmodell zugrunde, das auf Sach-, Methoden-, Sozialer und Personaler Kompetenz basiert, die in diesem Modell zur Ausbildung von „Handlungskompetenz“ beitragen. Ziel des Unterrichts sind neben fachgemäßen Arbeitsmethoden auch Methoden des selbständigen Kenntniserwerbs. Die inhaltlichen Leitlinien sind weniger konkret gefasst und orientieren sich an „Fachkonzepten“, wie Stoff-Teilchen-Konzept, Energie-, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Donator-Akzeptor-Prinzip. Zu so genannten „Rah-

menthemen“ werden aus den Fachkonzepten verbindliche Inhalte abgeleitet, die durch Alltagsbezüge aus „Erschließungsbereichen“ (Haushalt und Alltag, Umwelt und Natur, Technik, Leben und Gesundheit) ergänzt werden sollen.

In ähnlicher Weise werden die Inhalte im *Hamburger Lehrplan* dargestellt. Es werden relativ offene, aber verbindliche fachliche Konzepte festgeschrieben, die im Zusammenhang mit den „Erschließungskategorien“ wie Alltag, Technik, Umwelt zu behandeln sind. Ein kohärentes Kompetenzmodell wird nicht beschrieben, obgleich Ziele des Unterrichts formuliert werden, wie beispielsweise Methodenkompetenz oder Soziales Lernen, die sich in die oben beschriebenen Modelle einordnen lassen.

Vergleichbar ist die Situation in *Hessen*: Es wird kein Kompetenzmodell beschrieben, im Lehrplan ist jedoch die Rede von Sachkompetenz, Methodenkompetenz oder der Entwicklung eines Wertebewusstseins. Interessant ist die Darstellung der fachlichen Inhalte. Wurden sie im alten Lehrplan noch in ähnlicher Form dargestellt wie in den neuen Plänen von Bremen und Hamburg, ist nun im Hessischen Lehrplan die konträre Entwicklung zu beobachten: Es werden nicht mehr verbindliche Inhalte und mögliche Erschließungskategorien sondern wieder konkrete fachliche Inhalte formuliert. Die Auswahl der Inhalte erfolgt bewusst durch die Orientierung an der Fachwissenschaft. Es wird jedoch betont, dass Alltagsbezüge eine gleichgewichtige Kategorie darstellen – die sich im Lehrplan jedoch nicht niederschlägt. Die Bedeutung von Alltagsbezügen wird ausdrücklich hervorgehoben, die Umsetzung aber bleibt dem Lehrer überlassen.

In den Richtlinien des Landes *Mecklenburg-Vorpommern* finden sich Strukturen aus den bereits erläuterten Lehrplänen wieder: Ziel des Unterrichts ist – wie in Bremen – die Entwicklung von Handlungskompetenz, die aus Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz resultiert. Zusätzlich wird auf die Bedeutung von Lesekompetenz verwiesen und das 5-stufige Modell nach PISA beschrieben. Inhaltlich seien neben der fachsystematischen Orientierung Erschließungsbereiche (wie Alltag, Lebenswelt, Umwelt) gleichberechtigt. Die im 2. Teil des Lehrplans formulierten inhaltlichen Ziele sind jedoch wieder stark an der Fachsystematik ausgerichtet und lassen den Bezug zum Kompetenzmodell sowie zum Alltag vermissen. Es besteht eine ähnliche Diskrepanz, wie sie für den Thüringer Lehrplan beschrieben wurde.

Laut den Richtlinien für das *Saarland* sind für die Arbeit am Gymnasium im Allgemeinen die drei folgenden Kompetenzbereiche von Bedeutung: Die sprachliche Ausdrucksfähigkeit, das verständige Lesen komplexer fremdsprachlicher Texte und der sichere Umgang mit mathematischen Symbolen und Modellen. Zur Unterstützung der selbständigen Arbeit seien weiterhin Lehr- und Lernstrategien und die Vermittlung von Arbeitsweisen zur Beschaffung, Strukturierung und Nutzung von Informationen wichtig. Allgemeine Ziele von Unterricht und des Chemieunterrichts werden sehr kurz auf nur zwei Seiten dargestellt. Die Inhalte sind konkrete, stark am Fach

orientierte und kaum auf den Alltag bezogene Vorgaben.

Die Ausführungen zu allgemeinen Zielen des Unterrichts in *Sachsen-Anhalt* wurden prinzipiell kaum verändert. Es wurde lediglich ein Passus ergänzt, in dem Sach-, Methoden-, Sozial-, und Selbstkompetenz als Ziele des Unterrichts formuliert und für das Fach Chemie spezifiziert wurden, ohne dass jedoch das Miteinander der Kompetenzen beschrieben wird. Lern- und Arbeitstechniken, also Methoden, die über fachspezifische Fähigkeiten hinausgehen, spielen keine Rolle. Inhaltlich orientiert sich der Unterricht an Basiskonzepten, wie Stoff-Teilchen-Konzept, Struktur-Eigenschafts-Konzept, Konzept der Reaktionsgeschwindigkeit, Konzept des chemischen Gleichgewichts, Donator-Akzeptor-Konzept, Energie-Entropie-Konzept. Die Gestaltung des Chemieunterrichts soll sich unter anderem an Alltagserscheinungen und der Erfahrungswelt der Schüler, der Fachwissenschaft orientieren und einen Beitrag zur Diskursfähigkeit der Schüler leisten.

Zusammenfassung

Der überblicksmäßige Vergleich der Lehrpläne zeigt, dass 11 der derzeit gültigen Rahmenrichtlinien in etwa ähnliche Vorstellungen von Kompetenzmodellen zugrunde liegen, die durch die Zusammenwirkung von Sach-, Methoden-, Sozialer und Personal- (oder Selbst-) Kompetenz charakterisiert sind.⁹⁴ Das bedeutet, dass neben kognitiven Zielen auch die Entwicklung methodischer, sozialer und emotionaler Fähigkeiten Inhalt des Chemieunterrichts sein muss. Damit werden neben fachlichen Inhalten auch Lern- und Arbeitsmethoden zum unabdingbaren Bestandteil des Chemieunterrichts.

Im Vergleich zu früheren Anforderungen an den Chemieunterricht sind die veränderten Zielsetzungen, die sowohl ein Umdenken bezüglich der Unterrichtsgestaltung durch Lehrer als auch der Beschreibung von Chemieunterricht durch fachdidaktische Arbeiten notwendig machen.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass durch ein Viertel aller Lehrpläne eine stärkere Autonomie der Schulen bei der Schulentwicklungsarbeit gefordert und die eigenständige Entwicklung schulinterner Konzeptionen zur Ausbildung von Methodenkompetenz erwartet wird. Das erfordert die Reflexion des eigenen pädagogischen Handelns ebenso wie die sorgfältige Analyse von Curricula, Lern- und Arbeitsprozessen und der Voraussetzungen, die die Lernenden mitbringen.

Darüber hinaus ist die Tendenz zu erkennen, dass die Lehrpläne auch aus inhaltlicher Sicht geöffnet werden – auch wenn die Stofffülle und fachsystematische Orientierung der Inhalte vieler Lehrpläne noch immer im Widerspruch zu dem geforderten Einbezug der Alltags- und Erfahrungswelt der Schüler stehen. Es werden zunehmend

⁹⁴ Damit finden sich, wenn auch unter anderem Namen bzw. in anderer Strukturierung, Kompetenzen wieder, die auch in der Diskussion um Scientific Literacy (Kapitel 2.1.4) thematisiert werden.

weniger feste inhaltliche Vorgaben gemacht und Freiräume geschaffen, die durch die Lehrer selbst sinnvoll gefüllt und genutzt werden sollen.

2.3 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Schülerbefragung wie auch die Auswertung von Lehrerinterviews zeigen, dass Chemieunterricht eher selten so organisiert ist, dass Schüler selbst gesteuert lernen und Verantwortung im Lernprozess übernehmen können. Die Schüler hingegen wünschen sich jedoch ausdrücklich häufiger Möglichkeiten, selbst aktiv an der Erarbeitung von Unterrichtsinhalten teilhaben zu können. Es wird deutlich, dass der Chemieunterricht an Thüringer Gymnasien aus methodischer Sicht stark lehrerorientiert wahrgenommen wird.

Weiterhin hat sich gezeigt, dass im Unterricht die Vermittlung fachlicher Inhalt dominiert. Bezüge zum Alltag oder zur Erfahrungswelt der Schüler werden nur marginal hergestellt. Aus Sicht der Lehrer wird auch der Erwerb von Lern- und Arbeitsmethoden als über fachliche Qualifikationen hinausgehendes Ziel des Chemieunterrichts kaum thematisiert.

Ein Vergleich der empirisch skizzierten Unterrichtsrealität mit aktuell formulierten Forderungen Fachdidaktischer Verbände macht deutlich, dass hier Diskrepanzen bestehen. Liegt der Schwerpunkt in den Stellungnahmen der Fachdidaktischen Verbände im Jahr 1998 ebenfalls noch stark auf der Fachwissenschaft und ihren Erkenntnissen und werden Gedanken zur methodischen Gestaltung von Unterricht nicht ausdrücklich erläutert und gefordert, so gewinnen hier in der aktuellen Diskussion seit dem Jahr 2000 neben fachlichen Inhalten auch Lernmethoden, Lernprozesse und Überlegungen zur Unterrichtsgestaltung zunehmend an Bedeutung. Dieser Trend in den Empfehlungen der Verbände findet nur zögerlich Eingang in eine veränderte Unterrichtspraxis.

Deutschlandweit ebenso wie international hat sich hinsichtlich der Fähigkeiten, die durch naturwissenschaftlichen Unterricht ausgebildet werden sollen, die Diskussion um „Scientific Literacy“ entwickelt. Gräber, Nentwig und Nicolson stellen fest, „daß wahre naturwissenschaftliche Bildung weit über die bloße Beherrschung des Sachwissens hinausgeht – wie es von vielen lange Zeit missverstanden wurde.“⁹⁵ Die Autoren fassen zusammen, dass sich Scientific Literacy aus verschiedenen Kompetenzen ergebe, wobei nicht erwartet werden könne, dass ein naturwissenschaftlich gebildeter Mensch alle Kompetenzen in gleichem Maße ausbilde.

Dieses erweiterte Verständnis von „naturwissenschaftlicher Bildung“, das über die fachliche Qualifikation hinaus auch die Ausbildung weiterer Kompetenzen als Ziel

⁹⁵ GRÄBER, NENTWIG, NICOLSON S. 139.

von Unterricht einschließt, findet sich in Form verschiedener Kompetenzmodelle in einer Vielzahl neu geschriebener curricularer Rahmenrichtlinien wieder. So beschreibt der Thüringer Lehrplan beispielsweise ein Kompetenzmodell, in dem die Entwicklung von Lernkompetenz auf dem Miteinander von Sach-, Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz basiert. Jedoch scheint – wie gezeigt wurde – in den Thüringer, wie auch in den Rahmenrichtlinien anderer Länder, die Konkretisierung für das Fach Chemie noch unausgereift und überarbeitungswürdig.

Veränderte Ansprüche an einen zeitgemäßen Chemieunterricht

Die dargestellten Positionen der aktuellen bildungspolitischen Diskussion, die beschriebenen empirischen Erhebungen sowie die durch neue Lehrpläne formulierten Forderungen lassen den Schluss zu, dass ein Umdenken in der Gestaltung von Chemieunterricht dringend angezeigt ist. Veränderungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich folgender Schwerpunkte:

- Über die fachliche Qualifikation hinaus muss auch die Ausbildung von Denk- und Arbeitsweisen, die zur Ausbildung von Lernkompetenz beitragen, ein zunehmend gleichberechtigtes Ziel im Chemieunterricht sein. **Das bedeutet, dass neben fachlichen Inhalten sowohl allgemein anwendbare als auch für die Naturwissenschaften spezifische Arbeitsmethoden im Chemieunterricht thematisiert und angewandt werden müssen.**
- Damit einher geht eine veränderte Ausrichtung der didaktisch-methodischen Organisation des Chemieunterrichts: Die Dominanz eher lehrerzentrierter Unterrichtsformen muss häufiger als bisher geschehen mit Methoden und Sozialformen abwechseln, die zu verstärkter Schüleraktivität führen. Die Lernenden müssen aktiv in den Lernprozess eingebunden und dabei zunehmend zu selbst gesteuertem Lernen geführt werden. **Chemieunterricht wäre somit nicht mehr nur auf das Erreichen kognitiver Ziele, sondern auch auf die Problematisierung und Reflexion der (Lern-)Wege, die ans Ziel führen, ausgerichtet.**
- Weiterhin ist eine inhaltliche Umorientierung angezeigt: **Chemie darf nicht um der Fachwissenschaft und deren systematischer Strukturen Willen gelehrt und gelernt werden, sondern muss Alltagssituationen und die Erfahrungswelt der Schüler stärker als bisher einbeziehen.**

Perspektiven für fachdidaktische Arbeiten

Die anstehenden Veränderungen können nicht alleine von den Schulen und Lehrern geleistet werden. Die aktuellen Ansprüche an Chemieunterricht müssen auch

durch fachdidaktische Arbeiten aufgegriffen werden, sodass Ergebnisse fachdidaktischer Forschung konstruktiv für die Implementation von Kompetenzmodellen bzw. Bildungsstandards nutzbar sind. Es ergeben sich dabei unter anderem folgende Arbeitsschwerpunkte:

- Wie die Analyse bundesweiter Lehrpläne zeigt, werden pädagogisch begründete Kompetenzmodelle häufig noch nicht optimal für das Fach Chemie konkretisiert. Durch empirische fachdidaktische Untersuchungen können wissenschaftlich fundierte Ansatzpunkte bezüglich der fachspezifischen Interpretation allgemeiner pädagogischer Grundsätze elaboriert werden.
- Die Umsetzung von Bildungsstandards an den Schulen kann durch fachdidaktische Arbeiten unterstützt werden, indem in Kooperation mit Lehrern exemplarisch Module zur Entwicklung von Kompetenzen entwickelt, erprobt und begleitet werden, durch die die Lehrpersonen Impulse für das eigene pädagogische Handeln erhalten.
- Die Konstruktion von Unterrichtsdesigns im Rahmen fachdidaktischer Arbeiten kann nicht mehr nur auf die ansprechende Aufbereitung rein fachlicher Inhalte fokussieren, sondern muss die sinnvolle Verknüpfung von Unterrichtsinhalten, Unterrichtsmethoden sowie Lern- und Arbeitstechniken zum Ziel haben. Dabei sind hinsichtlich der Inhalte alltagsweltliche Bezüge verstärkt zu berücksichtigen.

Kapitel 3

Ansätze und Ergebnisse chemiedidaktischer Forschung

Nachdem in Kapitel 2 Defizite diskutiert, verschiedene Positionen der aktuellen bildungspolitischen Diskussion dargestellt und veränderte Ansprüche an Chemieunterricht bzw. an chemiedidaktische Forschung abgeleitet wurden, sollen mit den folgenden Kapiteln zunächst Forschungsprojekte und chemiedidaktische Ansätze vorgestellt werden, die die veränderten Ansprüchen an zeitgemäßen Chemieunterricht auf verschiedene Weise aufgreifen. Mit dem Modellversuch zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (*SINUS*; Kapitel 3.1.1) und *Chemie im Kontext* (Kapitel 3.1.2) werden zwei Projekte diskutiert, die im Wesentlichen der Implementationsforschung zuzuordnen sind. Das Projekt ParCIS (Kapitel 3.1.3) hat zum Ziel, Fähigkeiten zum selbst gesteuerten Lernen zu fördern. Mit der Arbeit von Woest zum Wahldifferenzierten Unterricht (Kapitel 3.1.4) liegt ein Konzept vor, das über fachsystematische Inhalte hinaus die Ausbildung weiterer Qualifikationen berücksichtigt und dabei offeneren Chemieunterricht dokumentiert und unterrichtswissenschaftlich begleitet. In Kapitel 3.1.5 werden abschließend Ansätze vorgestellt, in denen der Alltag der Schüler stärker in den Mittelpunkt rückt (Becker, Lindemann, Just) bzw. Konzepte zur Arbeit in kooperativen Lernformen entwickelt und evaluiert werden (Eilks). Die genannten Projekte werden – soweit möglich – unter den Aspekten konzeptionelle Grundlage, Ausrichtung der begleitenden Forschung und aktuell vorliegende bzw. zugängliche Ergebnisse diskutiert. Daran anschließend werden in Kapitel 3.2 Ansätze für die Konstruktion von Unterricht im Rahmen dieser Arbeit sowie Forschungsfragen zur Begleitung der Untersuchung abgeleitet.

3.1 Ansätze chemiedidaktischer Forschung

3.1.1 SINUS: BLK Modellversuch zur Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

Nachdem die im Schuljahr 1994/95 durchgeführte TIMSS II Studie (Population: Schüler der Sekundarstufe I) beträchtliche Defizite deutscher Schülerinnen und Schüler im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich aufgezeigt hatte, schienen Maßnahmen zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts dringend angezeigt. Politik und Wissenschaft reagierten mit der Einrichtung des Modellversuchsprogramms zur „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ (SINUS). In Vorbereitung des Programms wurde von der BLK ein Expertengutachten in Auftrag gegeben, das zu folgenden Ergebnissen kommt:¹

- Das im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelte Wissen weist eine unzureichende vertikale Vernetzung und Kohärenz auf.
- Die Abstimmung zwischen den Fächern des Bereiches ist nur mangelhaft ausgeprägt.
- Der vorherrschende fragend-entwickelnde Unterricht bedingt die Engführung auf das Erarbeiten einer einzigen richtigen Lösung und vermischt Lern- und Leistungssituationen.
- Das Erleben von Kompetenzzuwachs ist ebenso behindert, wie die Entwicklung sachbezogener Lernmotivation und sachbezogenen Interesses.
- Ein weiterer Problembereich ist die systematische Einführung in naturwissenschaftliches Arbeiten und Argumentieren sowie das Ausnutzen der Möglichkeiten, die naturwissenschaftliche Experimente eröffnen.

Ferner werden durch das Gutachten 11 Module vorgeschlagen, durch die „auf bestimmte Problemzonen des Unterrichts bezogene inhaltliche Schwerpunkte der Qualitätsentwicklung auf Schulebene“ konkretisiert werden (Tab. 3.1). Diese Module bilden die inhaltliche Grundlage für die Arbeit in SINUS.²

¹ IPN KIEL (PROJEKTKOORDINATION): *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. WWW-Dokument. blk.mat.uni-bayreuth.de/programm/konzeption.html. Version: 2001. Zugriffsdatum 23.02.2005

² PRENZEL, M.: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellversuch von Bund und Ländern. In: *Unterrichtswissenschaft* (2000), Nr. 2, S. 103–126. S. 110.

Modul 1	Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
Modul 2	Naturwissenschaftliches Arbeiten
Modul 3	Aus Fehlern lernen
Modul 4	Sicherung von Basiswissen; Verständnisintensives Lernen auf unterschiedlichen Niveaus
Modul 5	Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen
Modul 6	Fächergrenzen erfahrbar machen: Fächerübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten
Modul 7	Förderung von Mädchen und Jungen
Modul 8	Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern
Modul 9	Verantwortung für das eigene Lernen stärken
Modul 10	Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenz
Modul 11	Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

Tabelle 3.1: Inhaltliche Schwerpunkte von SINUS

Ziel von SINUS ist es, Voraussetzungen für die Anhebung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungsniveaus in der Sekundarstufe I zu erarbeiten und dabei Verfahren der Qualitätsentwicklung und -sicherung strukturell in der Schule zu verankern. Damit soll der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht didaktisch verbessert sowie die Kompetenz- und Interessenentwicklung der Schüler gefördert werden.

Das Konzept von SINUS knüpft an die Erkenntnis der Implementationsforschung an, dass Veränderungen im Bildungswesen nur dann Bestand haben, wenn sie von Lehrkräften subjektiv angenommen und erfolgreich in die eigenen Handlungsrouninen integriert werden können³ und hat deshalb die „aktive, selbstverantwortliche und kooperative Professionalisierung der Lehrkräfte vor Ort“⁴ zum Ziel.

Die wissenschaftliche Begleitung und Unterstützung bei SINUS lässt sich durch fünf Bereiche beschreiben:

1. Bereitstellung von Materialien

Den beteiligten Lehrern werden schriftliche Handreichungen zur Verfügung gestellt, die Hintergrundwissen zu den Modulen auf Grundlage des aktuellen Forschungsstandes vermitteln und fachspezifische didaktisch-methodische Anregungen enthalten.

³ PRENZEL 2000 S. 108f.

⁴ IPN KIEL (PROJEKTKOORDINATION): *BLK-Modellversuchsprogramm SINUS – Abschlussbericht*. WWW-Dokument. www.blk-bonn.de/papers/abschluss_sinus_programmtraeger.pdf. Version: 2001. (pdf-Datei). S. 7; Zugriffsdatum 23.02.2005 und IPN-Blätter 04/2003.

2. Beratung und Fortbildung

Zweimal pro Jahr werden zentrale Fortbildungen mit je zwei Vertretern eines Schulsets durchgeführt. Darüber hinaus werden durch den Programmträger weitere Fortbildungen und Beratung in regionalen Veranstaltungen angeboten.

3. Lehr-Lernforschung

Im SINUS-Abschlussbericht wird allgemein angegeben, dass das Forschungsprogramm des IPN eine große Zahl von Projekten umfasse. Als konkrete, dem Programm zugehörige Forschungsarbeiten werden lediglich die Arbeit von M. Hammann, in der „Problemorientiertes Vergleichen im Biologieunterricht der Unterstufe“ im Zusammenhang mit den Modulen 2 und 3 untersucht wird, und eine Arbeit im Rahmen von Modul 1 zu „Quantitativen Aufgaben im Physikunterricht der Mittelstufe“ (Kleinschmidt) genannt.

Aus dem Abschlussbericht geht nicht hervor, dass oder welche unterrichtswissenschaftliche Forschungsarbeit im Bereich der Chemie geleistet wurde.

4. Implementations- und Akzeptanzforschung

An den Modellschulen werden umfassende Akzeptanzerhebungen durchgeführt. So werden durch die Arbeit von Ostermeier Bedingungen und Einflussfaktoren für eine erfolgreiche Qualitätsentwicklung an Schulen untersucht. Bei der Analyse der Daten liegt ein Schwerpunkt u. a. auf der „unterrichtsbezogenen kollegialen Qualitätsentwicklung auf Schul- und Set-Ebene sowie der Wahrnehmung und Bewertung der Programmaktivitäten durch die beteiligten Lehrerinnen und Lehrer.“⁵

5. Programmevaluation

Im Abschlussbericht wird weiterhin angegeben, das Programm würde kontinuierlich auf seine Wirkung hin evaluiert. Dabei werde auf folgende Aspekte Bezug genommen:

- die Akzeptanz des Programms (bei Lehrkräften, Schulleitungen, Elternvertretungen und Schülervertretungen)
- die Wirkung auf den Unterricht (Kompetenzgewinn sowie Motivations- und Interessenentwicklung)
- Fortschritte in der Lehrerprofessionalisierung und der Qualitätssicherung auf Schulebene

⁵ SINUS Abschlussbericht S. 13.

Laut Prenzel sollen durch eine Abschlusserhebung im Jahr 2003 „Veränderungen in der Unterrichtsgestaltung, die Etablierung von Qualitätssicherungsverfahren und die Entwicklung genereller und modulbezogener mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen an den Schulen“ überprüft werden.⁶ Die Ergebnisse dieser Abschlussuntersuchung, insbesondere zur Kompetenzentwicklung sind jedoch bis heute nicht zugänglich.

Im Abschlussbericht wird zusammenfassend abgeleitet, dass „ein breiter Konsens darüber zu bestehen [scheint], dass SINUS ... einen gangbaren und erfolgreichen Weg zur Weiterentwicklung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, zur Professionalisierung der Lehrkräfte und zur Förderung der Kompetenz- und Interessenentwicklung der Schülerinnen und Schüler ausgearbeitet und umgesetzt hat.“⁷ Es wird weiterhin ausgeführt, dass die Maßnahmen zu folgenden deutlich positiven Effekten geführt hätten:⁸

- Schaffung eines „innovativen Schulklimas“ an den teilnehmenden Schulen, das sich durch Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Wegen, Bereitschaft zur Selbstkritik, gewachsenes Problembewusstsein und positive Kooperationserfahrungen auszeichnet
- die Bildung stabiler Lehrer-Teams, die zielgerichtet und engagiert an der Verbesserung des Fachunterrichts arbeiten
- Erstellung zahlreicher didaktischer Materialien
- Austausch der Materialien unter den Lehrkräften
- größere Aufgeschlossenheit gegenüber Verfahren der Unterrichtsevaluation (Hospitalation, Schülerbefragung, Videoaufnahmen) seitens der beteiligten Lehrkräfte

Worauf diese Ergebnisse beruhen, bzw. ob oder durch welche empirischen Untersuchungen sie belegt werden, geht aus dem Bericht nicht hervor.

Weiterhin wird in den Ausführungen deutlich, dass SINUS vorrangig auf die Professionalisierung von Lehrkräften abzielt. Die Schülerperspektive hingegen bleibt weitgehend unberücksichtigt. In den Veröffentlichungen zu den Ergebnissen von SINUS wird die Frage nach der Akzeptanz des Programms durch die Schüler ebenso wenig diskutiert, wie der Wissens-, Kompetenz- und Methodenzuwachs, der durch den veränderten Unterricht erreicht wurde.

⁶ PRENZEL 2000 S. 116.

⁷ SINUS Abschlussbericht S. 31.

⁸ ebd. S. 15.

Das findet sich auch in der Modulwahl durch die Lehrer bestätigt. Wie Tabelle 3.1.1 zeigt, stellt die Weiterentwicklung von Aufgaben einen Hauptschwerpunkt in der Arbeit der Lehrer dar, gefolgt von den Modulen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und zum Umgang mit Fehlern. Die Module, die stärker am Schüler orientiert sind und Schülerhandeln thematisieren, werden weniger häufig und oft nur als ergänzende Schwerpunkte zu den Hauptarbeitsgebieten gewählt.

Schwerpunkt des Moduls	Häufigkeit, mit der es gewählt wurde
Aufgaben	114
Naturwissenschaftlich arbeiten	34
Umgang mit Fehlern	33
Verantwortung für eigenes Lernen	15
Aufgaben für die Kooperation von Schülern	12
Förderung von Jungen und Mädchen	9

Tabelle 3.2: Modulwahlverhalten in SINUS

Chemieunterricht und SINUS

Der Chemieunterricht ist in SINUS im Vergleich zu den anderen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern wenig vertreten. Das zeigt sich zum einen im Auswahlverhalten der Schulen: von den 180 beteiligten Schulen widmeten sich 154 der Mathematik, 89 der Physik, 69 der Biologie und nur 60 der Chemie.⁹ Zum anderen gibt es vergleichsweise wenige chemie-spezifische Publikationen im Rahmen von SINUS (vgl. Abbildung 3.1). Die Publikationen, auf die im Abschlussbericht von SINUS verwiesen wird, beschäftigen sich zu einem überwiegenden Teil mit der Mathematik (39,87%) und mit dem Modellversuch im Allgemeinen (28,10%). Publikationen mit physik- und biologiedidaktischen Schwerpunkten sind mit 16,34% und 13,73% noch relativ häufig, während Publikationen, die die Chemie betreffen, nur 1,96% ausmachen.

Stäudel resümiert „Chemieunterricht nach SINUS“¹⁰ und stellt dabei fest, dass die meisten Modellversuchssets in der Chemie entweder Modul 2 „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ oder Modul 6 „Fächergrenzen erfahrbar machen“ bearbeiteten. In der Auseinandersetzung mit „defizitär erlebten Unterrichtssituationen ... kristallisierten sich vier Entwicklungsrichtungen heraus.“¹¹

⁹ PRENZEL, M.; DUIT, R.: Zum Stand des BLK-Modellversuchs „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. In: *GDGP* 29 (2001), S. 99–101.

¹⁰ STÄUDEL, Lutz: Chemieunterricht nach SINUS. In: *PdN-ChiS* 53 (2004), Nr. 8, S. 27–32.

¹¹ ebd. S. 27.

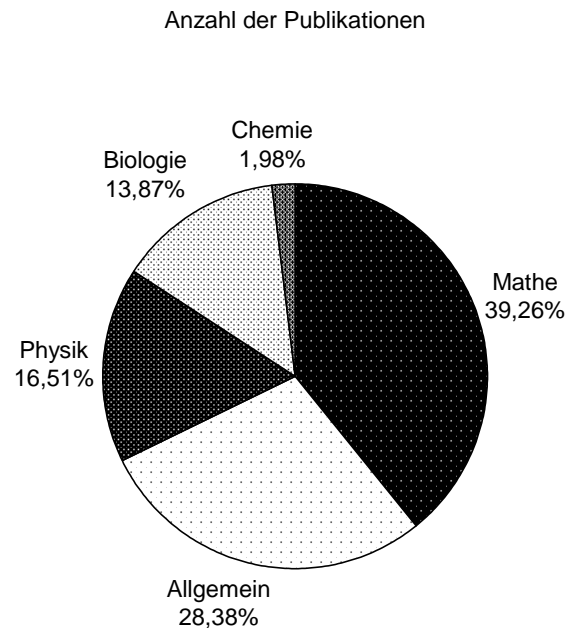


Abbildung 3.1: Chemieunterricht in den Veröffentlichungen von SINUS

- Methodenwerkzeuge und ihre Einsatzmöglichkeiten im Unterricht
- das Bemühen um eine verbesserte fachorientierte Lesekompetenz
- die Auseinandersetzung mit Aspekten naturwissenschaftlichen Arbeitens, wobei eine Erhöhung der Anzahl der Experimente nicht sinnvoll sei, solange Schüler nur nach Vorgabe arbeiten und Fragen an das Experiment nicht selbst formulieren; es erwachse vielmehr die Forderung, dass Lehrkraft und Schüler auch auf einer Meta-Ebene kommunizierten
- die Intensivierung der kollegialen Kooperation: Als „das vielleicht wichtigste Ergebnis von SINUS“ betrachtet Stäudel die überaus positiven Erfahrungen mit der Intensivierung der Zusammenarbeit von Lehrerkollegen etwa bei der Erarbeitung von Unterrichtssequenzen oder der gegenseitigen Hospitation.

Abschließend stellt Stäudel fest, dass sich im Chemieunterricht nach SINUS folgendes geändert habe: der Anteil der Schüleraktivitäten sei deutlich gewachsen, an die Schüler würden kognitiv anspruchsvollere Aufgaben gestellt, es würde mehr kommuniziert – insbesondere über das eigene Tun und Alternativen würden zugelassen. In den beteiligten Kollegien herrsche größere Zufriedenheit mit der eigenen Unterrichtsarbeit und die gemeinsame Arbeit werde fortgesetzt.

Auch hier liegt die Schwerpunktsetzung auf der Beschreibung eher organisatorischer Veränderungen im Unterricht sowie auf dem professionellen Handeln der Lehrpersonen. Die Wahrnehmung der beschriebenen Veränderungen aus Sicht der Schüler

sowie Überlegungen zum Kompetenz- und Wissenserwerb auf Seiten der Schüler werden nicht thematisiert.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch SINUS der naturwissenschaftliche Unterricht in Zusammenarbeit mit den Lehrkräften an der Basis weiterentwickelt werden soll. Im Abschlussbericht zu SINUS werden positive Ergebnisse formuliert, deren Nachvollziehbarkeit und empirische Absicherung jedoch in Frage gestellt werden muss.

Die Perspektive der Schüler wird im Modellversuch SINUS kaum berücksichtigt. In der Bewertung des Konzeptes bleibt offen, wie Schüler den veränderten Unterricht wahrnehmen und welches Wissen bzw. welche Kompetenzen sie entwickeln.

3.1.2 Chemie im Kontext

Chemie im Kontext (ChiK) ist ein Forschungsprojekt, das sich mit der Entwicklung von Curricula für den Chemieunterricht beschäftigt. Es ist in Anlehnung an das in York/England entwickelte *Salters Advanced Chemistry Project* entstanden und überträgt dessen Ergebnisse auf Deutschland.

Inhaltlich liegt dem Konzept von ChiK die Idee zugrunde, fachsystematische Strukturen ausgehend von lebensweltorientierten Fragestellungen aufzubauen und zu aktivieren. Ziel ist dabei, Schülern ein „Grundkompendium von Kenntnissen und Einsichten zu vermitteln“, sie mit Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten auszustatten, die ihnen die aktive Teilnahme an der Gesellschaft ermöglichen.¹² Die Autoren geben an, dass der Anspruch von ChiK, die „basalen Kenntnisse in für Schülerinnen und Schüler sinnhaften, d.h. lebenspraktisch bedeutsamen Zusammenhängen erfahrbar und zugänglich zu machen“, neu sei und bislang so in Deutschland nicht realisiert wurde.¹³

Die Konzeption von ChiK basiert auf drei Säulen:

1. Kontextorientierung

Die ausgewählten Inhalte müssen einen deutlichen Bezug zur Lebenswelt der Schüler aufweisen. Wissen und Kompetenzen werden ausgehend von Themenbereichen entwickelt und erworben, die aus der Lebenswelt der Lernenden stammen und für sie relevant sind.¹⁴

¹² PARCHMANN, I.; RALLE, B.; DEMUTH, R.: Chemie im Kontext. Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. In: *MNU* 53 (2000), Nr. 3, S. 132–137. S. 133.

¹³ ebd.

¹⁴ Die Auswahl der Inhalte, also auch die Entscheidung über für Schüler relevante Inhalte erfolgt durch Forscher und Lehrer, nicht durch die Schüler.

2. Vernetzung zu Basiskonzepten

Unter Basiskonzepten versteht man hier allgemeine chemische Prinzipien, auf deren Grundlage chemische Prozesse erklärt werden können. Chemisches Fachwissen wird dabei auf sechs Basiskonzepte zurückgeführt: Teilchenkonzept, Struktur-Eigenschafts-Beziehung, Donator-Akzeptor-Konzept, Gleichgewichtskonzept, Energiekonzept, Reaktionsgeschwindigkeitskonzept. Diese Basiskonzepte werden mit den im Rahmen der Kontexte erworbenen Fachinhalten verknüpft. Im Laufe der Behandlung eines Kontextes wird auf mehrere Basiskonzepte Bezug genommen ebenso wie bei der Behandlung der Inhalte möglichst häufig und von verschiedenen Stellen auf diese zentralen Konzepte zurückgegriffen wird.¹⁵

3. Unterrichtsgestaltung

ChiK ist durch eine Vielfalt an Unterrichtsmethoden und -formen gekennzeichnet. Es wird „vorgeschlagen, den Unterricht häufiger in Form von Lernzyklen¹⁶ zu gestalten“, da das „Lernen der Schülerinnen und Schüler in Eigentätigkeit und Selbstverantwortung . . . einen hohen Stellenwert“ hat.¹⁷ Die Unterrichtsgestaltung in ChiK ist durch vier Phasen gekennzeichnet: in der *Begegnungsphase* machen sich die Schüler mit der Thematik vertraut, in der *Neugier- und Planungsphase* stellen Schüler ihre Fragen an den Kontext.¹⁸ Die erkannten Problemaspekte und Fragen lösen die Schüler in der *Erarbeitungsphase* möglichst selbständig. Eine wichtige Phase ist die anschließende *Vertiefung und Vernetzung*, in der sowohl die vertikale Verknüpfung der Inhalte von Sekundarstufe II mit denen der Mittelstufe als auch horizontale Verknüpfungen mit anderen Fächern erfolgen.

ChiK richtet sich zunächst an Schüler der Sekundarstufe II, wobei eine Ausweitung des Konzeptes auch auf die Sekundarstufe I geplant sei. Dafür müssten laut Parchmann et al. entsprechende Veränderungen hinsichtlich der Unterrichtsmethodik vorgenommen werden, da insbesondere bei jüngeren Schülerinnen und Schülern die

¹⁵ Vgl. PARCHMANN, RALLE, DEMUTH und www.chemie-im-kontext.de.

¹⁶ Was unter Lernzyklen verstanden wird und um welche Methoden es sich dabei handelt, wird nicht konkretisiert. In Handreichungen zu Methoden, die den an ChiK teilnehmenden Lehrern zur Verfügung stehen, werden verschiedene offenere Methoden zur Unterrichtsgestaltung für die Unterrichtsphasen nach ChiK vorgeschlagen.

¹⁷ PARCHMANN, RALLE, DEMUTH S. 135.

¹⁸ Da die Unterrichtseinheiten in der Startphase von ChiK bereits vor ihrer jeweiligen Durchführung geplant waren, wurden in dieser Phase die Fragen der Schüler in Richtung der bereits erarbeiteten Materialien gelenkt und nicht alle von Schülern aufgeworfenen Fragen betrachtet.

erwartete Übernahme von mehr Verantwortung für den Lernprozess nicht vorausgesetzt werden könne, sondern vorbereitet und erlernt werden müsse.¹⁹ Konzeptionelle Ansätze für die unterrichtliche Umsetzung werden dabei jedoch nicht konkretisiert.

Im Zwischenbericht zu ChiK²⁰ werden weitere Ziele formuliert, durch welche die inhaltlichen Zielsetzungen des Konzeptes ergänzt und stärker auf Fragen der Implementationsforschung fokussiert werden:

- die Ausarbeitung und Realisierung einer Strategie zur Implementation eines Unterrichtskonzeptes
- die Evaluation dieser Implementationsstrategie und des Unterrichtskonzeptes hinsichtlich der Wirkungen auf Unterrichtsqualität und das schulische Umfeld
- die Untersuchung von Faktoren, die eine erfolgreiche Implementation begünstigen oder hemmen.

Für die wissenschaftliche Begleitung des Projekts ergeben sich daraus drei übergeordnete Forschungsschwerpunkte: erstens die Selbstevaluation der beteiligten Lehrkräfte; zweitens die Untersuchung von Effekten der Einführung von Chemie im Kontext und von Auswirkungen auf den Wissens- und Kompetenzerwerb der Schüler; drittens die Analyse fördernder und hemmender Bedingungen für die erfolgreiche Implementation des Unterrichtskonzeptes. Hierin ergeben sich starke Parallelen zu SINUS.

Ähnlich wie bei SINUS liegt bei ChiK der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Begleitung auf der Evaluation durch die beteiligten Lehrkräfte. Das bestätigt auch die überblicksmäßige Darstellung der im Rahmen des Projektes verwendeten Erhebungsinstrumente.²¹ Der überwiegende Teil richtet sich an Lehrer (Unterrichtsplannungs- und Dokumentationsbogen; Lehrerfragebogen, Fachgruppenbefragung, Lehrertagebücher), während zur Evaluation und zur Darstellung des Projektes aus Schülersicht lediglich ein Lernbegleitbogen und ein Schülerfragebogen eingesetzt werden.

Erste Ergebnisse werden im Zwischenbericht hinsichtlich der Evaluation durch die Lehrkräfte veröffentlicht.²² Ergebnisse der Schülerbefragung sind an dieser Stelle nicht beschrieben.

¹⁹ PARCHMANN, RALLE, DEMUTH S. 137.

²⁰ PARCHMANN; GRÄSEL; RALLE et al.: *ChiK Zwischenbericht*. WWW-Dokument. www.uni-saarland.de/fak5/forschung/projekte. Version: 2003. Zugriffsdatum 03.03.2005

²¹ ChiK Zwischenbericht, September 2003. S. 23.

²² Demzufolge hat sich der Unterricht aus Sicht der Lehrer verändert. Es war eine geringfügige Zunahme der Kooperation an den Schulen zu beobachten. Als Bedingungen, die eine erfolgreiche Implementation begünstigen, werden festgehalten, dass die Lehrer die Einführung von

Aus dem Zwischenbericht geht hervor, dass im Rahmen von Promotionsvorhaben folgende Schwerpunkte hinsichtlich der Effekte der Einführung von ChiK untersucht werden: Die Erfassung von Ausgangsbedingungen sowie die Veränderung von Schülervorstellungen und der Anwendung von im Unterricht behandelten Konzepten auf Alltagsphänomene (Schmidt; Oldenburg). Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Am IPN Kiel wurde von Steinhoff der Lernerfolg bezogen auf den durchgeführten Kontext, das behandelte Basiskonzept und dessen Anwendung auf einen neuen Kontext untersucht.²³ Dabei konnte ein vergleichbarer Lernerfolg hinsichtlich der Aufgaben zum Kontext und zum Fachkonzept festgestellt werden. Der Erfolg hinsichtlich des Transfers auf neue Kontexte war geringer, wohingegen sich ein deutlicher Lernerfolg bezüglich des Argumentierens im bekannten Kontext abzeichnet.

Weitere Arbeiten am IPN befassen sich mit der Erfassung von Urteilsfähigkeit (Menthe) und der Erstellung eines Schemas zur systematischen Analyse und Erarbeitung von Aufgaben zur Diagnose (Christiansen).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Hauptanliegen von ChiK die Implementation eines Unterrichtskonzeptes ist, das sich durch die Erarbeitung fachwissenschaftlicher Inhalte ausgehend von lebensweltlichen Kontexten auszeichnet. Dabei ist die Ausrichtung an lebensweltlichen Fragen keineswegs neu. So hat Woest bereits 1995 mit seinem Konzept des Wahldifferenzierten Unterrichts ein Unterrichtsdesign entwickelt und Erfahrungen damit beschrieben, bei dem Schüler selbst gewählte Umweltfragen oder Alltagsprobleme bearbeiten (vgl. Kapitel 3.1.4). Aber auch in den Ansätzen von Becker, Just oder Lindemann wird die Lebenswelt der Schüler verstärkt berücksichtigt (vgl. Kapitel 3.1.5).

Weiterhin soll mit ChiK auch ein methodisches Umdenken in der Gestaltung des Chemieunterrichts verbunden sein. Die Untersuchung von Effekten methodischer Veränderungen des Chemieunterrichts scheinen dabei aber der Erarbeitung von Inhalten bzw. der Untersuchung konzeptioneller Veränderungen der Schülervorstellungen untergeordnet. Lern- und Arbeitsmethoden werden im Rahmen von ChiK nicht thematisiert. Parchmann et al. deuten lediglich an, dass die Umsetzung von ChiK in Sekundarstufe I es erfordern würde, Schüler darauf vorzubereiten, im Lernprozess mehr Verantwortung zu übernehmen.

In erster Linie handelt es sich bei ChiK jedoch um ein Projekt, das für die Sekundarstufe II konzipiert wurde. In diesem Zusammenhang muss erstens in Frage gestellt werden, inwieweit Handlungsmuster und Rollenverständnis bei älteren Lernenden

ChiK für durchführbar halten und dass Ordnung und Struktur im Unterricht während der Umsetzung aufrecht erhalten werden konnten. Weiterhin wurde festgestellt, dass Lehrer, für die fachsystematisches Wissen besonders wichtig ist, eher skeptisch hinsichtlich der Durchführung von ChiK reagieren und dass diese Skepsis nur wenig abgebaut werden kann.

²³ ChiK Zwischenbericht, September 2003. S. 30.

schon soweit verfestigt sind, dass ein verändertes Unterrichtskonzept nachhaltig erfolgreich sein kann. Zweitens scheint es (ausgehend von den Ergebnissen der Schülerbefragung, Kapitel 2.2.2) notwendig, Chemieunterricht bereits in Sekundarstufe I zu verändern, um das Interesse der Schüler für die Chemie zu erhalten.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass der Hauptfokus der wissenschaftlichen Begleitung vorrangig auf der Analyse von Faktoren einer erfolgreichen Implementation und der Evaluation des Projektes aus Lehrersicht liegt. Schülerhandeln im Unterricht nach dem ChiK-Konzept sowie eine Evaluation des Unterrichts aus Sicht der Schüler wird durch die Arbeiten im Rahmen von ChiK bisher noch nicht beschrieben.

3.1.3 ParCIS

Das Projekt ParCIS (Partnerschaft Chemische Industrie und Schule) hat selbst gesteuertes Lernen zum Ziel und setzt an der Einführung und Übung der dazu notwendigen Kompetenzen an. ParCIS wurde im Sommer 2000 für zwei Jahre unter der Leitung von Gräber am IPN gestartet und findet derzeit seine Fortsetzung im Projekt ParIS (Partnerschaft Industrie und Schule).

Schwerpunkt von ParCIS ist die Förderung der Fähigkeit zum selbst gesteuerten Lernen sowie die Ausbildung von Medienkompetenz. Dabei sollen die Lernenden offene Fragestellungen, die fächerübergreifende Themen aufgreifen und chemische, ökonomische, technische, gesellschaftliche und ökologische Aspekte miteinander verknüpfen, möglichst selbständig bearbeiten. Informationen zur Bearbeitung der Fragestellungen beschaffen sich die Lernenden aus verschiedenen Quellen, vorrangig aus dem Internet. Dabei wird vor allem auf Informationen aus Industrieunternehmen, vornehmlich aus der Chemischen Industrie, die in der Nähe der Schulen angesiedelt sind, zurückgegriffen. Die Nutzung der Möglichkeiten des Internets, insbesondere der Einbezug authentischer Informationen regionaler Firmen stellt ein weiteres Charakteristikum des Konzeptes dar.²⁴ Neben der Nutzung des Internets als Quelle der Informationsbeschaffung ist auch der verstärkte Einsatz neuer Medien in der Phase des selbst gesteuerten Lernens ein wichtiger Aspekt im Konzept von ParCIS. Die Lernenden werden in der Nutzung von Internet-Suchmaschinen (Copernicus) geschult, sie lernen und wenden die Methode des Mindmapping mit dem Programm „Mindmanager Smart“ an und dokumentieren ihre Arbeit in einem digitalen Portfolio.

Über den Erwerb und die Übung von Kompetenzen zum selbständigen Wissenserwerb hinaus soll die Kooperation von Schulen und Unternehmen dazu beitragen,

²⁴ GRÄBER; ERDMANN; SCHLIEKER: *Partnerschaft Chemische Industrie und Schule*. WWW-Dokument. www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/ipnblatt/ip101/fr_ip101.htm. Version: 2001. Zugriffsdatum 19.02.2004.

die Praxisrelevanz des Unterrichts zu erhöhen und die bestehende Lücke zwischen Schule und Berufswelt zu schließen.

Eine Lernumgebung zur Ausbildung von Fähigkeiten zum selbst gesteuerten Lernen soll bei ParCIS durch die Orientierung am Modell des *Cognitive Apprenticeship* (Collins, Brown und Newman, 1989)²⁵ geschaffen werden. Hier führt die Lehrkraft in einer 1. Phase, dem sogenannten Modelling in das Fachgebiet ein und macht die Schüler mit den anzuwendenden Strategien und Modellen bekannt. Dabei agiert die Lehrkraft als Experte, der von den Schülern in der späteren Phase des selbständigen Arbeitens von den Lernenden imitiert wird.

In der 2. Phase bearbeiten die Schüler dann ein selbst gewähltes Thema aus dem gleichen Bereich. Der Lehrkraft kommt dabei die Rolle des Lernmoderators zu. Die Lernenden eignen sich die Inhalte an, diskutieren und reflektieren ihre Ergebnisse und präsentieren sie abschließend den anderen Schülern.²⁶

Laut Gräber soll Schülerverhalten dadurch unterstützt werden, dass Freiräume für eigene Lernentscheidungen geschaffen und das Nachdenken über das eigene Lernen (Metakognition) angeregt wird.²⁷ Inhalte sowie Vorgehen zur Metakognition werden nicht erläutert.

Weiterhin geht aus der Beschreibung des Projektes hervor, dass die Zielgruppe von ParCIS wiederum Schüler der Sekundarstufe II im Chemieunterricht sind.²⁸ Die Mehrzahl der durchgeführten Projekte betrifft Kurse der Klassenstufe 12 und 13. Die durch ParCIS entwickelten Materialien sollen in allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen sowie in der Aus- und Weiterbildung in den chemischen Berufen genutzt werden.

Ziel der Forschungsarbeit im Rahmen von ParCIS bzw. ParIS ist es, Möglichkei-

²⁵ COLLINS; BROWN; NEWMAN: Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics. In: RESNICK, Lauren B.: *Knowing, Learning and Instruction. Essays in Honor of Robert Glasser* Bd. 89. Hillsdale, NJ : Erlbaum, 1989, S. 453–494.

²⁶ In der Beschreibung des Konzeptes von ParCIS werden lediglich diese zwei Phasen der Arbeit dargestellt. Das Modell des Cognitive Apprenticeship ist jedoch differenzierter und umfasst weitere Lernverfahren, wie die individuelle Ermunterung und Förderung (*Coaching*), die Teilproblemlösung durch den Lehrer mit zunehmender Zurücknahme (*Scaffolding and fading*), die sprachliche Externalisierung des Wissens durch die Lernenden (*Articulation*), den Vergleich der eigenen Denkprozesse mit denen der Experten (*Reflection*) und schließlich die eigenständige Problemlösung durch die Lernenden (*Exploration*). Inwieweit diese Aktivitäten, die nach der Modelling Phase einen wichtigen Schritt bei der Reflexion über Lernprozesse darstellen, auch bei ParCIS eine Rolle spielen, geht aus den entsprechenden Ausführungen nicht hervor.

²⁷ GRÄBER, W.; ERDMANN, T.; SCHLIEKER, V.: Currywurst, Pommes grün-weiß. In: *IPN-Blätter* (2002), Nr. 3, S. 1–2.

²⁸ BECKER, Matthias: *Evaluation „ParCIS“: Partnerschaft zwischen Chemischer Industrie und Schule zur Förderung von Lern- und Medienkompetenz in einem fachübergreifenden Chemieunterricht*. WWW-Dokument. www.biat.uni-flensburg.de/biat.www/projekte/ParCIS/ParCIS.htm. Version: 2004. Zugriffsdatum 19.02.2005.

ten der Förderung des selbst gesteuerten Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere die Wirkungen des Einsatzes eines Mind-Mapping-Verfahrens zu analysieren und zu beschreiben. Inhalt eines Promotionsvorhabens ist, empirisch zu untersuchen, „ob und unter welchen Bedingungen Mind Mapping für die Organisation, Repräsentation und Lokalisation von Wissen und Wissensressourcen beim E-Learning lernfördernd eingesetzt und zur Förderung der Entwicklung von Kompetenzen selbst gesteuerten Lernens beitragen kann.“²⁹ Ergebnisse liegen bisher nicht vor.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es sich bei ParCIS bzw. ParIS um ein Konzept für den Chemieunterricht der Sekundarstufe II handelt, dessen Ziel die Förderung von Fähigkeiten zum selbst gesteuerten Lernen ist. Dabei ist für ParCIS/ParIS insbesondere der Umgang mit neuen Medien; dem Internet als Informationsquelle, Internetsuchmaschinen und einem Programm zur Erstellung von Mindmaps charakteristisch. Empirische Forschung im Rahmen des Projektes fokussiert auf die Beschreibung von Effekten des Einsatzes eines Mind-Mapping-Verfahrens zur Unterstützung selbst gesteuerten Lernens. Dabei sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass Voraussetzung für die Durchführung eines solchen Projektes die entsprechende technische Ausstattung der beteiligten Schulen ist.

3.1.4 Wahldifferenzierter Unterricht

Entgegen den allgemeinen Trends in der chemiedidaktischen Forschung der 80er und 90er hat Woest bereits 1995 die Effekte veränderter, eher am Schüler orientierter Konzepte auf Chemieunterricht aus unterrichtswissenschaftlicher Sicht empirisch untersucht und beschrieben.

Im Ausgangspunkt seiner Arbeit kritisiert Woest den vorherrschenden naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe, der laut Autor dadurch gekennzeichnet ist, dass „eher selbständige Wege der Wissensvermittlung ausgeschlossen“ werden.³⁰ Der Unterrichtsablauf sei zwar einerseits logisch gegliedert, andererseits aber so aufgebaut, dass „punktuelle Lernauffälle schwerwiegende Folgen haben“ und die Anwendung der erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten kaum mehr möglich ist. Woest fordert, den heutigen gesellschaftlichen Bedingungen durch einen veränderten Umgang mit der Institution Schule gerecht zu werden. Angesichts der Tatsache, dass die Zukunftsorientierung des Lernens und Handelns aufgrund aktueller und zukünftiger Bedrohungen, wie Arbeitslosigkeit oder Umweltzerstörung, zu Gunsten einer

²⁹ GRÄBER, W.: *ParIS: Partnerschaft Industrie und Schule: Forschung*. WWW-Dokument. www.projekt-paris.uni-kiel.de/paris/index.php?id=5. Version: 2004 . Zugriffsdatum 13.12.2004.

³⁰ WOEST 1995 S. 53.

weniger bedrohlichen Gegenwartsorientierung aufgegeben werde und Schüler sich häufig unsicher seien, ob und welchen Wert die Anstrengungen in der gymnasialen Oberstufe für die Lebensentwicklung haben, sei in der Konsequenz „ein Lernen für die Gegenwart mit handlungsorientierten Lernweisen an aktuellen Inhalten [anzustreben]“. ³¹

Ziel des von Woest entwickelten Konzeptes eines Wahldifferenzierten Unterrichts (WDU) ist es, neben grundsätzlichen Denk- und Arbeitsweisen des Faches Chemie auch das schülerbezogene Alltagshandeln zu berücksichtigen. Dabei sei Chemie mehr als technisierte oder ökonomische Verarbeitungsstruktur der Fachkunde. Vielmehr biete der Chemieunterricht eine Chance, neue Unterrichtsgegenstände und Handlungsformen zu entdecken. Während durch fachstrukturiertes Vorgehen im Chemieunterricht unterschiedliche, in der Lebenswelt häufig nicht zusammengehörige Phänomene oder Regeln zu einheitlichen Theorien zusammengefasst und lebensweltliche Aspekte nur vereinzelt betrachtet würden, könne durch eine inhaltliche Öffnung ein breiteres „Spektrum an Interpretationen der Wirklichkeit“ zugelassen werden. Die Bearbeitung von Lerninhalten geht im Modell des WDU zwar von chemischen Gegenständen aus, „kann aber in allen möglichen Bezügen enden.“ Somit soll Schülern die Möglichkeit eröffnet werden, Themen stärker aus ihrer eigenen Sicht zu bearbeiten. Weiterhin wird angestrebt, eine Minderung der negativen Effekte des klassischen Chemieunterrichts – wenig Interesse, Ablehnung der Chemie, Unlust – zu erreichen.

Nach dem Konzept des Wahldifferenzierten Unterrichts ist Lernen so zu organisieren, dass Schüler „Ausschnitte der materiellen Welt“ ausgehend von einem eigenen Plan gemeinsam mit anderen erkunden. Chemieunterricht sei somit als „Auseinandersetzung mit der Natur“, und weniger als „Belehrung über die Natur“ zu verstehen.

Unter Berücksichtigung dieser Ansprüche an Chemieunterricht entwickelt und erprobt Woest im Rahmen seiner Arbeiten das Konzept des Wahldifferenzierten Unterrichts für die Sekundarstufe II. Der WDU ist durch drei Phasen gekennzeichnet: Die Fundamentumsphase, die Phase der freien Arbeit sowie die Austauschphase.

In der **Fundamentumsphase** werden den Schülern mögliche Themengebiete für die eigene Arbeit vorgestellt. Weiterhin wird den Schülern der aktuelle Lehrplan offen gelegt, sodass Schüler auch bereits vorhandene chemische Kenntnisse einordnen können. Alle für das Thema wichtigen Begriffe sowie die Unterrichtsmethode selbst werden vorgestellt und gemeinsame Bewertungskriterien entwickelt. Nach Einschätzung von Fähigkeiten, die von Schülern der Sekundarstufe II gut bzw. weniger gut beherrscht werden, kommt Woest zu dem Schluss, dass in der Fundamentumsphase Arbeitstechniken insbesondere in drei Bereichen geübt werden müssten: (1) Experimentieren, (2) Benutzung verschiedener Textmaterialien und (3) Vortrag

³¹ ebd.

von Ergebnissen im Plenum. Zum Ende der Fundamentumsphase entscheiden sich die Schüler für ein Thema, das sie im Anschluss in Gruppenarbeit über einen Zeitraum von 2-3 Monaten bearbeiten werden.³²

Die Phase der **Freiarbeit** stellt die zentrale Phase des offenen Unterrichts dar. Hier bearbeiten die Schüler das von ihnen gewählte Thema weitgehend selbständig. Sie legen Ziele, thematische Vertiefungsrichtungen und Methoden für ihre Arbeit fest und planen gemeinsam die Durchführung und Vorstellung ihrer Arbeit. Woest setzt dieses Vorgehen dem Alltagshandeln gleich, denn Schüler würden an selbst gewählten, attraktiven und gesellschaftlich relevanten Inhalten arbeiten und lernen, so dass ihr Tun dem eines an Alltagsproblemen interessierten Bürgers entspricht.

In der **Austauschphase** werden die Ergebnisse der Gruppenarbeit im „normalen Unterricht“ vorgestellt und diskutiert. Dabei können fachsystematische Einzelaspekte vertieft und auch die Schülerleistung bewertet werden.

Die empirische Begleitung im Rahmen dieses Forschungsprojektes zeichnet sich dadurch aus, dass Unterricht aus Sicht der Schüler beschrieben wird. Dazu werden das Handeln der Schüler, der Verlauf ihrer Tätigkeiten sowie die entstandenen Produkte dokumentiert und ausgewertet. Daneben orientiert sich das von Woest durchgeführte Forschungsprojekt an Grundsätzen der Aktionsforschung, was bedeutet, dass „einmal erhobene Daten in das zu untersuchende Feld rückgekoppelt einfließen.“ Die Verbindung von Datenerhebung bzw. -auswertung mit Interaktionen im Feld bringt mit sich, dass für die Datenauswertung „Prinzipien der Wertfreiheit und Übertragbarkeit aufgegeben werden müssen“³³, was auch bedeutet, dass Kausalitätsaussagen weitgehend vermieden werden.

In der Auswertung und Analyse der empirischen Daten dokumentiert und beschreibt Woest die Arbeit der Schülergruppen hinsichtlich der Themenwahl, der Durchführung von Experimenten, der Auswahl von Materialien, der Gruppendisziplin sowie der Leistungsorientierung. Ausgehend von diesen Merkmalen nimmt er im Ergebnis seiner Arbeit eine Charakterisierung typischer Arbeitsgruppen im WDU vor.³⁴

Im Rahmen seiner Untersuchungen kommt Woest zu folgenden weiteren Ergebnissen:

- In den Erwartungen und Wünschen der Schüler an Chemieunterricht spiegelt sich hauptsächlich Interesse an anwendungsorientierten, lebensnahen Inhalten wider, die sie möglichst selbstbestimmt und mit anderen Schüler gemeinsam bearbeiten möchten.
- Alle Schüler bewerten die durch die Unterrichtsmethode des WDU veränderte Lernorganisation positiv. Bei Äußerungen über weniger gelungene Aspekte

³² ebd. S. 58.

³³ ebd. S. 193.

³⁴ ebd. S. 170-176.

suchen die Schüler die Ursachen eher im eigenen Handeln als im Unterrichts-konstrukt.

- Hinsichtlich der Bewertung des Unterrichts dominieren methodische Aspekte (wie wird gelernt?) stärker als inhaltliche (was wird gelernt?) Faktoren. Dieses Ergebnis ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die Methodenfrage noch stärker in den Mittelpunkt schulnaher Forschung rücken muss.
- Die Ergebnisse der Arbeit lassen laut Woest keine Aussage darüber zu, ob Schüler bestimmte Inhaltsaspekte besser im lehrerorientierten oder im wahl-differenzierten Unterricht erinnern. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass Inhalte der Fundamentumsphase und der Gruppenarbeitsphase besser erinnert werden als die der Austauschphase. Daneben weisen Unterrichtsinhalte ohne Lebensbezug schlechtere Ergebnisse auf als Inhalte mit Lebensbezug.³⁵
- In der Beschreibung und Auswertung des offenen Unterrichts kommt Woest weiter zu dem Schluss, dass „Offener Unterricht . . . von den Schülern und vom Lehrer gleichermaßen über verschiedene Vorformen gelernt werden“ muss.³⁶
- Außerdem bietet die veränderte Rolle des Lehrers als Helfer und Berater die Chance, dass Schüler vermehrt Vertrauen in eigene Handlungsmöglichkeiten gewinnen.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass das von Woest entwickelte und erprobte Modell des Wahldifferenzierten Unterrichts ein Konzept für Chemieunterricht in der Sekundarstufe II darstellt, das sich vorrangig an den Wünschen und Interessen der Schüler orientiert und weiterhin dadurch charakterisiert ist, dass Schüler über relativ lange Phasen weitestgehend selbstbestimmt im Unterricht lernen und arbeiten.

Mit der Arbeit von Woest liegt 1995 für die Chemiedidaktik in Deutschland erstmals ein an den Prinzipien der Aktionsforschung orientiertes Projekt vor, das in einem mehrstufigen Diskurs konzipiert wurde und so Erfahrungen und Zwischenergebnisse des Forschungsprozesses direkt in die weitere Konstruktion des Chemieunterrichts integriert. Im Ergebnis der Forschungstätigkeit kann – anders als bisher in chemiedidaktischen Arbeiten üblich – der reale Ablauf des Unterrichts dokumentiert und dargestellt sowie Planungskriterien, Bewertungsmaßstäbe und Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung offen gelegt werden und so ein gut dokumentierter, realistischer Einblick in den Chemieunterricht der gymnasialen Oberstufe gegeben werden.

³⁵ ebd. S. 216.

³⁶ ebd. S. 217.

3.1.5 Weitere chemiedidaktische Ansätze im Überblick

Alltagsorientierung im Chemieunterricht

Auch in anderen chemiedidaktischen Konzeptionen der späten 80er und frühen 90er Jahre rückt die Fachsystematik zugunsten einer stärkeren Alltagsorientierung in den Hintergrund.

Becker geht in seinem Ansatz des *reflektierten Alltags* davon aus, dass Chemie in Alltagsäußerungen und -handlungen häufig mitgedacht, vorausgesetzt und dargestellt wird.³⁷ Er schlägt vor, Dialoge zu chemischen Problemen das Alltags³⁸ zum Ausgangspunkt von Chemieunterricht zu machen. Da diese Dialoge abstrakter als die ihnen zugrundeliegenden stofflichen Phänomene sind, setzt ihr Einsatz im Chemieunterricht das Vorhandensein chemischer Grundbegriffe und Zusammenhänge voraus, verlangt aber gleichzeitig von den Schülern, „Wissenselemente anzuwenden, auf die Gesprächssituation zu übertragen oder Wissensdefizite auszumachen und zu beseitigen.“³⁹ Damit eröffnet die Orientierung an Alltagsphänomenen – so Becker – neben der Erarbeitung fachlicher Grundlagen auch Möglichkeiten, affektive und „höhere Lernziele (Wissen anwenden und übertragen)“ zu realisieren, gesellschaftliche Fragestellungen und Schülervorstellungen einzubeziehen sowie „Verwertungsaspekte der chemischen Wissenschaft in und für die Lebenswelt zu dokumentieren.“⁴⁰

Für Lindemann resultiert die Forderung nach einer stärkeren Orientierung des Chemieunterrichts am Alltag der Schüler zum einem aus dem negativen Bild der Chemie und der chemischen Industrie in der Öffentlichkeit und zum anderen aus den Problemen und der Kritik, die am Chemieunterricht der 90er Jahre geäußert wurde (zu theoretischer Chemieunterricht, stoffliche Überfrachtung, zu wenige Anknüpfungspunkte an den Alltag der Schüler, kaum nachhaltige Bedeutung für das Leben).⁴¹ Die aufgezeigten Mängel liefen zwangsläufig darauf hinaus, die stärkere Berücksichtigung von *Alltagschemie* zu fordern. Unter Alltagschemie versteht Lindemann dabei „den Umgang mit Stoffen und Vorgängen, die zur Befriedigung eines Menschen dienen.“⁴² In der Regel sind diese Stoffe und Vorgänge sehr komplex. Das bedeutet zum einen, dass grundlegende Wissenselemente Voraussetzung für das Verständnis

³⁷ BECKER, H.-J.: Warum immer „stofflicher“ Alltag? Chemie auch im „reflektierten“ Alltag. In: *NiU-PC* 35 (1987), Nr. 25, S. 225–226.

³⁸ Es handelt sich dabei um Bandmitschnitte aus dem RIAS-Verbraucherstudio.

³⁹ BECKER, H.-J.: Verbraucherdialoge im Chemieunterricht - Beispiel „Formaldehyd in Kosmetika“. In: *Chimica didactica* 18 (1992), Nr. 2, S. 129–147. S. 131.

⁴⁰ ebd.

⁴¹ LINDEMANN, H.; BRINKMANN, U.: Alltagschemie - als Orientierungshilfe zur Gestaltung von Chemieunterricht. In: *NiU-Chemie* 5 (1994), Nr. 24, S. 29–33. S. 31.

⁴² ebd. S. 30.

von Alltagschemie sind. Zum anderen müssen dem Entwicklungsstand der Schüler entsprechende, „stark vereinfachte Verständnisebenen auch für komplizierte Verbindungen und komplexe Vorgänge in sich schlüssig und aufbauend zusammengestellt und entwickelt werden.“⁴³ Für ein Unterrichtskonzept mit dem Bezugsfeld *Alltagschemie* leitet Lindemann folgende Kriterien ab:

- Ausgangspunkt des Unterrichts sind chemische Vorgänge oder Produkte aus dem Leben der Schüler.
- Bei der Auswahl derselben werden die Entwicklung und die Lernweisen der Schüler berücksichtigt.
- Der Aufbau einer Fachstruktur erfolgt, indem z.T. komplexe Vorgänge auf unterschiedlichen Verständnisebenen erklärt und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen einbezogen werden.

In einem an diesem Konzept orientierten Chemieunterricht sieht Lindemann perspektivisch eine Chance dafür, dass Lehren und Lernen inhaltlich, methodisch und organisatorisch Neubestimmt wird.⁴⁴

Just verspricht sich von einer Alltagsorientierung des Chemieunterrichts, dass Handlungskompetenzen der Schüler verbessert werden und Chemieunterricht für Schüler interessanter und attraktiver wird. Er betont, dass zwischen Unterricht mit Alltagsbezügen und *Alltagsorientiertem Chemieunterricht* unterschieden werden muss, denn Alltagsbezüge allein ergeben keinen Alltagsorientierten Chemieunterricht.⁴⁵ Während sich Unterricht mit Alltagsbezügen vorrangig an der Struktur des Faches orientiert und Themen des Alltags an geeigneten Stellen aufgreift, ist Alltagsorientierter Chemieunterricht an der Struktur des Alltagsthemas ausgerichtet. Alltagsorientierter Chemieunterricht zeichnet sich weiterhin durch folgende Aspekte aus:

- Im Chemieunterricht werden Inhaltselemente und Zusammenhänge akzeptiert, die z.T. fachfremd sind.
- Die konkrete Auswahl und Anordnung geeigneter chemischer Inhalte und Hintergrundkenntnisse wird durch den lebensweltlichen Zusammenhang bestimmt.
- Die gewonnenen chemischen Kenntnisse müssen aufgegriffen und vertieft werden. Sie sollten Voraussetzung für ein folgendes Alltagsthema sein und nicht mit der Vertiefung chemischer Theorien enden.

⁴³ ebd. S. 31.

⁴⁴ ebd. S. 33.

⁴⁵ JUST, Eberhard: Alltagsorientierung im Chemieunterricht. In: *NiU-Chemie* 8 (1997), Nr. 37, S. 4–8. S. 5.

- Lernen muss mit eigener Erfahrung verbunden sein.⁴⁶

Just weist außerdem darauf hin, dass die inhaltliche Umorientierung im Chemieunterricht auch mit methodischen Veränderungen, insbesondere dem Einsatz offenerer Lernformen, einher gehen muss.

Die Gegenüberstellung der genannten Ansätze zeigt, dass allen Positionen die Forderung nach einer stärkeren Orientierung der Inhalte des Chemieunterrichts am Alltag gemein ist. Darüber hinaus wird deutlich, dass nach Ansicht der Autoren inhaltliche Veränderungen auch ein Überdenken der Methodenkultur im Chemieunterricht bedingen müssen, wenn die bestehenden Probleme des Chemieunterrichts gelöst werden sollen. Im Ergebnis sehen sie eine Chance, dass Schüler im Chemieunterricht mehr als nur fachliche Kompetenz entwickeln können.

Kooperatives Lernen im Chemieunterricht

Der Ansatz von Eilks rückt methodische Veränderungen in den Mittelpunkt und fokussiert auf den Einsatz kooperativer Lernformen im Chemieunterricht. In seinen Arbeiten werden Konzepte zum kooperativen Lernen entwickelt, erprobt und Erfahrungen beschrieben. Für einen verstärkten Einsatz kooperativer Lernformen führt Eilks folgende Gründe an:

1. Lernen folgt dem Ansatz des lerntheoretischen Konstruktivismus, der davon ausgeht, dass effektives und nachhaltiges Lernen nur in der individuellen Auseinandersetzung des Lernenden mit dem Lerngegenstand stattfinden kann. Dies gilt insbesondere für den Wissenserwerb, dessen Ziel über das Behalten von Faktenwissen hinaus die Anwendbarkeit des Wissens und das Verständnis von Prozessen ist. Lernen nach dem konstruktivistischen Ansatz erfordert deshalb „Lernarrangements, in denen eine solche Auseinandersetzung möglich ist“, in denen Lernende alleine oder in Kleingruppen aktiv selber arbeiten können.
2. Ziel des Chemieunterrichts sind nicht nur die Vermittlung kognitiver chemischer Inhalte oder von Experimentierfähigkeit, sondern auch allgemeine Bildungsziele, wie die Entwicklung von Kompetenzen (Kommunikation, Mitbestimmung; Beschaffung von und Umgang mit Informationen; selbständige Organisation von Arbeiten und Abläufen; Übernahme von Verantwortung für das eigene Tun und andere).⁴⁷

⁴⁶ ebd.

⁴⁷ EILKS, Ingo: Kooperatives Lernen im Chemieunterricht I. In: *MNU* 56 (2003), Nr. 1, S. 51–55. S. 53.

3. Die negative Einstellung zum Fach kann nicht alleine durch veränderte Inhaltsauswahl oder veränderte inhaltliche Zugänge verändert werden, auch die Methodenkultur muss überdacht werden; wenn schülerorientiert unterrichtet werden soll, müssen verstärkt individualisierte und kooperative Lernarrangements eingesetzt werden.⁴⁸

In seinen Untersuchungen zur Akzeptanz der Gruppenpuzzle- und der Lernzirkel-Methode stellt Eilks fest, dass ein verstärkter Einsatz kooperativer Lernformen zur Steigerung der Attraktivität des Unterrichts beiträgt. Die positive Einschätzung begründen die Schüler mit der Möglichkeit, in Gruppen zu arbeiten und mit der erhöhten Selbständigkeit beim Lernen und Arbeiten. Ausnehmend positiv würden Schüler die zunehmende Selbständigkeit und Kompetenzentwicklung bezüglich ihrer Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit bewerten. Insgesamt gibt es nur wenige negative Einschätzungen durch die Schüler. Die Untersuchungen von Eilks zeigen, dass die Schüler kaum Schwierigkeiten mit der hohen Eigenständigkeit und der Organisation des Lernprozesses benennen und dass sie in der Lage sind, über Unterricht und die angestrebten Lernprozesse zu reflektieren.

Zusammenfassend kommt Eilks zu dem Schluss, dass der verstärkte Einsatz kooperativer Lernformen ein erhebliches Potenzial birgt, den Schwierigkeiten des Chemieunterrichts zu begegnen. Unterricht werde sowohl aus Sicht der Schüler als auch der Lehrer attraktiver und abwechslungsreicher, häufig kognitiv erfolgreicher und „effektiver im Beitrag zu den nicht kognitiven Zielen, etwa aus den Bereichen Kommunikationsfähigkeit, Selbständigkeit und Persönlichkeitsentwicklung.“⁴⁹ Dennoch darf kooperatives Lernen – so Eilks – nicht als „Allheilmittel“ betrachtet werden, sondern es bedürfe des dosierten und abgestimmten Einsatzes kooperativer Lernformen in Abwechslung mit anderen Unterrichtsmethoden.

Weiterhin verweist Eilks auf Defizite in der Ausrichtung der Arbeitsfelder fachdidaktischer Forschung. Bisher seien systematische empirische Untersuchungen über die Auswirkungen des Einsatzes kooperativer Lernmethoden in Deutschland nur von Woest zum Wahldifferenzierten Chemieunterricht und durch Modul 8 im Rahmen des BLK Modellversuches SINUS⁵⁰ vorgelegt und diskutiert worden. Eilks plädiert

⁴⁸ Die Beschreibung der methodischen Realität des Chemieunterrichts in Deutschland durch Eilks deckt sich mit den Ergebnissen der Lehrer- und Schülerbefragung (Kapitel 2.2.1 und 2.2.2). Eilks stellt fest, dass Gruppenarbeitsphasen zwar regelmäßig, aber in erster Linie doch bei der Durchführung von Schülerversuchen vorkommen. Dort stellen sie jedoch nur selten echtes Gruppenlernen im Sinne kooperativen Arbeitens dar, denn wenn die Arbeit in der Gruppe nicht auch „die Hinführung zum Experiment, dessen Auswertung und das Erlernen der entsprechenden inhaltlichen Zusammenhänge [einschließt], so findet der eigentlich Lernprozess nur zu einem geringen Teil in der Gruppe statt.“ (Eilks 2003 S. 53.)

⁴⁹ EILKS, Ingo: Kooperatives Lernen im Chemieunterricht II. In: *MNU* 56 (2003), Nr. 2, S. 111–114. S. 114.

dafür, dass sich chemiedidaktische Forschung stärker als bisher diesem Bereich widmen müsse, um „die Effekte solchermaßen veränderter Prozesse bezogen auf den Chemieunterricht systematisch“ zu hinterfragen und zu erforschen.

3.2 Konsequenzen für die Konstruktion und Begleitung

Forschungslücke

Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, sind sowohl ChiK als auch SINUS in der Schwerpunktsetzung ihrer begleitenden Forschung eher in der Implementationsforschung zu verorten und haben die Evaluation veränderter Unterrichtskonzepte aus Lehrersicht zum Ziel. Wenig berücksichtigt werden in der begleitenden Forschung die Dokumentation und Beschreibung der Wahrnehmung des veränderten Unterrichts aus Sicht der Schüler oder die Entwicklung von Kompetenzen.⁵¹

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass der inhaltliche Schwerpunkt von SINUS auf der Veränderung der Aufgabenkultur liegt, während Aspekte des kooperativen Lernens bzw. Lern- und Arbeitstechniken weniger akzentuiert werden. ChiK konzentriert sich eher auf inhaltliche Veränderungen, indem chemische Konzepte ausgehend von schülerrelevanten Kontexten thematisiert werden. Arbeitstechniken und Lernmethoden sind nicht vordergründig Bestandteil des Chemieunterrichts nach ChiK. Die Ansätze von Gräber (ParCIS), Woest und Eilks haben jeweils mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung die Ausbildung von Qualifikationen, die über Sachkompetenz hinausgehen zum Ziel. Die Ausbildung von Methoden des selbständigen Wissenserwerbs ist erklärtes Ziel von ParCIS. Konkret geht es um den Umgang mit Internetsuchmaschinen und die computerbasierte Erstellung von Mindmaps als unterstützende Arbeitstechniken bei der selbständigen Bearbeitung inhaltlicher Themenfelder.

Woest beschreibt mit seiner Arbeit den realen Ablauf von Chemieunterricht. In dieser Hinsicht knüpft die vorliegende Arbeit an seinem Ansatz an. In Auswertung der Ergebnisse verweist Woest bereits darauf, dass die Arbeit in offeneren Lernformen durch Vorformen gelernt werden muss.⁵² Dabei müsse vor allem auf das allmähliche Einführen der Sozialformen (Partnerarbeit und Gruppenarbeit) und verschiedener Arbeitstechniken (Protokollieren, Arbeiten mit Texten, Darstellung eigener

⁵⁰ Dass die Arbeiten zu Modul 8 kaum wissenschaftlich fundierte Ergebnisse zur Beschreibung des Unterrichts in kooperativen Lernformen liefern, wurde in Kapitel 3.1.1 diskutiert.

⁵¹ Abgesehen von der Arbeit von Menthe im Rahmen von ChiK, mit der die Entwicklung der Urteilsfähigkeit der Schüler untersucht wird.

⁵² WOEST 1995 S. 217.

Ergebnisse, Vortragen) geachtet werden.⁵³ Eine differenzierte Dokumentation und Beschreibung des Unterrichts zur Übung der Vorformen wird durch Woest nicht geleistet.

Die beschriebenen Ansätze zum Alltagsorientierten Chemieunterricht konzentrieren sich vordergründig auf die inhaltliche Umorientierung des Chemieunterrichts, sind sich jedoch darin einig, dass mit inhaltlichen auch methodische Veränderungen einhergehen müssen.

Eilks untersucht und beschreibt in seinen Arbeiten Effekte des Einsatzes kooperativer Lernformen, insbesondere hinsichtlich der Attraktivität des Chemieunterrichts sowie in den Bereichen Persönlichkeitsentwicklung, Selbständigkeit und Kommunikationsfähigkeit. Den Veröffentlichungen ist dabei nicht zu entnehmen, dass die Schüler im Unterricht auf die Arbeit in kooperativen Lernformen vorbereitet werden, indem notwendige Lern- und Arbeitstechniken thematisiert und geübt werden. Es wird deutlich, dass auch hier Methodenlernen weder im Unterricht noch durch die begleitende Forschung akzentuiert wird.

Weiterhin wurde festgestellt, dass die Zielgruppe der Mehrzahl der Ansätze (Wahldifferenzierter Unterricht, ChiK, ParCIS) in ihrer ursprünglichen Konzeption Schüler im Chemieunterricht der Sekundarstufe II sind. Das zeigt, dass die Konstruktion, Erprobung und empirische Evaluation eines Unterrichtskonzeptes für die Sekundarstufe I, durch das Lernmethoden explizit akzentuiert werden und das in der Dokumentation und empirischen Begleitung auf die Schülerperspektive fokussiert, bisher durch chemiedidaktische Forschung noch nicht beschrieben wurde.

Charakterisierung des eigenen Ansatzes

Hier setzt die vorliegende Arbeit an und versteht sich im Sinne von Ralle und Eilks als Schnittstelle zwischen Unterrichtspraxis, curricularer Entwicklung und empirischer Forschung, (vgl. Kapitel 2.1.1) indem die Konstruktion und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes wissenschaftlich begleitet wird.

Charakteristisch für das Konzept zur **Konstruktion** der Unterrichtseinheiten ist die Verknüpfung von *Unterrichtsinhalten*, *Unterrichtsmethoden* und *Lern- und Arbeitstechniken*. Dabei orientieren sich die *Unterrichtsinhalte* am Thüringer Lehrplan, akzentuieren aber verstärkt (wo es sinnvoll und möglich erscheint) die Anwendung chemischen Fachwissens auf Bereiche der Lebenswelt der Schüler. Die Ergebnisse der Schülerfragebögen (Kapitel 2.2.2) zur Interessenlage der Schüler stellen bezüglich der Herstellung von Alltagsbezügen eine Orientierungshilfe dar.

Die *methodische Gestaltung* des Unterrichts ergibt sich aus dem Verständnis von Lernprozessen im Sinne des lerntheoretischen Konstruktivismus, der davon ausgeht,

⁵³ ebd. S. 56.

dass Lernen und Verstehen nur in der individuellen Auseinandersetzung des Lernenden mit den zu lernenden Inhalten erfolgt. Unterricht muss somit den Organisationsrahmen dafür schaffen, dass sich Schüler fachliche Inhalte weitgehend selbständig erarbeiten und am Unterrichtsgeschehen möglichst aktiv teilhaben. Insbesondere offenere Unterrichtsarrangements werden diesem Anspruch gerecht.

Die Auswahl der *Lern- und Arbeitstechniken*, die im Rahmen der zu entwickelnden Unterrichtseinheiten thematisiert und geübt werden, kann nur exemplarisch sein. Die Vielzahl an Arbeitsweisen und Methoden, deren Beherrschung in der Diskussion um Scientific Literacy und Bildungsstandards oder durch die Kompetenzmodelle der Lehrpläne gefordert wird, kann im Rahmen dieses Projektes nicht berücksichtigt werden. Die Erfahrungen, die im Ergebnis dieser Arbeit beschrieben werden, sind jedoch in Grenzen generalisierbar und beschreiben somit, wie Methodenlernen im Chemieunterricht realisiert werden kann.

Die letztendliche Entscheidung für die Methoden, die im Rahmen des zu entwickelnden Unterrichts thematisiert werden, basiert auf den Ergebnissen einer Pilotstudie. Hier bearbeiten Schüler zunächst ohne methodische Vorbereitung das Thema „Duft- und Aromastoffe“ weitgehend selbständig. Die Arbeit der Schüler wird empirisch dokumentiert und analysiert. In der Auswertung werden Problembereiche der selbständigen Arbeit beschrieben. Die erfassten Defizite werden in der Hauptstudie aufgegriffen, indem Unterrichtsmodule konstruiert und erprobt werden, die jeweils auf die Übung der als unzureichend herausgestellten Fähigkeiten der Schüler abzielen.

Die praktische Erprobung der drei Unterrichtsmodule erfolgt in zwei neunten Klassen an einem Gymnasium in Thüringen, die von jeweils verschiedenen Lehrkräften unterrichtet werden. Die entwickelten Sequenzen werden im Unterricht durch den jeweiligen Fachlehrer umgesetzt, sodass Forscher und Lehrkraft nicht in einer Person agieren.

Forschungsfragen

Neben der Konstruktion ist die entsprechende wissenschaftliche Begleitung der Erprobung im Unterricht ein weiterer Schwerpunkt dieses Forschungsprojektes. Ziel ist es dabei, den Ablauf von Chemieunterricht unterrichtswissenschaftlich zu betrachten und durch empirische Untersuchungen fundiert zu dokumentieren, wie Schüler in einem Chemieunterricht lernen, der über fachliche Inhalte hinaus auch Methoden des Arbeitens thematisiert. Daneben soll auch die Wahrnehmung des veränderten Unterrichts aus Sicht der Schüler beschrieben werden. Damit wird u.a. der Forderung von Eilks entsprochen, dass sich die Fachdidaktik mehr als bisher damit beschäftigen solle, die Effekte veränderter Lernarrangements auf den Unterricht zu hinterfragen. Bei differenzierter Betrachtung sind hinsichtlich der Deskription und Analyse der

Erprobung insbesondere folgende Fragen von Interesse:

- Akzeptanz von Arbeitstechniken und Lernmethoden:
 - Wie nehmen Schüler das Material, insbesondere die Arbeitsblätter an? Werden die Arbeitsblätter genutzt bzw. die thematisierten Methoden nachhaltig angewendet?
 - Was können die Schüler in einem solchen Unterricht lernen?
- Schwerpunktsetzung im Zusammenspiel von Unterrichtsmethode, fachlichem Inhalt und Lern- und Arbeitstechnik aus Sicht der Schüler:
 - Welche Bedeutung kommt der Unterrichtsmethode (Sozialform), fachlichen Inhalten bzw. Lern- und Arbeitstechniken in der Wahrnehmung und Bewertung des Unterrichts durch die Schüler zu?
- Veränderte Rollen im Lehr-Lern-Prozess:
 - Wie reflektieren Schüler ihre veränderte Rolle im Lernprozess? Wie gehen sie damit um?
 - Entwickeln die Schüler Verantwortung für den Lernprozess?
 - Wie erleben Schüler die veränderte Rolle des Chemielehrers?
- Beurteilung der Arbeit in den Modulen durch die Schüler:
 - Welche Rolle spielt die Anwendung und Reflexion von Lern- und Arbeitsmethoden im Handeln der Schüler?
 - Wie beurteilen die Schüler die Arbeit in den Modulen?
- Welche Erfahrungen, Probleme, beeinflussenden Faktoren lassen sich am Ende zusammenfassend beschreiben?

Ein Vergleich der Ergebnisse der Pilotstudie (im Sommer 2003) mit den von der KMK vorgeschlagenen Bildungsstandards für das Fach Chemie⁵⁴ im Dezember 2004 zeigt Übereinstimmungen in den erhobenen Defiziten und den vier Kompetenzbereichen, die im Entwurf der Bildungsstandards im Fach Chemie beschrieben sind: das Verständnis chemischer Phänomene, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten; sachbezogenes Erschließen und Austausch von Informationen; die Anwendung fachbezogener Denk- und Untersuchungsmethoden; das Erkennen und Bewerten chemischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten. So können im Ergebnis der vorliegenden Arbeit exemplarisch erste Erfahrungen mit curricularen Konzepten beschrieben werden, deren

⁵⁴ KMK

Ziel die Entwicklung von Kompetenzen im Sinne von Bildungsstandards ist. Weiterhin stellen die entwickelten Unterrichtsmodule erprobte Beispiele zur Implementation von Bildungsstandards in der Praxis dar.

Kapitel 4

Pilotstudie

Richtungweisend für die Konstruktion der Hauptuntersuchung sind die Erfahrungen und empirischen Ergebnisse der praktischen Erprobung einer Pilotstudie. Bevor in Kapitel 4.3 die Durchführung der Pilotstudie beschrieben wird, sind zunächst allgemeine Kriterien dargestellt, die sich aus den Anforderungen an zeitgemäßen Chemieunterricht ergeben und für die Konstruktion der Pilotstudie bestimmend sind. Darüber hinaus werden auch die resultierende methodische Struktur und inhaltliche Schwerpunkte der Voruntersuchung erläutert.

Im Anschluss an die Beschreibung der Durchführung erfolgt die differenzierte Darstellung wichtiger Ergebnisse der empirischen Begleitung, wobei wesentliche Aspekte thesenartig zusammengefasst werden. Abschließend werden inhaltliche und methodische Konsequenzen für die Konstruktion der Hauptstudie abgeleitet (Kapitel 4.5).

4.1 Kriterien für die Konstruktion der Pilotstudie

Ausgehend von den in Kapitel 2 beschriebenen Problemen des Chemieunterrichts und den Ansprüchen an zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht, der zur Ausbildung von Scientific Literacy beitragen soll, wurde im Rahmen der Pilotstudie eine Unterrichtseinheit unter folgender Schwerpunktsetzung entwickelt und erprobt: Inhaltlich steht ein Thema im Mittelpunkt, das sich am Erfahrungshintergrund der Schüler orientiert. Aus methodischer Sicht wird die Öffnung des Unterrichts angestrebt, sodass der instruierende Unterricht durch Unterrichtsformen abgelöst wird, die konstruktivistischen Prinzipien verhaftet sind. Damit sind für die Pilotstudie folgende Ziele verbunden:

- Die Schüler sollen sich ausgehend von einem alltagsbezogenen Thema selbstständig und intensiv mit chemischen Inhalten auseinandersetzen.
- Neben der Konstruktion von chemischem Fachwissen sollen die Schüler Methoden zum selbständigen Wissenserwerb anwenden.

- Die Lernenden sollen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Informationsquellen, d.h. zwischen eher theoretischen Ausführungen in den Texten und den praktischen Ergebnissen der Experimente sowie zwischen Inhalten des Chemieunterrichts und der eigenen Erfahrungswelt erkennen.
- Die Schüler sollen die Bereitschaft entwickeln, Verantwortung für den Lernprozess zu übernehmen.
- Die Attraktivität des Chemieunterrichts soll erhöht werden.¹

Im Rahmen des Gesamtdesigns des Forschungsprojektes ist die Pilotstudie als eine Vorstudie zu verstehen, durch die dokumentiert wird, wie Schüler in einem offeneren Chemieunterricht lernen, der stärker die selbständige Arbeit von Schülern und damit auch die Anwendung überfachlicher Kompetenzen fordert. Im Ergebnis der Pilotstudie werden Problembereiche bei der Arbeit in offeneren Lernformen ausgeschärft, die in den Fokus der Hauptstudie rücken und ausschlaggebend für die Schwerpunktsetzung hinsichtlich der Konstruktion und Begleitung der Hauptstudie sind.

4.2 Inhaltliche Schwerpunkte und methodische Struktur der Pilotstudie „Schüler lernen von Schülern am Thema Duft- und Aromastoffe“

Thema des Unterrichtsvorhabens sind Duft- und Aromastoffe. Mit diesem Thema

- wird chemisches Fachwissen in alltagsnahen Kontexten angewandt,
- werden Inhalte aufgegriffen, die Schüler als interessant bewerten,²
- ist mit den Stoffgruppen der Aldehyde und Ester als „Organische Stoffe mit funktionellen Gruppen“³ der Bezug zum Thüringer Lehrplan gegeben – ein Kriterium, das für die Bereitschaft von Lehrern, wissenschaftliche Erprobungen im Unterricht zu akzeptieren, von entscheidender Bedeutung ist.

¹ Vgl. dazu auch die Erfahrungen von Eilks (EILKS 2003) und VOGLHUBER, Helga: *Voneinander und miteinander lernen*. WWW-Dokument. imst.uni-klu.ac.at/schwerpunktprogramme/s4/_content/links/bericht-voglhuber.pdf. Version: 2003. Zugriffsdatum 21.02.2003

² Vergleiche dazu die Ergebnisse der Schülerbefragung (Kapitel 2.2.2); Bewertung der Kategorien „Lebensmittelzusatzstoffe“ bzw. „Kosmetika“.

³ Thüringer Lehrplan 1999 S. 43 ff.

Das methodische Konzept der Pilotstudie beruht darauf, dass Schüler zunächst in Gruppenarbeit an verschiedenen Themen arbeiten. In Abwandlung zum üblichen Ablauf der Gruppenarbeit wird das abschließende Ergebnis keine Präsentation der Arbeitsergebnisse in Form von Vorträgen sein, sondern Arbeitsmaterial, mit dem die Mitschüler in einer anschließenden Stationsarbeit arbeiten. Die methodische Struktur der Pilotstudie, die sich in vier Phasen gliedert, ist in Abbildung 4.1 im Überblick dargestellt und wird im Folgenden detaillierter erläutert.

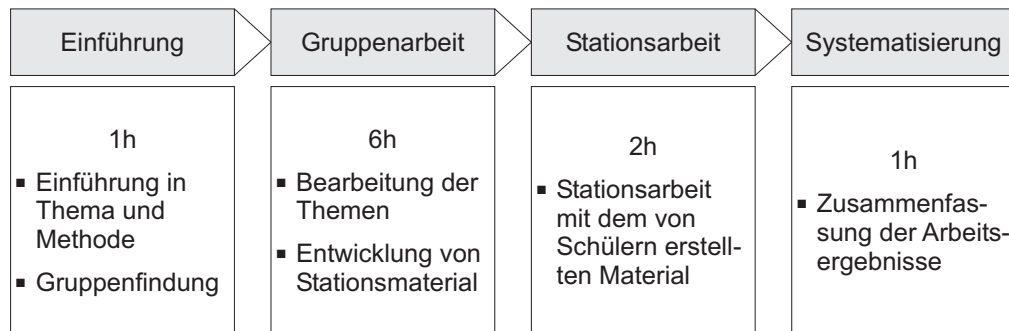


Abbildung 4.1: Methodische Struktur der Pilotstudie

I Einführung

Mit der einführenden Stunde wird den Lernenden ein Zugang zum Thema ermöglicht. Assoziationen der Schüler mit dem Thema Duft- und Aromastoffe werden gesammelt und geordnet. Ihre Ideen werden durch verschiedene kurze Texte ergänzt, die die Vielschichtigkeit der Thematik verdeutlichen. Weiterhin wird die methodische Struktur der folgenden Unterrichtseinheit offen gelegt, sodass den Schülern der zeitliche Rahmen des Projektes und ihre veränderte Rolle im Lehr-Lernprozess mit allen Verantwortlichkeiten verdeutlicht wird.

II Gruppenarbeit

Für die Phase der Gruppenarbeit wird das komplexe Gebiet der Duft- und Aromastoffe auf sechs ausgewählte Schwerpunkte begrenzt. Jede Gruppe bearbeitet vertieft einen Teilaspekt der Problematik. Gruppe 1: *Das riecht doch wie...* beschäftigt sich mit Grundlagen des menschlichen Geruchssinns sowie Eigenschaften etherischer Öle. Gruppe 2: *Das schmeckt doch nach...* untersucht den Zusammenhang zwischen Riechen und Schmecken und den Einfluss verschiedener Lebensmittelzusatzstoffe auf den Geschmack. In der *Gerüch(t)eküche* (Gruppe 3) stellen die Schüler naturidentische Aromen her und erarbeiten Wissen zu Estern. Im Mittelpunkt der theoretischen und praktischen Arbeit von Gruppe 4 stehen *Methoden der Aromastoffgewinnung*. Die Arbeit von Gruppe 5 konzentriert sich auf das Verfahren der *Extraktion*. Dabei sollen die Schüler untersuchen und verstehen, welchen Einfluss die Änderung verschiedener Parameter (Temperatur, Zerteilungsgrad, Lösemittel) auf das Ergebnis

der Extraktion hat. In Gruppe 6 werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede von *Vanille und Vanillin* als natürliche bzw. naturidentische Aromastoffe thematisiert. Tabellen 4.1 und 4.2 stellen die Arbeitsschwerpunkte der einzelnen Gruppen im Überblick dar.

Grundlage für die Arbeit jeder Gruppe ist jeweils ein Gruppenordner, der folgende Materialien enthält:

- Arbeitsauftrag
- Regeln für die Gruppenarbeit
- Protokoll für die zeitliche Planung der Arbeit
- Texte zum Thema
- Versuchsanleitungen

Der Arbeitsauftrag für jede Gruppe ist relativ umfassend, konkret und strukturiert. Unter Berücksichtigung der Ziele der Pilotstudie (vgl. Kapitel 4.1) liegt allen Aufträgen folgende Dreigliedrigkeit zu Grunde: Der *erste Teil* des Arbeitsauftrages bezieht sich auf fachliche Hintergründe. Es sind Fragen formuliert, die den Schülern die Schwerpunktsetzung bei der Arbeit mit den Texten und Versuchen erleichtern. Der *zweite Teil* der Aufgabenstellung zielt darauf ab, das angelesene und beim Experimentieren erworbene Wissen mit der Alltags- und Erfahrungswelt der Schüler in Verbindung zu setzen. Hierzu gehört beispielsweise die Reflexion bekannter Alltagshandlungen (z.B. Tee kochen als Extraktion) oder das genaue Lesen der Inhaltsstoffangaben auf Etiketten von Getränken oder Süßwaren.

Mit dem *dritten Teil* der Aufgabenstellung werden die Schüler aufgefordert, die gesammelten Ergebnisse ihrer bisherigen Arbeit in die Gestaltung von Lernmaterial für eine Station zu ihrem Thema einzubringen. Die in der ersten und zweiten Phase der Gruppenarbeit erarbeiteten Informationen müssen an dieser Stelle in Form von anwendbaren Lernmaterialien reorganisiert werden. Durch diese Umstrukturierung erfolgt noch einmal eine intensive eigenständige Auseinandersetzung mit dem Lernstoff. Da es sich um eine 9. Jahrgangsstufe handelt, wird durch die Arbeitsaufträge weitgehend vorgegeben, welche Lernmaterialien zu entwickeln sind. Die Auswahl wurde so getroffen, dass eine breite Palette an Material entsteht, sodass möglichst verschiedene Lerntypen angesprochen werden.

Es ist nicht vorrangiges Ziel der Pilotstudie, Verhaltensregeln für die Arbeit in Gruppen auszuarbeiten. Deshalb wird das Verhalten bei der Arbeit in Gruppen mit den Schülern nicht im Vorhinein thematisiert, sondern Regeln für die effektive und strukturierte Arbeit in den Gruppen vorgegeben.

In einem Protokoll zur zeitlichen Planung der Gruppenarbeit (siehe Anhang) sollen die Schüler notieren, welche Arbeiten in welcher Stunde von wem erledigt werden. Zum einen ist dieses Protokoll für die Schüler eine Hilfe bei die Planung und

Organisation der relativ langen Phase der freien Arbeit. Zum anderen stellen die Protokolle ein Erhebungsinstrument dar, das zur Auswertung der Pilotstudie herangezogen wird, um zu dokumentieren, welche Arbeitsschritte die Schüler gehen und zu beurteilen, inwieweit sie in der Lage sind, komplexe Arbeitsvorhaben zu planen. Auf eine umfassende eigenständige Textrecherche wird verzichtet. Stattdessen steht den Schülern umfangreiches Textmaterial im Gruppenhefter zur Verfügung.

Die Arbeit der Lehrperson beschränkt sich während der Gruppenarbeitsphase darauf, entwickeltes Informationsmaterial Korrektur zu lesen und als Ansprechpartner bei Problemen zur Verfügung zu stehen.

III Stationsarbeit

Während der Stationsarbeit werden die Schüler mit den Ergebnissen der anderen Gruppen nicht als passive Zuhörer konfrontiert, sondern sie setzen sich mit den Materialien, die ihre Mitschüler erstellt haben, selbst intensiv auseinander und erarbeiten sich neue Lerninhalte aktiv. Die Ergebnisse der Arbeit werden auf einem Laufzettel dokumentiert. Die auf dem Laufzettel formulierten Arbeitsaufträge sind auf die Inhalte der vorbereiteten Lernmaterialien abgestimmt. Die Schüler können also auch in dieser Phase selbständig arbeiten. Die Notizen der Schüler auf den Laufzetteln werden ebenfalls zur Dokumentation und Analyse herangezogen.

IV Systematisierung Die Arbeitsergebnisse werden zusammengefasst, indem die Ergänzungen auf den Laufzetteln im Plenum ausgewertet und systematisiert werden. Hierbei stellen die Schüler ihre Lösungen vor. Für vertiefende Fragen stehen die jeweilige Arbeitsgruppe und der Lehrer zur Verfügung.

Empirische Begleitung

Die empirische Begleitung erfolgt durch verschiedene Instrumente, deren jeweilige Auswertung sich ergänzt. (Zur Einordnung der vorliegenden Arbeit aus empirischer Sicht siehe Kapitel 6.) Vor Durchführung der Unterrichtseinheit wird in Form einer schriftlichen Schülerbefragung die Einstellung der Schüler zum Chemieunterricht sowie die Häufigkeit von Unterrichtsmethoden im Chemieunterricht aus Sicht der Schüler erhoben.

Die Gruppenarbeitsphase wird durch teilnehmende Beobachtung begleitet, wobei ein entwickelter Beobachtungsleitfaden zum Einsatz kommt. Ergänzt wird diese Methode durch die Auswertung von Protokollen, in denen die Schüler wesentliche Arbeitsschritte dokumentieren und die Arbeit in ihrer Gruppe bewerten. Schwerpunkte der Beobachtung in der Gruppenarbeitsphase sind:

- Arbeitsschwerpunkte der Schüler mit folgender Kategorisierung:
 - Texte
 - selbst mitgebrachte Materialien

- Experimente
- Aktivitäten zu Teil 2 des Arbeitsauftrags (z.B. Exkursion)
- Erstellung von Stationsarbeitsmaterial
- Zusammenarbeit in der Gruppe:
 - Arbeitsteilung
 - gemeinsame Planung
 - Austausch/Kommunikation innerhalb der Gruppe
- Notwendige Hilfe/Anleitung durch die Lehrperson:
 - Wonach fragen die Schüler?
 - Wann musste der Lehrer eingreifen, um den Arbeitsprozess zu strukturieren?

Die Ergebnisse der Stationsarbeit werden in Form von Laufzetteln erhoben. Außerdem wird das Stationsarbeitsmaterial von den Schülern in Form einer schriftlichen Befragung bewertet. Mit einem abschließenden Fragebogen wird erfasst, wie Schüler die Arbeit in dieser Unterrichtsform erleben und bewerten. Abbildung 4.2 stellt die empirische Begleitung der Pilotstudie im Überblick dar.

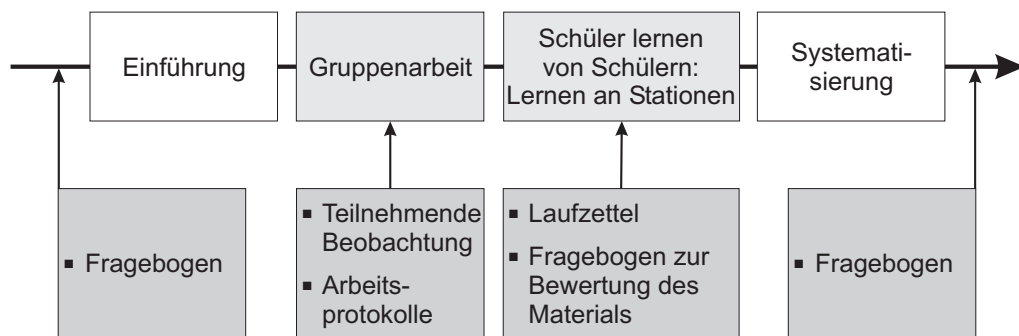


Abbildung 4.2: Empirische Begleitung der Pilotstudie

Gruppe 1: Das riecht doch wie ...	Gruppe 2: Das schmeckt doch nach ...	Gruppe 3: Die Geruch(t)eküche – Ester
Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner <ul style="list-style-type: none"> - Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind etherische Öle? - Der menschliche Geruchssinn: Wie sind unserer Riechorgane aufgebaut? Wie funktioniert der Geruchssinn? - Welche Eigenschaften haben Duft- und Aromastoffe? - Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Struktur der Stoffe und ihrem Geruch? 	<ul style="list-style-type: none"> - Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind etherische Öle? - Wie funktioniert der menschliche „Geschmackssinn“? - Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schmecken und Riechen? - Welche geschmacksbeeinflussenden Stoffe werden Lebensmittel zugesetzt? Wie müssen diese gekennzeichnet werden? 	<ul style="list-style-type: none"> - Welche Kategorien von Aromastoffen gibt es? - Was erfährt ihr über die Geschichte von Aromastoffen? Wann und wozu wurden Düfte und Aromen früher eingesetzt? Wie kam es zur Herstellung synthetischer Aromastoffe? - Wie kann man Fruchttester künstlich herstellen? Welche chemische Reaktion steckt dahinter? Welche Ausgangsstoffe benötigt man? Wie läuft diese Reaktion ab? - Lassen sich Fruchttester in Lebensmittel nachweisen?
Angebote Versuche		
<ul style="list-style-type: none"> - Adaption des Geruchssinns - Nachweis etherischer Öle mit Sudan III - Unterscheidung etherischer und fetter Öle - Feuergefährlichkeit etherischer Öle - Löslichkeit etherischer Öle in Wasser, Ethanol und Salatöl - Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin 	<ul style="list-style-type: none"> - Augen-und-Nase-zu-Test - Geschmackszonentest - Geschmackschwellentest in Abhängigkeit von der Temperatur - Geschmackschwellentest in Abhängigkeit von der Konzentration - Aroma-Farb-Test 	<ul style="list-style-type: none"> - Herstellung verschiedener Aromen (Ester) - Nachweis von Estern in Fruchtbombons (Rojahn-Test)
Alltagsbezug		
<ul style="list-style-type: none"> - Text: „Mit offener Nase durch den Tag“: Ein Tag aus Sicht der Nase ODER - Geruchslandkarte des Schulhauses 	<ul style="list-style-type: none"> - Zusatzstoffe (Aromen, Geschmacksverstärker) in Produkten des täglichen Lebens - Informationen der Verbraucherzentrale zu geschmacksbeeinflussenden Stoffen, Kennzeichnungspflicht, E-Nummern 	<ul style="list-style-type: none"> - Ester als Aromastoffe in Getränken und Süßwaren - Kontaktaufnahme mit bekannten Firmen (Zetti, Storck, Nestlé, Coca-Cola...) um herauszufinden, welche Ester wo eingesetzt werden
Erarbeitung von Lernmaterial		
<ul style="list-style-type: none"> - Text zur menschlichen Geruchswahrnehmung - Puzzle: Geruchsorgane des Menschen - Poster oder Info-Blatt: Eigenschaften von Aromastoffen - Ergebnisse von Teil 2 (eine Geschichte oder Geruchskarte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Versuch zum Geschmackstest (Zusammenhang zwischen Schmecken und Riechen, Beeinflussung des Geschmacks durch Zusatzstoffe) - Geschmacksprotokolle für Testpersonen - Poster : „Lebensmittelzusatzstoffe und Geschmack“ 	<ul style="list-style-type: none"> - Modellhafte Veranschaulichung der Veresterung - Steckbrief „Ester“ - Kartenspiel

Tabelle 4.1: Übersicht über die Gruppenarbeit, Gruppe 1 – 3

Gruppe 4: Aromastoffgewinnung	Gruppe 5: Extraktion	Gruppe 6: Vanille vs. Vanillin
<p>Schwerpunkte für die Arbeit mit dem Gruppenordner</p> <ul style="list-style-type: none"> - Welche historischen und modernen Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe gibt es? - Worauf beruhen diese Methoden? Wie funktionieren sie? - Was sind Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden? - Leitet aus euren Erfahrungen beim Experimentieren ab, was man berücksichtigen muss, um möglichst hochwertige Aromaöle aus Naturstoffen zu gewinnen? Welche Methode eignet sich zur Gewinnung welcher Aromen? - Begründe, warum gute Parfums meist sehr teuer sind! 	<ul style="list-style-type: none"> - Erläutert die „Extraktion“ als Verfahren zur Stofftrennung! - Welchen Einfluss hat das Lösemittel auf die Ausbeute an ätherischen Öl? - Welchen Einfluss hat der Zerteilungsgrad auf das Ergebnis der Extraktion? - Welche Möglichkeiten gibt es, Lösemittel vom Extrakt zu trennen? - Welche Überlegungen müssen angestellt werden, um das Ergebnis einer Extraktion zu optimieren? 	<ul style="list-style-type: none"> - Was sind natürliche, naturidentische und künstliche Aromastoffe? - Vergleich von Vanillezucker und Vanillinzucker - Geschichte von Vanille bzw. Vanillin - Wie gewinnt man Vanille- bzw. Vanillinaroma? - Wie erklärt sich der Preisunterschied zwischen Vanille- und Vanillinzucker? - Laut Gefahrstoffverordnung ist Vanillin „gesundheitsschädlich beim Verschlucken“. Auf der anderen Seite wird Vanillinzucker zum Backen und Verfeinern von Speisen eingesetzt. Wie ist dieser Widerspruch zu bewerten?
<p>Angebotene Versuche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wasserdampfdistillation von Apfelschalen - Mazeration von Zimt - Enflourage von Lavendelblüten 	<ul style="list-style-type: none"> - Extraktion von Orangenschalen mit verschiedenen Lösungsmittel (Wasser, Öl, Ethanol) - Extraktion von Zimtpulver und Zimtstangen (Einfluss des Zerteilungsgrades) 	<ul style="list-style-type: none"> - Extraktion von Vanille-Aroma aus einer Vanilleschote - Dünnschichtchromatographie verschiedener Vanille- / Vanillin-Aromen - Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin
<p>Alltagsbezug</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produktgruppen, in denen natürliche Aromen eingesetzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Extrakte und Stoffe, die extrahiert werden können im täglichen Handeln - Extraktionen im Haushalt: Tee, Kaffee, Suppe - Wo nutzt man zu Hause Kenntnisse über Einfluss von Temperatur, Lösemittel, Zerteilungsgrad? 	<ul style="list-style-type: none"> - Suche nach Paaren von Produkten mit naturidentischen Aromastoffen (Vanillinzucker) und deren Vorbild in der Natur (Vanilleschote)
<p>Erarbeitung von Lernmaterial</p> <ul style="list-style-type: none"> - Broschüre: „Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe“ (Prinzip, Vor- und Nachteile der jeweiligen Methode) - Beispiele (Ausgangsstoffe, Produkte, Duftproben) - Kreuzworträtsel zu Begriffen, die das Thema betreffen und die in der Broschüre vorkommen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines Versuchs zur Extraktion - Erstellen einer entsprechenden Versuchsanleitung - Vorbereitung des Versuchsaufbaus 	<ul style="list-style-type: none"> - Comic oder Rollenspiel zum Vergleich von Vanille und Vanillin - Lückentext

Tabelle 4.2: Übersicht über die Gruppenarbeit, Gruppe 4 – 6

4.3 Durchführung

Die Beschreibung der Durchführung konzentriert sich auf die Gruppenarbeitsphase. Diese Arbeitsphase ist von besonderem Interesse, denn hier bearbeiten die Schüler – der grundlegenden Intention des Konzeptes entsprechend – einen komplexen Arbeitsauftrag weitestgehend selbständig und übernehmen vollständig die Verantwortung für die Planung und Organisation ihrer Arbeit. Ähnliches gilt für die Stationsarbeit: Hier arbeiten die Schüler selbständig, wobei jedoch diese Arbeitsphase durch Laufzettel und Stationsmaterial relativ stark strukturiert ist. Die Einführungsstunde und die Systematisierung hingegen sind für die Begleitung und Auswertung kaum von Bedeutung, denn sie folgen dem Muster des fragend-entwickelnden Unterrichts und sind stark lehrerorientiert.

Die Einführungsstunde

Zu Beginn wurde das Vorhaben als Bestandteil eines Forschungsprojektes im Überblick vorgestellt. Die Schüler schienen dem Thema gegenüber generell aufgeschlossen und interessiert. Die Sammlung der Assoziationen der Schüler mit dem Thema zeigt erwartungsgemäß starke Alltagsbezüge, wogegen chemische Aspekte nahezu unberücksichtigt bleiben. Eine von den Schülern erstellte Zettelmindmap zum Thema beinhaltet Begriffe wie *Parfüm* (4x), *natürliche Aromastoffe* (3x) vs. *chemische Duftstoffe* (1x), *etherische Öle* (2x), Anwendungsbereiche wie *Genussmittel*, *Getränke*, *Zusatzstoffe*, *Aromatherapie*, *Kosmetika* sowie mit der Nennung von *Sinneswahrnehmungen*⁴ den Bezug zur Biologie.

Ausgehend von den Begriffen, die die Schüler nannten, wurde der inhaltliche Rahmen des Unterrichtsprojektes abgesteckt sowie die thematischen Schwerpunkte der Arbeitsgruppen vorgestellt. Die Einteilung in die Arbeitsgruppen erfolgte in Absprache mit der Lehrerin (und nicht nach den Wünschen der Schüler), um leistungsheterogene Gruppen zusammenzustellen. Die Entscheidung für ein Thema wurde von den Gruppen getroffen, indem sie zwei Wünsche notieren konnten, die dann für die Zuordnung der Themen maßgebend waren. Tabelle 4.3 zeigt die Häufigkeit der Wünsche (je zwei Wünsche von sechs Gruppen):

Weiterhin wurden an dieser Stelle die Regeln für die Gruppenarbeit im Plenum besprochen. Die verbleibende Zeit nutzten die Schüler aktiv, um sich in ihren Gruppenhefter einzulesen. Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass es sich lediglich um ein erstes überfliegendes Durchblättern und Kennen lernen des Gruppenordners handelte. Keine Gruppe beschäftigte sich in dieser Stunde intensiver mit den Informationstexten in den Gruppenordnern.

⁴ Kursiv gedruckt sind die von den Schülern zusammengetragenen Begriffe in der Zettel-Mindmap.

<i>Thema der Gruppe</i>	<i>Häufigkeit mit der das Thema gewählt wurde</i>
Riechen	4
Schmecken	3
Gerüch(t)eküche	3
Vanille vs. Vanillin	2
Extrakte und Tinkturen	2
Aromastoffgewinnung	0

Tabelle 4.3: Themenwahl in der Pilotstudie

Die Gruppenarbeitsphase

Für die Phase der freien Arbeit standen den Schülern 6 Unterrichtsstunden zur Verfügung, ohne dass dabei durch den Arbeitsauftrag vorgegeben war, in welcher Stunde sie Texte bearbeiten, Experimente durchführen bzw. Stationsmaterial erstellen sollten. Sowohl durch teilnehmende Beobachtung als auch durch die Schüler selbst wurden die Arbeitsschwerpunkte der Schüler in den verschiedenen Unterrichtsstunden dokumentiert. Dabei wurden folgende Kategorien festgelegt:

T: Arbeit mit den Informationstexten des Gruppenordners

M: Eigenes Material, das die Schüler zusätzlich mitgebracht haben

E: Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Experimente

A2: Aktivitäten zur Bearbeitung von Teil 2 des Arbeitsauftrages (z.B. Exkursion, Nutzung des Internets)

St: Erstellung von Stationsarbeitsmaterial

Die folgende Übersicht gibt einen Überblick über den Verlauf der Gruppenarbeitsphase in den 6 Arbeitsgruppen:

	1.Stunde				2.Stunde				3.+4.Stunde (Doppelstunde)				5.Stunde				6.Stunde				
G1			E				E	A2			E	A2	T							St	
G2			E				E				E	A2								St	
G3			E				E	A2	T		E	A2	T							St	
G4			E		T				T		E	A2	St	T		A2	T			St	
G5			E		T		E		T		E			T							St
G6	T		E		T	M	E		St						M						St

Tabelle 4.4: Verlauf der Gruppenarbeitsphase

In der *ersten Stunde* der freien Arbeit haben die Schüler aller Gruppen mit der Durchführung der Experimente begonnen. Es gab keine Gruppe, die das Vorgehen für die kommenden Stunden besprochen oder geplant hat. Die Experimente wurden durchgeführt, ohne dass vorher notwendige Grundlagen aus den Informationstexten

erarbeitet wurden. Im Laufe der Stunde stellten die Schüler der Lehrperson Fragen zur Erklärung der Versuche, die in erster Linie durch die zum Thema gehörigen Texte beantwortet werden sollten.

Zu Beginn der *zweiten Stunde* wurde im Plenum intensiv besprochen, was es heißt, in Gruppen zu arbeiten. Die Bedeutung einer guten Planung wurde betont und darauf verwiesen, dass sich Wissen aus dem Zusammenspiel mehrerer Informationsquellen erschließt (in diesem Falle aus chemischen Versuchen **und** Texten). Die Schüler reagierten darauf mit Ernüchterung. Es schien ihnen bewusst zu werden, dass man auch in dieser Arbeitsform, die viel Freiraum bietet, intensiv arbeiten muss.

Die Stunde war von einem aktiven, konstruktiven Arbeitsklima geprägt. Es konnte beobachtet werden, dass sich die Schüler in fünf Gruppen die Arbeit teilten: In zwei Gruppen (G1 und G3) haben die Schüler die Arbeit so aufgeteilt, dass zwei Schüler experimentierten und zwei Schüler sich den weiterführenden Aufträgen (Arbeitsauftrag Teil II) widmeten. In zwei anderen Gruppen (G5 und G6) führten ebenfalls zwei Schüler die Experimente durch, während die anderen sich mit den Texten auseinandersetzen. In einer Gruppe (G4) beschäftigten sich die Schüler arbeitsteilig mit den Texten, während in Gruppe 2 alle Schüler gemeinsam die Versuche durchführten.

In der *dritten und vierten Stunde*⁵ gestaltete sich die Arbeit der Schüler – sowohl hinsichtlich der Arbeitsschwerpunkte als auch hinsichtlich der Arbeitsteilung – zunehmend differenzierter. In fünf Gruppen (alle außer Gruppe 6⁶) beschäftigte sich ein Teil der Schüler auch in diesen Stunden mit Experimenten. Schüler von vier Gruppen befassten sich mit Teil 2 des Arbeitsauftrages, indem sie auf Exkursion gingen. In zwei Gruppen begannen die Schüler mit der Herstellung des Materials für die Lernstationen. Die Intensität der Arbeit der Schüler ist als mittelmäßig zu bezeichnen, dennoch ist positiv festzustellen, dass die Schüler, die im Unterricht beobachtet werden konnten (weil sie nicht auf Exkursion waren), sich tatsächlich selbständig mit chemischen Fragestellungen auseinandergesetzt haben.

In der *fünften* und vorletzten Stunde der Gruppenarbeitsphase waren im Hinblick auf die Arbeitsplanung anleitende Hilfen von Seiten der Lehrperson notwendig. Im individuellen Gespräch wurde mit den Schülern jeder Gruppe das Vorgehen für die verbleibenden zwei Stunden besprochen. Im Ergebnis widmete sich die Mehrzahl der Arbeitsgruppen der Erarbeitung von Stationsarbeitsmaterial (5 Gruppen) unter Verwendung der Informationstexte im Gruppenhefter (4 Gruppen). Bei der Doku-

⁵ Die Stunden werden zusammenhängend betrachtet, weil sie als Doppelstunde unterrichtet wurden.

⁶ In Gruppe 6 war die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung besonders ausgeprägt: Zwei Jungen haben alle Experimente durchgeführt, die Mädchen haben sich der Arbeit mit Texten und der Gestaltung des Comics bzw. des Lückentextes gewidmet. Bei Gruppe 6 konnte an dieser Stelle keine Durchführung von Experimenten beobachtet werden, weil die Jungen in dieser Stunde nicht anwesend waren.

mentation der Arbeit und der Ergebnisse der Schüler waren insbesondere folgende Beobachtungen interessant:

- Gruppe 2 hat sich in keiner Stunde mit den theoretischen Grundlagen (Informationstexten) ihres Arbeitsthemas beschäftigt. Außerdem gaben die Schüler statt einer selbst formulierten Durchführung für Geschmackstests die aus dem Gruppenhefter abgeschriebene Originalanleitung ab.
- Die Gruppen 1 und 4 haben die Antworten auf die Schwerpunktfragen in Teil I des Arbeitsauftrages in Form von Stichpunkten abgegeben, jedoch nicht das Stationsmaterial, das durch den Arbeitsauftrag, Teil III, gefordert war. Damit reichten sie ein Arbeitsprodukt ein, das den herkömmlichen Handlungsmustern im Chemieunterricht entspricht, jedoch nicht den im Arbeitsauftrag formulierten Anforderungen.
- Gruppe 4 konnte am Ende der Stunde noch kein Ergebnis abgeben.
- Gruppe 5 hatte bei der Entwicklung des Versuches große Schwierigkeiten, die Ergebnisse der Extraktion von Orangenschalen auf die Beschreibung eines Versuches mit Zimt (-rinde bzw. -pulver) zu übertragen. Im Gespräch äußerten die Schüler, „*wir haben das doch mit Orangen gemacht, da können wir doch den Versuch mit Zimt nicht erklären.*“
- In Gruppe 6 wurde exemplarisch das Kommunikationsdefizit innerhalb einer Arbeitsgruppe deutlich. Während sich die Schülerinnen mit den Informationstexten auseinandersetzten und anschließend das Material für die Lernstationen erarbeiteten, konzentrierten sich die Jungen auf die experimentelle Arbeit. Die Kommunikation über die Ergebnisse der Versuche fand nicht statt, sodass die Verknüpfung der Ergebnisse der praktischen Versuche mit theoretischen Hintergründen nicht erfolgte.

Die am Ende dieser Stunde eingereichten Arbeitsergebnisse und Produkte wiesen erhebliche Defizite in Inhalt und Gestaltung auf. Um den Schülern die selbständige Optimierung ihrer ersten Ergebnisse zu ermöglichen, wurden den Schülern die Produkte zu Beginn der *sechsten Stunde* mit entsprechenden Hinweisen zur Überarbeitung ausgehändigt. Diese Hinweise bildeten die Grundlage für die Arbeit in der letzten Stunde der Gruppenarbeitsphase, in der sich alle Gruppen ausnahmslos mit der Fertigstellung der Materialien für die Lernstationen beschäftigten. Tabelle 4.5 gibt einen Überblick über die am Ende vorliegenden Produkte und deren Qualität.

Die Stationsarbeit

Für die begleitende Beobachtung der Stationsarbeitsphase waren insbesondere drei Fragestellungen leitend:

Produkte	Anmerkungen
Gruppe 1: Riechen	
Puzzle	Das Puzzle ist ein gelungenes Konglomerat der Abbildungen aus verschiedenen Texten.
Geruchskarte des Schulhauses	
Text zum Riechen	Der Text enthält zum Teil identische Phrasen der Originaltexte und Fachbegriffe, die nur unzureichend erklärt werden; offen bleibt dabei, ob die Schüler selbst die angeführten Begriffe verstanden haben.
Gruppe 2: Schmecken	
2 Versuchsanleitungen	Eine Versuchsanleitung wurde von der Lehrkraft erstellt. Die zweite Versuchsanleitung erstellten die Schüler in starker Anlehnung an die der Lehrkraft.
ein A4-Blatt zu geschmacksbeeinflussenden Lebensmittelzusatzstoffen	Es werden lückenhafte Informationen in wenig ansprechender Form dargestellt.
Gruppe 3: Gerüch(t)eküche	
Modell einer Veresterung (aus Papier geschnittene Atome)	Basierend auf der eigenständigen Entscheidung der Schüler wurde eine beispielhafte Veresterungsreaktion gewählt und als Papiermodell umgesetzt.
Kartenspiel	
Poster	
halbfertiger Steckbrief „Ester“	Es wurde ein wenig ansprechendes Poster ohne fundierte Inhalte entworfen.
Gruppe 4: Aromastoffgewinnung	
3 A4-Seiten über Wasserdampfdestillation, Enflourage, Extraktion	Die Informationen wurden aus den Texten im Gruppenordner übernommen (abgeschrieben). Eigene Überlegungen oder gar Wertungen wurden nicht eingebracht.
Gruppe 5: Extrakte und Tinkturen	
Versuchsanleitung	Die Versuchsanleitung wurde korrekt erstellt,
Versuchsaufbau	der Versuchsaufbau im Wesentlichen vorbereitet. Ausreichend Bechergläser und Trichter fehlten.
fachliche Hinweise zur Erklärung des Versuches	Die von den Schülern verfassten Hinweise zur Erklärung des Versuches enthielten wesentliche Aussagen, blieben jedoch oberflächlich und ließen keinen Bezug zu dem konkreten Versuch erkennen.
Gruppe 6: Vanilla vs. Vanillin	
Comic	In dem von den Schülern erstellten Comic wurden Aspekte von Vanille und Vanillin als natürlicher und naturidentischer Aromastoff kreativ und korrekt aufgearbeitet. Fachlich tiefer gehende Erklärungen blieben jedoch unberücksichtigt.
Lückentext	Lückentext und Comic waren inhaltlich aufeinander abgestimmt.

Tabelle 4.5: Produkte der Gruppenarbeit

1. Wie werden die Stationen von den Schülern angenommen?
2. Wie arbeiten Schüler in dieser Phase? Setzen sie sich mit den Aufgaben intensiv auseinander? Versuchen sie, die Aufgaben alleine oder gemeinsam zu lösen?
3. Welchen Effekt hat es, dass das Material von Schülern und nicht – wie sonst üblich vom Lehrer erstellt wurde?

Ergänzt werden die Ergebnisse der Beobachtung durch einen Schülerfragebogen, in dem die Schüler die einzelnen Stationen in freien Antworten bewerten.

Die Beobachtungen und die Aussagen in den Fragebögen zeigen, dass sich die Schüler insbesondere für Station 1 und 6 begeisterten. Das Puzzle zum menschlichen Geruchssinn (Station 1) wurde von allen Schülern gerne ausgeführt. („*Das Puzzle war gut!*“ „*Die Station war anschaulich durch das Puzzle.*“) Station 6 war durch den gut gestalteten Comic sowie die relativ einfache Aufgabe, einen Lückentext zu vervollständigen für alle Schüler sehr attraktiv. Alle Schüler bewerteten diese Station ausnehmend positiv und als „*sehr anschaulich*“ und „*gut verständlich*“. Station 2 (Schmecken) wurde aufgrund der unzureichenden Arbeit der Schüler ebenso wie aus Sicherheitsgründen (Essen im Chemieraum) nicht aufgebaut.⁷ Die Station zur Veresterung (3) war – vermutlich aufgrund der fachlichen Tiefe – bei den Schülern wenig beliebt. („*Das Material war mir zu fachlich und unverständlich.*“ „*Es war uninteressant.*“) Mit der Aufgabe, ein Kreuzworträtsel zu bearbeiten, war Station 4 für die Schüler anfänglich interessant. Enttäuschung stellte sich ein, als sie die Diskrepanz zwischen Inhalt des Rätsels und Inhalt der Broschüre bemerkten⁸ und sich Schwierigkeiten bei der Lösung des Rätsels ergaben. Mehrere Schüler gaben an, „*Das Kreuzworträtsel hat Spaß gemacht . . . war aber teilweise schwierig, da nicht alles in den Texten stand.*“ Station 5 wird von den Schülern kaum beachtet, da sie nicht explizit als Pflichtstation ausgewiesen ist. (Das ist einerseits verwunderlich, da es sich um eine experimentelle Station handelt, andererseits natürlich auch verständlich, da zunächst die vier Pflichtstationen bearbeitet werden mussten.)

Die Arbeitsweise der Schüler in dieser Phase ist differenziert zu beschreiben. Einige Schüler arbeiteten ausgesprochen konzentriert und alleine. Es gab nur wenige Schüler, die kaum arbeiteten. Die Mehrzahl der Schüler bearbeitete die Aufgaben, jedoch nicht mit besonderer Intensität. Positiv ist zu verzeichnen, dass die Schüler

⁷ Während der Gruppenarbeitsphase wurde die Betreuung der „Essversuche“ von einer zweiten Lehrkraft in einem benachbarten Raum geleistet. In der Stationsarbeitsphase, in der keine zweite Betreuungsperson zur Verfügung stand, war die Durchführung der Versuche im Chemieraum nicht vertretbar.

⁸ In Vorbereitung der Stationsarbeit wurde die fachliche Korrektheit der von den Schülern erarbeiteten Materialien überprüft. Es wurde jedoch bewusst darauf verzichtet, das von den Schülern erarbeitete Material zu schönen, sodass Diskrepanzen bestehen blieben, die durch nicht ausreichend durchdachtes Arbeiten der Schüler entstanden sind.

sich chemische Inhalte gegenseitig erklärten und Möglichkeiten zur Lösung der Aufgaben miteinander diskutierten. Es konnten jedoch auch vereinzelt Fälle beobachtet werden, in denen die Schüler die Lösungen der Aufgaben lediglich automatisiert abgeschrieben und nicht durchdacht haben. Auf Nachfragen gaben sie an, dass es ihr Ziel sei, möglichst schnell alle Aufgaben abgearbeitet zu haben. Um ein tiefergehendes Verständnis der Inhalte der Stationen ging es ihnen dabei kaum.

Es konnte nicht beobachtet werden, dass sich die Schüler für das Material oder die Station, die von ihnen entwickelt wurde, in besonderer Weise verantwortlich fühlten. Daneben schien auch kein motivierender Effekt davon auszugehen, dass die übrigen Stationen von Mitschülern entwickelt wurden. In einem Gespräch der Schüler über das Arbeitsmaterial wurde deutlich, wie stark das Präkonzept, Unterrichtsmaterial werde immer von Lehrer entwickelt, in der Vorstellung der Schüler verhaftet ist:

S1: *Das macht Frau X⁹ doch immer am Ende des Schuljahres – irgendwas wo ein netter Spruch rauskommt.*

S2: *Aber das hat doch gar nicht Frau X gemacht!*

S1: *Hm, ach so, ja.*

Systematisierung

In der systematisierenden Stunde zum Abschluss werden im lehrerorientierten Unterrichtsgespräch die Ergebnisse der Stationsarbeit verglichen sowie vertiefend erläutert. Eine differenzierte Auswertung der Ergebnisse der Schüler in Form der Notizen auf den Laufzetteln erfolgt in Kapitel 4.4. Eine ausführlichere Beschreibung dieser Unterrichtsstunde ist im Rahmen der Zielsetzung der Pilotstudie nicht von Interesse.

4.4 Ergebnisse

Im Vorfeld der Durchführung der Unterrichtseinheit wurde durch eine Schülerbefragung erhoben, wie Schüler die methodische Gestaltung ihres Chemieunterrichts bewerten (Bewertung der Häufigkeit auf einer Skala von 0 = nie bis 5 = fast jede Stunde; N=21). Die Ergebnisse zeigen ein Bild, das dem in Kapitel 2.2.2 beschriebenen Chemieunterricht an Thüringer Schulen ähnelt.

Der Unterricht ist nach Angaben der Schüler durch starke Lehrerorientierung gekennzeichnet. Offene Arbeitsformen, wie beispielsweise Gruppenarbeit, kommen kaum zum Einsatz, ebenso wie das Lesen von Texten und das Erstellen von Postern – Arbeitsweisen, die unter anderem eine Voraussetzung für erfolgreiche selbständige Arbeit darstellen. Der Fragebogen bestätigt damit die Vermutung, die sich auch aus der Begleitung der Pilotstudie ergibt: Die Schüler sind relativ unerfahren im Umgang mit offenen Lernformen im Chemieunterricht. Im Ergebnis der Pilotstudie

⁹ Die Schüler meinen damit ihre Chemielehrerin, nicht die unterrichtende Forscherin.

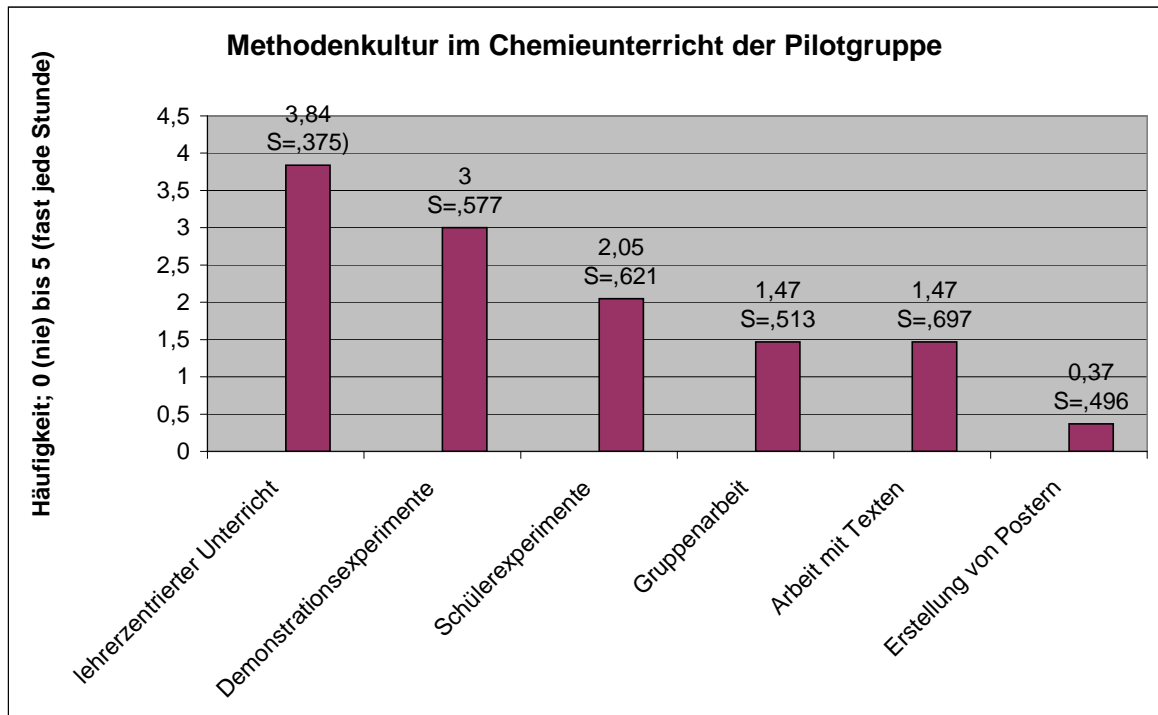


Abbildung 4.3: Angaben der Schüler der Pilotgruppe zur Methodenkultur im Chemieunterricht

lassen sich Problembereiche charakterisieren, die sich für ungeübte Lerngruppen in der Arbeit mit offenen Lernformen ergeben.

4.4.1 Die Gruppenarbeitsphase

Aus der Beschreibung der Gruppenarbeitsphase resultieren drei Problemfelder, unter denen sich wesentliche Ergebnisse der Analyse dieser Arbeitsphase zusammenfassen lassen und die für die weitere Arbeit von besonderem Interesse sind. Dabei handelt es sich erstens um die Beschreibung des Umgangs mit offenen Lernformen, zweitens um den Umgang mit Experimenten und drittens um Probleme, die aus verfestigten Handlungsmustern hinsichtlich der Rollen von Schülern und Lehrern im Lehr-Lernprozess resultieren.

Die Beobachtung der Schüler wie auch die Auswertung ihrer begleitenden Arbeitsprotokolle hat gezeigt, dass folgende grundlegende Kompetenzen zur Arbeit in offenen Lernformen bei den Schülern nur schwach ausgebildet sind:

These 0.1 *Die Schüler können die Arbeit in der Gruppe nicht ausreichend planen und organisieren.*

Eine gruppeninterne Kommunikation zur Planung des gemeinsamen Vorgehens findet kaum statt. Stattdessen beginnen die Schüler entweder konzeptlos mit der Arbeit

oder bleiben, da der offene Unterricht diese Freiheit bietet, untätig. Die fehlende Planung resultierte in massivem Zeitdruck in den letzten Stunden der Gruppenarbeitsphase und in teilweise unvollständigen Ergebnissen. Um am Ende zu akzeptablen Ergebnissen zu kommen, sind strukturierende Hinweise der Lehrperson notwendig. Die Kommunikation über Ergebnisse arbeitsteiligen Arbeitens erfolgt nur unzureichend, sodass das in den verschiedenen Teilgruppen erarbeitete Wissen parzelliert bleibt und nicht zusammengeführt wird.

These 0.2 *Der Umgang mit komplexen und langfristigen Arbeitsaufträgen ist für die Schüler ungewohnt und gestaltet sich schwierig.*

Es fällt den Schülern schwer, einen komplexen Arbeitsauftrag, der von traditionellen Mustern abweicht, vollständig zu erfassen und umsetzen. Das wird beispielsweise deutlich, wenn Schüler fragen, in welcher Reihenfolge sie Texte und Experimente bearbeiten sollen oder wenn sie trotz konkreter schriftlicher Arbeitsanweisungen fragen, in welcher Form sie die Ergebnisse notieren sollen. Andere Schüler sind (eine Stunde vor Ende der Gruppenarbeit) überrascht, dass sich an die Gruppenarbeitsphase keine Präsentation im traditionellen Sinne, sondern eine Stationsarbeit anschließt, obwohl die Anforderungen in den Arbeitsaufträgen eindeutig formuliert sind.

Das Fehlen konkreter, kleinschrittiger Vorgaben durch die Lehrperson verunsichert die Schüler. Mit der Langfristigkeit des Arbeitsvorhabens können die Schüler nur schwer umgehen. Die Aufgabe, den Weg zur Bewältigung einer vorgegebenen komplexen Aufgabe in vorgegebener Zeit eigenverantwortlich zu planen, überfordert die Schüler.

These 0.3 *Die Schüler haben Schwierigkeiten, Informationen aus verschiedenen Quellen (z.B. Informationstext, Experiment, reflektierte Alltagserfahrung) zu gewinnen, abzugleichen und in Beziehung zu setzen.*

Die Arbeit mit Texten wird durch die Schüler nicht effektiv gestaltet. Die Texte werden entweder intensiv oder gar nicht gelesen. Die Methode, Texte oder Textabschnitte im Hinblick auf ihre Relevanz für das jeweilige Problem zu überfliegen, um dann gezielt Informationen auszuwählen, wird von den Schülern nicht angewendet. Gruppe 1 und 6, aber insbesondere auch Gruppe 4 haben Probleme, Zusammenhänge zwischen Versuchen und theoretischen Konzepten, die durch Texte erläutert werden, herzustellen. In Gruppe 4 zeigen sich darüber hinaus Schwierigkeiten, die Ergebnisse eines Versuches auf nur geringfügig veränderte Versuchsbedingungen (Austausch von Orangenschale durch Zimt) zu übertragen.

Die Schüler haben Schwierigkeiten, bei der Bearbeitung der Arbeitsaufträge auf Hintergrundwissen zurückzugreifen, das in vorhergehenden Stunden erarbeitet wurde.

So ist es den Schülern in Gruppe 1 und Gruppe 6 beispielsweise nicht möglich, das Wissen über den Nachweis der Aldehydgruppe auf die Reaktion von Fehling I und II mit Vanillin zu übertragen.

These 0.4 *Die Aufbereitung von Informationen zeichnet sich durch Einseitigkeit in der Darstellungsart aus.*

Die fachlichen Inhalte für die Produkte werden in den meisten Fällen in Form von Stichpunkten nahezu identisch aus den Originaltexten übernommen (Gruppe 1, 2 und 4). Eine Umorganisation der Inhalte (Umstrukturierung, Neuformulierung) erfolgt nur in wenigen Fällen. Eine Ausnahme stellt Gruppe 6 dar, jedoch war hier explizit vorgegeben, Informationen in Form eines Comics aufzubereiten. In den Notizen der Schüler finden sich kaum andere Darstellungsweisen als Stichpunkte und phrasenweise abgeschriebener Fließtext.

These 0.5 *Schülerexperimente werden mit Begeisterung durchgeführt.*

Die Auswertung der Beobachtung zeigt, dass die Schüler sofort damit beginnen zu experimentieren und vergleichsweise viel Zeit mit der Durchführung der Experimente verbringen – wohingegen eher wenig Zeit für die Arbeit mit Texten aufgewendet wird. Auch in der begleitenden Bewertung von Texten, Experimenten und Exkursionen werden die Experimente durch die Schüler durchgehend positiver bewertet als alle anderen Bereiche.

These 0.6 *Im bewussten Schülerhandeln werden Experimente kaum als Methode, Chemie zu lernen und zu verstehen, wahrgenommen. Praktisches Tun steht für viele Schüler nicht im Zusammenhang mit der Erarbeitung theoretischer Konzepte.*

Wie die Beobachtung zeigt, führen die Schüler Versuche durch, ohne im Vorfeld eine Fragestellung zu entwickeln oder vorbereitend theoretisches Hintergrundwissen zur Durchführung und Erklärung der Versuche bereitzustellen. Entsprechend schwierig gestaltet sich dann die fundierte Auswertung der Versuche. Hier ist die Hilfestellung durch die Lehrkraft in allen Gruppen notwendig.

These 0.7 *Im Arbeitsstil der Schüler spiegeln sich die ihnen gewohnten Handlungsschemata traditionellen Unterrichts wider.*

So werden Schwerpunkt setzende Fragen, die für die Schüler lediglich Anhaltspunkte bei der Bearbeitung ihres Themas darstellen sollten, mit Hilfe der Texte in Stichworten oder Sätzen beantwortet und diese Notizen abgegeben. (Eigentliches Ziel ist jedoch die Entwicklung von Stationsarbeitsmaterial.)

Die Schüler befolgen Hinweise der Lehrperson ohne zu überlegen, auch wenn es sich dabei um Anregungen und nicht um konkrete Arbeitsanweisungen handelt. Es wird nicht reflektiert oder abgewogen, inwieweit der Hinweis für das Handeln der Gruppe relevant ist, sondern dem Hinweis wird Folge geleistet „weil es der Lehrer so gesagt hat“.

These 0.8 *Die Schüler übernehmen die Verantwortung nicht, die sie gerade im offenen Unterricht für ihr eigenes Lernen tragen.*

Insbesondere das Verhalten einiger Schüler bei der Arbeit an den Lernstationen zeigt, dass ihnen nicht bewusst ist, welche Verantwortung sie im Lernprozess tragen. Die Schüler schreiben Ergebnisse ab, um die Aufgabe „erledigt“ zu haben. Dabei ist ihnen nicht bewusst, dass es in ihrer eigenen Verantwortung liegt, sich mit den Inhalten auseinander zu setzen und zu versuchen sie zu verstehen, um tatsächlich etwas zu lernen. Dieser Befund ist insofern nachvollziehbar, als die Erklärungen und Erklärungswege im lehrerzentrierten Unterricht bereits durch die Lehrperson vorgedacht sind und Schüler weitgehend von der Verantwortung, etwas selbst zu erarbeiten, entbunden sind.

These 0.9 *Von gewohnten Mustern abweichende Ansprüche des Forschers als Lehrperson stören die Lernsituation.*

Die Authentizität der Lernsituation wird gestört, wenn der Unterricht nur für kurze Zeit durch eine andere Lehrperson (Forscher) übernommen wird. Die Aktivitäten der Schüler konzentrieren sich weniger als in einem bereits eingespielten Lehrer-Schüler-Verhältnis auf den Unterricht bzw. auf Lernen, sondern auf die Neubestimmung von Rollen in Abhängigkeit von der neuen Lehrperson.

4.4.2 Die Stationsarbeit

Die Arbeit der Schüler an den Stationen wurde bereits auf Grundlage der Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung beschrieben. In Ergänzung sollen an dieser Stelle die Notizen auf den Laufzetteln der Schüler ausgewertet werden.

Prinzipiell werden dadurch die Thesen bestätigt, die in der Auswertung der Gruppenarbeitsphase generiert werden konnten (insbesondere These 8). Die Auswertung der Laufzettel zeigt, dass viele Schüler wenig bereit oder nicht in der Lage sind, sich auf konstruktivistische Formen des Lernens einzulassen, Arbeit und Energie zu investieren, um sich mit chemischen Sachverhalten selbständig auseinander zu setzen.

Aufgaben mit reproduktivem Anspruch, wie z.B. das Nennen von Eigenschaften oder Verwendungsmöglichkeiten (Station 1, 3, 5, 6) werden von der Mehrzahl der Schüler

relativ vollständig und richtig gelöst.

Aufgaben mit rekonstruierendem Niveau, die es erfordern, einen Sachverhalt zu durchdenken, auf fachliches Wissen zurückzugreifen und dieses anzuwenden, werden insgesamt von weniger Schülern beantwortet. Wenn sie beantwortet werden, erfolgt das sehr oberflächlich und nahezu nie mit durchgängiger und schlüssiger Argumentation. Das sei an zwei Beispielen gezeigt:

Im Anschluss an die Durchführung eines Versuches, mit dem der Einfluss des Zerteilungsgrades auf das Ergebnis eine Extraktion untersucht wird, sollen die Schüler erklären, warum Kaffeebohnen gemahlen werden, um Kaffee zu kochen. Hier führt nur ein Schüler die richtige Erklärung an, vier machen ungenaue und oberflächliche Angaben, 17 Schüler bearbeiten diese Aufgabe gar nicht.

An Station 3 übernehmen 30% der Schüler die Reaktionsgleichung mit den Strukturformeln zur Herstellung von Essigsäureethylester, die im Steckbrief beispielhaft erklärt ist, obwohl die Aufgabe des Laufzettels erfordert, die Reaktionsgleichung für die Herstellung von Essigsäurepentylester zu notieren. 50% der Schüler formulieren in der Wortgleichung Essigsäureethyl-, statt Essigsäurepentylester. Sie schreiben ab, ohne selbst zu überlegen.

Aufgaben mit eher spielerischem Charakter (Puzzle, Kreuzworträtsel, Comic und Lückentext) werden zum einen von einer größeren Anzahl Schüler und zum anderen auch vollständiger bearbeitet: Das Puzzle wird von jedem Schüler gelöst. Station 6 ist aufgrund der Attraktivität des Mediums „Comic“ sehr beliebt. Der zugehörige Lückentext wird ebenfalls von allen Schülern bearbeitet, wobei jedoch nicht alle Schüler alle Lücken korrekt vervollständigen. Das Kreuzworträtsel (Station 5) wird ebenfalls von sehr vielen Schülern gelöst (acht Schüler mit vollständig korrekter Lösung, sieben mit teilweiser Lösung, sieben Lösungsblätter werden nicht abgegeben).

4.4.3 Bewertung der Unterrichtseinheit durch die Schüler

Mit einer abschließenden Schülerbefragung wird das Unterrichtsprojekt durch die Schüler zusammenfassend bewertet. Nach Sicht der Schüler stellen Gruppenarbeit sowie ein höherer Grad an selbständiger Arbeit die entscheidenden **Unterschiede zwischen der erprobten Unterrichtsreihe und „normalem Unterricht“** dar. („Das selbständige Erarbeiten unterscheidet sich sehr vom normalen Unterricht.“ „Wir konnten sehr viele Dinge selber machen und uns selbst aussuchen.“) Dabei werden beide Aspekte ausnehmend positiv bewertet. In dieser Unterrichtseinheit beeinflusst die Sozialform „Gruppenarbeit“ die emotionale Einstellung zum Chemieunterricht stärker als das Thema „Duft- und Aromastoffe“.

Darüber hinaus wird die Attraktivität des Chemieunterrichts aus Sicht der Schüler erhöht, weil praktische und theoretische Inhalte gleichzeitig angeboten wurden und die Schüler die Möglichkeit hatten, Experimente vollkommen selbständig durchzuführen.

Problematisch stellt sich für Schüler die **Akzeptanz veränderter Rollen im Lehr-Lernprozess** dar. Wissen und Informationen, die nicht direkt der Verantwortlichkeit des Lehrers entspringen, scheinen für sie nicht zuverlässig: „[An normalem Unterricht finde ich besser, dass] man durch die Zusammenarbeit und die Überprüfung durch den Lehrer sich sicher sein kann, dass das, was man lernt auch stimmt.“ Sie haben wenig Vertrauen in die eigene Arbeit und glauben, dass nur die Zusammenarbeit mit bzw. die Überprüfung durch den Lehrer zu „richtigen“ Ergebnissen führt. Die Äußerungen der Schüler lassen die Schlussfolgerung zu, dass sie glauben besser zu lernen, wenn es der Lehrer ihnen erklärt.

Die **Intensität der eigenen Arbeit** wird auf einem weiten Spektrum bewertet und entspricht den Ergebnissen der Beobachtungen: es gibt Schüler, die sich intensiv mit dem Thema auseinandersetzen, während andere die Offenheit der Methode nutzen, um sich auszuruhen.

Die Meinungen darüber, wie viel sie während der Unterrichtseinheit gelernt hätten, gehen auseinander und korrelieren tendenziell (aufgrund der geringen Stichprobe jedoch nicht statistisch nachweisbar) mit der Bewertung der Intensität der eigenen Arbeit.

Die Angaben der Schüler dazu, **was sie gelernt hätten**, gehen über rein fachliche Aspekte hinaus und betreffen auch den Erwerb methodischer Kompetenzen: „In Gruppenarbeit muss man gleich von Anfang an zügig arbeiten, die Aufgaben gerecht verteilen und miteinander abstimmen.“ „Man [muss] mehr für die Gruppenarbeit machen und nicht nur so spaßig arbeiten.“

4.4.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Auswertung des Datenmaterials bestätigen die seit Jahren bekannten Erfahrungen bei der Arbeit in offenen Unterrichtsformen. Wie auch die Untersuchungen von Simons¹⁰ und Jürgens¹¹ zeigen, sind grundlegende Kompetenzen zur Arbeit in offenen Lernformen bei der Mehrzahl der Lernenden nur schwach ausgebildet: Die Schüler haben Probleme, die Arbeit und das Lernen in der Gruppe zu planen und zu organisieren. Es gelingt ihnen nicht ausreichend, Informationen

¹⁰ SIMONS, Robert Jan: Lernen, selbständig zu lernen. In: MANDL, H.; FRIEDRICH, H. (Hrsg.): *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention*. Göttingen : Hogrefe, 1992, S. 251–264.

¹¹ JÜRGENS, Eiko: *Die „neue“ Reformpädagogik und die Bewegung Offener Unterricht*. Sankt Augustin : Academia-Verlag, 1995.

aus verschiedenen Quellen (Fachtexte, Informationsmaterial aus der Industrie, Ergebnisse durchgeführter Versuche) zu verarbeiten, abzugleichen und zu verknüpfen. Das beobachtete Verhalten der Schüler lässt weiterhin schlussfolgern, dass sie eher an kleinschrittige und konkrete Arbeitsaufträge durch die Lehrperson gewöhnt sind, sodass sie mit der Komplexität und Langfristigkeit der in dieser offenen Unterrichtseinheit gestellten Aufgaben schwer umgehen können.

Die Verantwortung, die sie als Lernende im Lernprozess tragen, erkennen und übernehmen die Schüler meist nicht. Stattdessen sind sie noch stark auf die Rolle des Lehrers als „zuverlässiger Wissensvermittler“ orientiert.

Hinsichtlich des Umgangs mit Experimenten scheint sich an der Situation, wie sie George¹² bereits 1988 beschreibt, nichts geändert zu haben. Schülerexperimente werden zwar mit Begeisterung durchgeführt, im bewussten Schülerhandeln jedoch nicht als Methode, Chemie zu lernen und zu verstehen, reflektiert. Praktisches Tun steht für viele Schüler nicht im Zusammenhang mit der Erarbeitung theoretischer Konzepte. Wie auch Prenzel und Parchmann feststellen, bleibt es häufig bei „hands-on activities“, die „die geistige Beteiligung und das naturwissenschaftliche Denken“¹³ vernachlässigen.

4.5 Konsequenzen für die Hauptstudie

Die Ergebnisse der Pilotstudie machen deutlich, dass relativ kurze Interventionen in manifestierte Lernprozesse wenig Erfolg versprechend scheinen, wenn es darum geht, naturwissenschaftliche Kompetenzen zu entwickeln und Lernerautonomie zu fördern. Daraus folgt, dass ein solches Unterrichtsprojekt langfristig angelegt sein und über die punktuelle Durchführung einer offenen Unterrichtseinheit hinausgehen muss. Die Konzeption der Hauptstudie wird aus diesem Grund für den Zeitraum eines Schulhalbjahres angelegt.

Außerdem wurde gezeigt, dass methodische Kompetenzen zum selbst gesteuerten Lernen in offenen Lernformen bei Schülern, die überwiegend an die Arbeit im lehrerzentrierten Unterricht gewöhnt sind, unzureichend entwickelt sind. Es scheint daher sinnvoll, Lern- und Arbeitsmethoden explizit zum Gegenstand des Unterrichts zu machen, um so das Bewusstsein der Schüler dafür zu entwickeln. In Konsequenz der Erfahrungen der Pilotstudie sollen mit der Hauptstudie Unterrichtsmodule entwickelt und erprobt werden, in denen die Schüler durch die Thematisierung und Übung methodischer Teilkompetenzen (Vorformen) auf zunehmend selbständigere

¹² GEORGE, Richard: Experimente im Schulunterricht: Teil 2: Ideologie oder Notwendigkeit. In: *Chimica didactica* 14 (1998), S. 164–186.

¹³ PRENZEL, M.; PARCHMANN, I.: Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 15–17. S.16.

Arbeit vorbereitet werden.¹⁴ Dabei können im Rahmen dieser Arbeit nicht alle der in Kapitel 4.4 thesenartig formulierten Defizite ausreichend berücksichtigt werden. In der weiteren Planung scheint die Durchführung von drei Unterrichtsmodulen in einem Schulhalbjahr sinnvoll.

Grundlegende Fähigkeiten für selbständiges Lernen wie sie auch in Bildungsstandards und in der Diskussion um Scientific Literacy diskutiert werden (Kapitel 2), sind die selbständige Erarbeitung und der Umgang mit Informationen. So soll in Konsequenz von These 0.3 die Fähigkeit zur Gewinnung von Informationen aus Texten durch verständnisintensives Lesen in einem Unterrichtsmodul der Hauptstudie aufgegriffen werden. In engem Zusammenhang damit steht die sinnvolle Aufbereitung bzw. Umstrukturierung von Informationen, die durch die Pilotstudie ebenfalls als defizitär belegt wurde (These 0.4). Möglichkeiten, Informationen aus Texten aufzubereiten oder zu notieren, sollen deshalb in einem zweiten Unterrichtsmodul thematisiert werden.

Problematisch stellt sich ebenfalls der Umgang der Schüler mit Experimenten dar (These 0.6). Deshalb und aufgrund der ausgesprochenen Relevanz von Experimenten für den naturwissenschaftlichen Unterricht liegt es nahe, den Schwerpunkt der dritten Unterrichtseinheit auf das methodische Vorgehen bei der Planung und Durchführung von Experimenten zu legen.

Weitere Defizite, die durch die Pilotstudie aufgezeigt werden, wie beispielsweise Schwierigkeiten bei der Planung und Organisation längerer Phasen eigenständiger Arbeit (These 0.1) oder Probleme im Umgang mit langfristigen und komplexen Arbeitsaufträgen, können im Rahmen dieses Forschungsprojektes nicht mit entsprechenden Unterrichtsmodulen aufgegriffen werden. Sie werden jedoch in der Organisation des Unterrichts insofern berücksichtigt, als den Schülern entscheidende und für sie mit Schwierigkeiten verbundene Schritte wie die zeitliche Planung, die Textauswahl oder die Strukturierung des Arbeitsauftrages durch die Lehrkraft abgenommen werden. Dennoch muss dafür plädiert werden, dass es ein langfristiges Ziel von Unterricht sein sollte, auch in diesen Bereichen entsprechende Kompetenzen zu fördern, um die Verantwortlichkeiten aus Lehrerhand auf die Schüler zu übertragen.

Ein weiteres Ziel der Hauptstudie ist es, routinierte Handlungsmuster im Schüler- (und Lehrerverhalten) zu verändern. Durch den Einsatz entsprechender Unterrichtsformen (Gruppenarbeit, Gruppenpuzzle) sollen die Schüler die Verantwortung, die sie im Lernprozess tragen, erkennen und übernehmen (These 0.8). Der Unterricht ist so zu gestalten, dass Schüler sich selbständig mit chemischen Inhalten auseinandersetzen und sich die Aufgabe des Lehrers darauf beschränkt, die Rahmenbedingungen für selbständiges Lernen zu schaffen.

Ferner wird in der Hauptstudie die Rolle von Forscher und Lehrer getrennt, d.h. die

¹⁴ Vergleiche dazu auch die Ergebnisse von Woest, die in Kapitel 3.1.4 diskutiert werden.

Lerngruppen werden von ihrem jeweiligen Fachlehrer unterrichtet (vgl. dazu These 0.9). Aufgabe des Forschers ist es, die Konzeption für drei Phasen offenen Unterrichts mit verschiedener methodischer Schwerpunktsetzung zu entwerfen, entsprechendes Lernmaterial zu gestalten, Instrumente zur empirischen Begleitung zu entwickeln, den Unterricht zu beobachten und die Lehrkräfte auf die Durchführung des Unterrichts vorzubereiten.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden drei Konsequenzen aus der Pilotstudie ableiten, die für die Konzeption der Hauptstudie maßgebend sind:

1. Die Hauptstudie erstreckt sich mit mehreren Interventionen in einem Schulhalbjahr über einen längeren Zeitraum.
2. Es werden Unterrichtsmodule entwickelt, in denen Teilkompetenzen zur Arbeit in offenen Lernformen und zum Erwerb methodischer Kompetenz thematisiert und geübt werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem verständnisintensiven Lesen von Texten, der Aufbereitung von Informationen sowie dem Prozess der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten.
3. Durch den Einsatz entsprechend offener Unterrichtsformen sollen traditionelle Muster von Lehrer- und Schülerhandeln im Unterricht ergänzt werden und Schüler schrittweise mehr Verantwortung im Lernprozess übernehmen.

Für die Hauptstudie ergibt sich daraus, dass drei Unterrichtseinheiten konzipiert, erprobt und begleitet werden, deren Schwerpunkte in der Tabelle 4.6 dargestellt sind.

	Lern- /Arbeitsmethode	fachlicher Inhalt	Unterrichtsmethode
Modul 1	Verständnisintensives Lesen	Erdöl	Arbeitsteilige Gruppenarbeit
Modul 2	Aufbereiten von Informationen aus Texten	Alkohole: Eigenschaften, Ethanol und andere Vertreter	Gruppenpuzzle
Modul 3	Die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten / Experiment als Methode des Erkenntnisgewinns in den Naturwissenschaften	Sorbinsäure als Konservierungsmittel	Erkundung; Arbeitsgleiche Gruppenarbeit

Tabelle 4.6: Schwerpunkte für die Konstruktion der Hauptstudie

Die vorliegende fachdidaktische Arbeit kann damit folgendes leisten:

Zum einen stellen die entwickelten Unterrichtsmodule erprobte Beispiele für die Umsetzung von Zielen dar, wie sie u.a. durch Bildungsstandards formulierten werden.

Die konkreten Unterrichtsbeispiele können Impulse für die Arbeit an Schulen geben und somit die Implementation von Bildungsstandards in der Praxis unterstützen.

Zum anderen wird exemplarisch Unterricht dokumentiert, dessen Ziel neben der Ausbildung fachlicher Kompetenz auch die Entwicklung methodischer Kompetenzen ist. Somit kann im Ergebnis Chemieunterricht empirisch belegt und beschrieben werden, der an den Anforderungen zur Gestaltung von Chemieunterricht, wie sie in Bildungsstandards formuliert sind, ausgerichtet ist. Die Ergebnisse dieser Arbeit können Perspektiven für weitere Arbeiten zur wissenschaftlich fundierten Beschreibung von Kompetenzmodellen im Bereich der Chemie bzw. der Naturwissenschaften aufzeigen.

Kapitel 5

Konstruktion der Unterrichts- module der Hauptstudie

In diesem Kapitel wird die Konstruktion der drei Unterrichtsmodule beschrieben, die im Rahmen der Hauptuntersuchung durchgeführt werden. Dazu sind in Kapitel 5.1 zunächst allgemeine Kriterien ausgeführt, die der Konstruktion aller Module zugrunde liegen. Im Weiteren wird die Konzeption von Modul 1: „Verständnisintensives Lesen am Thema Erdöl“ (Kapitel 5.2), von Modul 2: „Aufbereitung von Informationen am Thema Alkohole“ (Kapitel 5.3) und von Modul 3: „Naturwissenschaftlich experimentieren – mit Konservierungsstoffen“ (Kapitel 5.4) erläutert. Dabei werden sowohl inhaltliche Schwerpunkte im Überblick dargelegt als auch diskutiert, wie die Ausbildung der jeweiligen methodischen Kompetenzen unterrichtlich umgesetzt werden kann bzw. welche Lernformen dafür besonders geeignet scheinen. Für die Einführung und Anwendung von Lern- und Arbeitstechniken sowie bei der Arbeit in offenen Lernformen spielen auch Lernmaterialien, wie Arbeits- oder Informationsblätter und Arbeitsaufträge, eine wichtige Rolle. Daher werden deren Konstruktion in den jeweiligen Kapiteln beschrieben und die entwickelten Materialien dargestellt.

5.1 Kriterien zur Konstruktion der Unterrichtsmodule der Hauptstudie

Die Diskussion der aktuellen bildungspolitischen Standpunkte in Kapitel 2 zeigt, dass bei der Gestaltung von zeitgemäßem Chemieunterricht u.a. folgende Ansprüche berücksichtigt werden müssen:

- die Thematisierung von Arbeitsmethoden
- die Reflexion von Lernwegen und
- der stärkere Einbezug der Alltags- und Erfahrungswelt der Schüler.

Das vorliegende Forschungsprojekt berücksichtigt diese Forderungen und hat bei der Konstruktion der Unterrichtsmodule der Hauptstudie die sinnvolle Verknüpfung von *Lern- und Arbeitstechniken*, *Unterrichtsinhalten* sowie *Unterrichtsmethoden* zum Ziel.

Hinsichtlich der *Lern- und Arbeitstechniken* werden drei Bereiche aufgegriffen, die sich in der Auswertung der Pilotstudie als defizitär erwiesen haben: (1) verständnisintensives Lesen, (2) Aufbereiten von Informationen aus Texten und (3) die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten. Damit werden Teile der Kompetenzbereiche zum Methodenlernen berücksichtigt, die auch im Entwurf der „Bildungsstandards Chemie“ beschrieben werden:¹ sachbezogenes Erschließen und Austauschen von Informationen, Anwendung fachbezogener Denk- und Untersuchungsmethoden, das Erkennen und Bewerten chemischer Sachverhalte in unterschiedlichen Kontexten.² Die einzelnen Bereiche werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit in den verschiedenen Unterrichtseinheiten unterschiedlich stark akzentuiert. Die Thematisierung der entsprechenden Lern- und Arbeitstechnik ist jeweils exemplarisch an fachspezifische Inhalte gebunden. Das bedeutet, dass die prinzipielle Fokussierung auf methodische Kompetenzen auf andere fachliche Inhalte übertragbar ist.³

Die fachlichen *Unterrichtsinhalte* werden in Anlehnung an den Thüringer Lehrplan für Chemie an Gymnasien für die Klassenstufe 9 gewählt und sind in den Stoffgebieten „Kohlenwasserstoffe“ bzw. „Organische Stoffe mit funktionellen Gruppen“ einzuordnen. Bei der Konkretisierung der Inhalte steht die Herstellung von Bezügen zur Alltags- und Erfahrungswelt der Schüler im Vordergrund. Ein Ziel ist dabei, dass Schüler chemische Sachverhalte in lebensweltbezogenen Kontexten anwenden bzw. Chemie als Teil ihrer Lebenswelt erkennen.

Jeder Unterricht, der auf die Anwendung und das Erlernen von Methoden zum selbständigen Wissenserwerb abzielt, ist zwangsläufig auch auf den Einsatz offenerer *Unterrichtsmethoden* angewiesen. Dabei wird den Schülern mehr Verantwortung im Lernprozess übertragen, wobei die Lehrerorientierung abnimmt und die Lehrperson vielmehr zum Organisator von Lernprozessen und zum helfenden Begleiter wird. Nach den Erfahrungen der Pilotstudie werden die Phasen der offenen Arbeit

¹ Die von der KMK benannten Kompetenzbereiche decken sich mit den Ergebnissen der Auswertung der Pilotstudie, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde. Die Pilotstudie hat gezeigt, dass in den genannten Kompetenzbereichen bei Schülern der Klassenstufe 9 Defizite bestehen.

² Vgl. dazu die Ausführungen zu Bildungsstandards für das Fach Chemie (Kapitel 2.1.2 Kompetenzen und Kompetenzmodelle) bzw. die von der MNU formulierten Empfehlungen (Kapitel 2.1.1 Veränderte Ansprüche an Chemieunterricht).

³ Somit berücksichtigt das Konzept auch die Anregung von Parchmann, dass die Übernahme von mehr Verantwortung (in ihrem Fall bei der Umsetzung von ChiK) in der Sekundarstufe I vorbereitet und erlernt werden muss (Kapitel 3.1.2).

im Hinblick auf Arbeits- und Zeiteinteilung stärker durch die Lehrperson strukturiert, sodass die Schüler in jedem Unterrichtsmodul konkrete Arbeitsaufträge mit engen Zeitvorgaben bearbeiten. Aufgrund der Strukturiertheit der Methoden sind arbeitsteilige und arbeitsgleiche Gruppenarbeit sowie ein Gruppenpuzzle geeignete Lernformen für die methodische Gestaltung des Unterrichts.

5.2 Modul 1: Verständnisintensives Lesen von Texten am Thema „Erdöl“

5.2.1 Unterrichtsinhalte und methodische Struktur

Entsprechend dem Curriculum des Chemieunterrichts der Klassenstufe 9 wird das erste Unterrichtsmodul zum Thema „Erdöl“ durchgeführt.⁴ An dieser Thematik wird exemplarisch die Technik des verständnisintensiven Lesens thematisiert und geübt. Aufgrund der Komplexität der Problematik scheint die arbeitsteilige Gruppenarbeit die Methode der Wahl, um in möglichst kurzer Zeit verschiedene Aspekte der Thematik zu beleuchten. Insgesamt werden in sechs Texten⁵ verschiedene Themen aufgegriffen, die in Tabelle 5.1 im Überblick dargestellt sind.

Aufgrund der unterschiedlichen Themen der Texte ergeben sich Unterschiede im jeweiligen Anspruchsniveau, sodass differenziertes Arbeiten möglich wird. Um die Chance zur (Leistungs-)Differenzierung zu nutzen, wird die Zuordnung der Texte von der Lehrperson vorgenommen und die Wahl nicht den Schülern überlassen.

Das Unterrichtsmodul ist insgesamt für 5 Stunden konzipiert. Abbildung 5.1 stellt die Struktur des Moduls schematisch dar.

Zu Beginn erfolgt die Einführung in das Thema im Plenum. Dabei wird den Schülern zunächst ein Überblick über die zeitliche und methodische Struktur der folgenden Stunden gegeben. Dieser Phase kommt gewissermaßen eine Schlüsselfunktion zu, da hier die Methode des verständnisintensiven Lesens im Mittelpunkt steht, die Grundlage für die Bearbeitung von Texten in allen folgenden Unterrichtsmodulen ist. Es wird ein *Arbeitsblatt mit Hinweisen zum Vorgehen beim intensiven Lesen von Texten* vorgestellt und von Lehrer und Schülern gemeinsam bearbeitet. Anschließend bear-

⁴ Die Einbettung der drei Module in den Unterrichtsverlauf eines Schulhalbjahres kann Abbildung 6.1 in Kapitel 6 entnommen werden, in der die empirische Begleitung der Untersuchung im Überblick dargestellt ist.

⁵ Die Texte sind eine Zusammenstellung aus Lehrbuchtexten und –exkursen, die durch Material aus der Erdöl verarbeitenden Industrie und Informationen aus dem Internet ergänzt werden. (ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. *Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten*. Weidmann, Hamburg. 2002; Aral AG (Hrsg.). *Schmierstoffe. Grundlagen*. Aral Bochum. 2002; ESSO A.G., Presse- und Informationsabteilung: Mineralölverarbeitung. Hamburg; www.g-o.de)

Inhaltliche Schwerpunkte	
Text 1	Erdöl- ein ganz besonderer Stoff <ul style="list-style-type: none"> - Definition von Erdöl als ein Stoffgemisch verschiedener organischer Verbindungen - Eigenschaften von Erdöl (Dichte, Brennbarkeit, Mischbarkeit mit Wasser) - Abhängigkeit der Siedetemperatur von der Kettenlänge - Kategorisierung von Kohlenwasserstoffverbindungen in gesättigte, ungesättigte und aromatische Verbindungen
Text 2	Es war einmal vor langer, langer Zeit ... Entstehung und Vorkommen von Erdöl <ul style="list-style-type: none"> - Entstehung von Erdöllagerstätten - Wichtige Ölvorkommen in der Welt und in Deutschland
Text 3	So hat alles angefangen <ul style="list-style-type: none"> - Kurze Geschichte der Erdölförderung - Historische Aspekte der Erdölnutzung - Geschichte der Erdölförderung - Moderne Methoden der Suche und Erschließung von Erdöllagerstätten
Text 4	Vom Erdöl zum Benzin – Die Aufbereitung von Erdöl <ul style="list-style-type: none"> - Aufbereitung von Erdöl: Schematische Abhandlung der Herstellung von Rohöl - Fraktionierte Destillation
Text 5	Was aus Erdöl alles werden kann ... <ul style="list-style-type: none"> - Prozesse zur Veredelung von Erdöldestillaten (Cracken, Reforming, Raffination) - Erdölprodukte
Text 6	Erdöl und die Umwelt <ul style="list-style-type: none"> - Ökologische Aspekte der Gewinnung und Nutzung von Erdöl - Ökologische Risiken beim Transport von Erdöl - Treibhauseffekt (künstlicher Treibhauseffekt durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe)

Tabelle 5.1: Inhalte der Gruppenarbeit in Modul 1

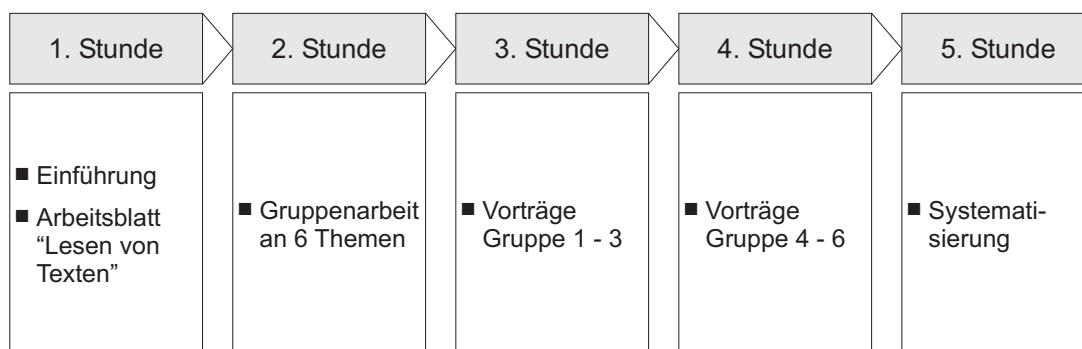


Abbildung 5.1: Methodische Struktur Modul 1

beitet jeder Schüler individuell seinen Text zum Thema Erdöl entsprechend der auf dem Arbeitsblatt angegebenen Schritte und ausgehend von Schwerpunkt setzenden Fragestellungen. (Die sprachdidaktisch begründete Beschreibung der Konstruktion des Arbeitsblattes erfolgt gesondert ab S. 126.)

In der zweiten Stunde finden sich die Schüler mit gleichen Texten in Gruppen zusammen. Mit einem konkreten Arbeitsauftrag ist die Arbeit für die Schüler weitgehend strukturiert.⁶

- Finde dich mit den Schülern zusammen, die dasselbe Thema wie du bearbeitet haben.
- Nehmt euch 5 bis 10 Minuten Zeit und besprecht miteinander, was ihr gelesen habt. Kontrolliert, ob ihr die Fragen zu eurem Text beantworten könnt.
 - Dabei ist es wichtig, dass ihr einander gut zuhört und mitdenkt.
 - Es ist auch sehr hilfreich, wenn ihr untereinander kritisch nachfragt, wenn euch etwas unklar ist oder ihr es nicht ganz verstanden habt.
 - Sollten dennoch Fragen offen bleiben, könnt ihr euch an die Lehrerin / den Lehrer wenden.

Material 5.1: Arbeitsauftrag für die Gruppenarbeit

Die Schüler sollen sich zunächst über die *gelesenen Informationen austauschen*, denn Schüler empfinden, wie u.a. auch Aebli beschreibt, die Kombination aus individueller Textarbeit und Wiedergabe des Gelesenen im Kreis von Mitschülern als ausgesprochen hilfreich.⁷ Daneben sind mit dem Informationsaustausch in der Gruppe auch überfachliche Ziele, wie z.B. die Ausbildung von sozialer Kompetenz (gegenseitiges Zuhören) und Selbstkompetenz (Einschätzen des Verständnisses, Annehmen und Geben von Hilfe bei Verständnisproblemen) verbunden.

Ein zweiter Arbeitsschwerpunkt dieser Stunde ist die gemeinsame *Erarbeitung eines Vortrages* zu dem jeweiligen Gruppenthema. Auch hier werden die wichtigsten Anforderungen durch einen entsprechenden Arbeitsauftrag beschrieben:

- Erarbeitet nun gemeinsam einen Vortrag zu eurem Thema.
- Richtet euch inhaltlich dabei nach den Fragen, die euch schon beim Lesen des Textes zur Orientierung gedient haben.
 - Der Vortrag soll etwa 7-10 Minuten dauern.
 - Die Inhalte des Vortrages solltet ihr durch eine Folie, ein Poster **oder** ein Tafelbild veranschaulichen.
 - Ihr dürft einen Stichwortzettel benutzen (keine ausformulierten Sätze).

Material 5.2: Arbeitsauftrag zur Erarbeitung des Vortrages

Weitere Orientierung für die Gestaltung der Vorträge geben Bewertungskriterien, die in Zusammenarbeit mit den Chemielehrern unter Berücksichtigung gewohnter

⁶ Damit wird den Schülern die Planung und Organisation der Arbeit, die sich in der Pilotstudie als problematisch erwies, vorerst abgenommen.

⁷ AEBLI, Hans: Mit Schülern lesen. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 2003, S. 113–147. S. 127.

Ansprüche an Vorträge zusammengestellt wurden: Logischer Gedankengang (Gliederung), Verständlichkeit, richtiger Gebrauch bzw. Erklärung von Fachbegriffen, Anschaulichkeit, sprachliche Qualität, Einhaltung der Zeit.

Im Anschluss werden die Arbeitsergebnisse in Form von *Vorträgen* vorgestellt. Dazu wurde ein Arbeitsblatt konstruiert, das von den Schülern während der Vorträge zu vervollständigen ist und ihnen eine Orientierung für das Verfolgen der Präsentation geben und das Herausarbeiten wesentlicher Informationen erleichtern soll.⁸ Da den Schülern Texte und Schwerpunkt setzende Fragestellungen vorgegeben werden, sind die Vortragsinhalte der Schüler weitgehend vorhersehbar, sodass ein entsprechend vorgefertigtes Arbeitsblatt verwendet werden kann. Bei der Konstruktion des Arbeitsblattes wird – auch im Hinblick auf Modul 2 – insofern auf Methodenvielfalt geachtet, dass die Schüler die Informationen, die sie den Vorträgen entnehmen können, auf möglichst unterschiedliche, den jeweiligen Inhalten angemessene Weise notieren: Vervollständigung von Sätzen oder Stichpunkten, Ergänzung von Lückentext und Zeitstrahl, Vervollständigung einer Tabelle.⁹

In einer *abschließenden systematisierenden Stunde* werden die Ergebnisse der Arbeit im Plenum zusammengeführt. Auf einer Folie sind Fragen formuliert, anhand derer die Schüler individuell ihr Verständnis überprüfen können. Damit werden sie angeleitet, den Erfolg des eigenen Lernens zu reflektieren und zu evaluieren (Selbstkompetenz). Diese Stunde bietet Gelegenheit, Unsicherheiten im Verständnis auszumachen und Unklarheiten gemeinsam mit Mitschülern und der Lehrperson zu diskutieren.

5.2.2 Die Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens: Konstruktion des Lernmaterials

Lesen ist ein grundlegender Prozess beim Lernen. Das bedeutet, dass dem Lesen zum Informationserwerb (neben – wenn nicht sogar vor – dem Lesen aus ästhetischem Genuss oder zum Spracherwerb) im Leben eines jeden Menschen eine bedeutende Rolle zukommt. Die Bedeutung des Lesens spiegelt sich auch in der bildungspolitischen Diskussion wider, wenn beispielsweise durch die Bildungsstandards für das Fach Chemie das Erschließen von Informationen explizit als Ziel formuliert wird.¹⁰ Dass bei Schülern Defizite im Umgang mit Sachtexten bestehen, ist weithin bekannt und konnte auch durch die Pilotstudie belegt werden. Folglich kann die Themati-

⁸ Dieses Arbeitsmaterial umfasst vier Seiten und ist im Anhang zu finden.

⁹ Die verschiedenen Möglichkeiten, Informationen aufzubereiten werden an dieser Stelle im Unterricht nicht explizit thematisiert. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Schüler durch die konkreten Vorgaben im Arbeitsblatt in der Lage sind, Informationen in den gewünschten Formen zu ergänzen. Problematisch ist vermutlich die selbständige Anwendung entsprechender Formen der Informationsaufbereitung.

¹⁰ KMK 2004

sierung verschiedener Lesetechniken nicht alleine dem Deutschunterricht überlassen werden. Auch der Unterricht in den Realfächern muss – wie es Aebli fordert – dem Lernen aus Texten gleichermaßen Raum geben.¹¹ Im Folgenden wird ausgehend von sprachdidaktischen und lernpsychologischen Überlegungen die Konstruktion eines Arbeitsblattes beschrieben, mit dem das verständnisintensive Lesen von Sachtexten thematisiert und geübt werden kann.

Aus sprachdidaktischer Sicht wird das Lesen (wie das Hören) den so genannten rezeptiven Fähigkeiten zugeordnet.¹² Die Bezeichnung „rezeptiv“ kann – fälschlicherweise – mit Passivität des Lesers assoziiert werden. Doch dem ist nicht so. Soll ein Text in der Absicht gelesen werden, dass er verstanden und Informationen auch behalten werden, so ist es unabdingbar, dass sich der Leser auf den Text einlässt und in stille Interaktion mit dem Text tritt.

Aus Sicht der Lehr-Lernforschung hat Mandl die Text-Leser-Interaktion folgendermaßen charakterisiert: Textverstehen resultiert *„aus der aktiven Konstruktion einer kohärenten Wissensstruktur, in der Informationen aus dem Text und aus dem Vorwissen im Kopf des Lesers unter der Kontrolle von Zielsetzungen des Lesers integriert werden. ... Je nach Zielsetzung wählt der Leser aus dem Textangebot aus, organisiert um, zieht eigene Schlussfolgerungen.“*¹³ Diese Aussage macht deutlich, welche Faktoren unter anderem für den Prozess des Leseverstehens von Bedeutung sind:

- der Leser mit komplexen Voraussetzungen kognitiver und emotionaler Art
- das Vorwissen des Lesers, also bereits vorhandene Wissensstrukturen
- die Informationen aus dem Text (neues Wissen, das mit den schon vorhandenen Strukturen verknüpft werden muss)
- eine Zielsetzung (warum lese ich den Text, was soll mir die Lektüre bringen)
- kognitive Prozesse (die geistige Aktivität des Lesers: der Zielstellung entsprechend Informationen auszuwählen, diese neuen Informationen mit dem Vorwissen sinnvoll zu verknüpfen; bestehende Wissensstrukturen gegebenenfalls umzustrukturieren)

Um die Komplexität des Vorgangs „Lesen“ zu strukturieren und Leseverstehen situationsbezogen zu effektivieren, ist die Kenntnis und Anwendung von Lesetechniken

¹¹ AEBLI, Hans: Mit Schülern lesen. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 2003, S. 113–147. S. 114.

¹² Während Schreiben und Sprechen als produktive Fähigkeiten kategorisiert werden.

¹³ MANDL, Heinz et al.: Textverständlichkeit - Textverstehen. In: TREIBER, B.; WEINERT, F.E. (Hrsg.): *Lehr-Lernforschung*. München : Urban & Schwarzenberg, 1982, S. 66–88. S. 72.

unerlässlich. Grundlegend unterscheidet man bei Lestechniken zwischen *überfliegendem Lesen* und *Text verarbeitendem (Sinn erschließendem) Lesen*. Im Weiteren wird insbesondere im angelsächsischen Raum beim überfliegenden Lesen zwischen *Skimming* und *Scanning* differenziert. Während es beim Skimming darum geht, sich einen Überblick über den Text zu verschaffen und zu erfassen, worum es generell geht, zielt das Scanning darauf ab, Texte nach festgelegten Gesichtspunkten abzusuchen und nur auf die gesetzten Schwerpunkte zu fokussieren.¹⁴

Durch überfliegendes Lesen kann ein genaueres Verständnis eines Textes nicht geleistet werden, eine tiefer gehende Interpretation und Analyse des Textes ist nicht möglich. Überfliegendes Lesen kann und sollte jedoch den Prozess des intensiven Lesens vorbereiten, denn dabei gewinnt der Leser einen Überblick über den Inhalt des Textes, Erwartungen werden geweckt, das Vorwissen wird aktiviert – Aspekte, die aus lerntheoretischer Sicht das spätere Verständnis des Textes begünstigen.

Um einen Text Sinn erschließend zu lesen, bieten sich zwei Methoden an, die wohl die bekanntesten Lesestrategien beschreiben. Die *SQ3R-Methode* (nach F.P. Robinson) und die auf der letzteren aufbauende *MURDER-Methode* (nach Dansereau, D. u.a.).¹⁵ Die Namen ergeben sich aus den Abkürzungen für die Teilschritte der einzelnen Methoden. SQ3R lässt sich verkürzt wiedergeben durch: **S**urvey – **Q**uestion – **R**ead – **R**ecite – **R**evue. Das heißt, der Leser sollte sich zunächst einen Überblick (survey) über den Text verschaffen – ein Schritt der durch die Technik des überfliegenden Lesens geleistet werden kann – bevor er für sich die Zielsetzung für den Lesevorgang festlegt und mit Fragen (questions) formuliert, welche Informationen er dem Text entnehmen will.

Erst nachdem der Zweck des Lesens klar ist, der Leser für sich festgelegt hat, warum und unter welchem Aspekt er den Text lesen wird, ist es sinnvoll, mit dem eigentlichen Lesen zu beginnen (read). Der Leser liest nun den Text aufmerksam und mit der Absicht, unter Berücksichtigung der Zielstellung, neue Informationen im Text zu finden. Die zwei folgenden Schritte (recite und review) sind notwendig, um Neues mit dem Vorwissen zu verknüpfen. An die buchstäblich rezeptive Phase des eigentlichen Lesens schließt sich damit eine Phase der aktiven kognitiven Arbeit mit den Informationen aus dem Text an: das Gelesene soll erinnert werden (recite) und mit eigenen Worten wiederholt werden (review).¹⁶ Dabei soll der Leser auf ihm bereits zur Verfügung stehende Wissensstrukturen, sein Vorwissen, zurückgreifen und das

¹⁴ Vgl. RAMPILLON, Ute: *Lerntechniken im Fremdsprachenunterricht*. München : Hueber, 1996. S. 84f.

¹⁵ DANSEREAU, D. et al.: Development and Evaluation of Learning Strategy Training Program. In: *Journal of Educational Psychology* 71 (1979), Nr. 1, S. 64–73.

¹⁶ Vgl. dazu auch CHRISTMANN, Ursula; GROEBEN, Norbert: Psychologie des Lesens. In: FRANZMANN, Bodo (Hrsg.): *Handbuch Lesen*. München : Saur, 1999, S. 145–223.

Gelesene damit verknüpfen.

Die genannten fünf Schritte der SQ3R-Methode lassen sich vereinfacht in den folgenden Punkten zusammenfassen:

1. den Text überfliegen, um einen Überblick über den Inhalt zu bekommen, sich mental auf den Text einzustellen
2. Fragen an den Text formulieren, um eine Zielstellung für den Lesevorgang zu entwickeln
3. das eigentliche Lesen des Textes entsprechend der Zielstellung, um relevante Informationen herauszulesen
4. die Überprüfung der Ergebnisse des Leseprozesses durch die Wiedergabe / Zusammenfassung des Gelernten / Gelesenen

Diese an der SQ3R-Methode entwickelte Vierschrittigkeit findet man in ähnlicher Form auch in der zweiten Methode, die in der Sprachdidaktik zum intensiven Lesen von Texten entwickelt wurde, der so genannten MURDER-Methode. Auch hier ergibt sich der Name wieder aus den einzelnen Teilschritten: *Set the **M**ood to study – Read for **U**nderstanding – Recall the Material – Digest – Expand knowledge – Review effectiveness*. Der erste Schritt, sich motivational auf den Text einzustellen, ist relativ unkonkret formuliert. Er kann so interpretiert werden, dass sich der Leser – durch überfliegendes Lesen – einen Überblick über den zu lesenden Text verschafft und eine Zielsetzung festlegt – Fragen an den Text formuliert. Der nächste Schritt ist auch hier, den Text zu lesen und dabei die wichtigsten Gedanken hervorzuheben. Die folgenden vier Schritte stellen eine Ausdifferenzierung der aktiven kognitiven Auseinandersetzung mit den Textinhalten dar: Der Leser gibt den Inhalt des Textes mit eigenen Worten wieder (recall). Die Informationen werden in Bezug zum Vorwissen gesetzt, das gegebenenfalls umstrukturiert oder korrigiert werden muss (digest). Das Wissen wird erweitert (expand), indem unverstandene Stellen oder über den Text hinaus gehende Informationen nachgeschlagen werden. Schließlich wird das Lernergebnis überprüft (review), um Schwierigkeiten und Lücken im Textverständnis zu erkennen, und die Effektivität des Lesevorgangs zu reflektieren.¹⁷

Da die Komplexität der beschriebenen Methoden zum Sinn erschließenden Lesen wenig praktikabel erscheint und Schüler der Sekundarstufe I überfordern dürfte,

¹⁷ RAMPILLON S. 88.

wurde die entwickelte Anleitung zum verständnisintensiven Lesen für die Schüler auf vier Schritte reduziert, die im Arbeitsblatt erläutert werden:¹⁸

1. Das Überfliegen des Textes
2. Formulierung von Fragen an den Text
3. intensives Lesen und markieren
4. Zusammenfassung des Textes

Diese Reduktion ist aus lerntheoretischer Sicht vertretbar, da trotzdem wesentliche Komponenten der Strategien des verständnisintensiven Lesens berücksichtigt werden. Ergänzt wird das „Arbeitsblatt zum Lesen von Texten“ durch Hinweise zum Markieren. Die Kennzeichnung wesentlicher Textstellen ist für das verständnisintensive Lesen erwiesenermaßen förderlich. Es fördert unter anderem die Aufmerksamkeit und Genauigkeit des Lesens, erleichtert die Übersichtlichkeit und Orientierung im Text und erhöht das Verständnis und die Einprägsamkeit des Textes.¹⁹ Die Erfahrung zeigt jedoch, dass es Schülern schwer fällt, sich beim Lesen und Markieren tatsächlich auf wesentliche Informationen zu beschränken. Einen Text sinnvoll zu markieren, erfordert jedoch die sorgfältig Unterscheidung zwischen wesentlichen und unwesentlichen Informationen, sodass auch die Übung von Visualisierungstechniken im Zusammenhang mit dem verständnisintensiven Lesen sinnvoll und notwendig erscheint. Eine entsprechende Übung zum Markieren wurde ebenfalls von Stäudel und Werber veröffentlicht²⁰ und in modifizierter Form in das Arbeitsblatt integriert.

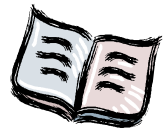
¹⁸ Eine ähnliche Schrittfolge mit entsprechenden Erläuterungen findet sich auch bei STÄUDEL, L.; WERBER, B. (Hrsg.): *Lernbox: Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren*. Seelze : Friedrich Verlag, 2001. S. 20. Die dort angeführten Schritte 1–3 entsprechen dabei der Argumentation in dieser Arbeit, sodass sie für das zu konstruierende Arbeitsblatt zum Teil übernommen und ergänzt werden konnten.

¹⁹ EGGELING, Volker: Textmarkierungen. In: HORST, Uwe; OHLY, Karl-Peter (Hrsg.): *Lernbox Lernmethoden – Arbeitstechniken*. Seelze : Friedrich Verlag, 2000, S. 82. S. 82.

²⁰ STÄUDEL, L. und WERBER, B. S. 21.

Arbeitsauftrag „Lesen von Texten“

Wenn du im Chemieunterricht einen Text bearbeiten musst, genügt es nicht, wenn du nur mal schnell drüber liest. Um die Inhalte zu verstehen und damit weiterzuarbeiten, musst du den Text intensiv lesen und ihn gewissermaßen systematisch bearbeiten. Dabei kann es helfen, wenn du nach folgender Schrittfolge vorgehst!



1. Schritt: Überfliegen

Lies den Text zunächst **einmal zügig** durch, um dir einen Überblick zu verschaffen. Achte dabei vor allem auf Kapitelüberschriften und Hervorhebungen. Es geht zunächst nur darum, dass du eine **grobe Vorstellung** von Inhalt und Aufbau des Textes bekommst.

2. Schritt: Vorbereitung auf den Text - Fragen an den Text

Nimm dir kurz Zeit, bevor du mit dem eigentlichen Lesen beginnst.

Überlege, **worum es in dem Text gehen wird**:

- In welchem Zusammenhang will / soll / muss ich den Text lesen?
- Was weiß ich schon über das Thema?
- Was will ich noch wissen? Was erwarte ich von dem Text?

(Am Anfang kannst du deine Fragen zur Übung auf einem Zettel notieren.)

3. Schritt: gründlich (intensiv) lesen & markieren

Lies den Text nun **gründlich** durch.

Denke dabei an die Fragen, auf die der Text dir eine Antwort geben soll.

Beim intensiven Lesen des Textes können verschiedene Techniken hilfreich sein. Eine davon ist das **Markieren**.

☛ Informiere dich auf der Rückseite dieses Blattes über die Technik des Markierens!

4. Schritt: Text zusammenfassen

Um den Text zusammenzufassen bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Du solltest versuchen, die Methode zu finden, mit der du am besten arbeiten / lernen kannst.

Hier werden 2 Möglichkeiten vorgeschlagen:

✍ Schlüsselworte notieren

Schreibe die im Text markierten Schlüsselworte auf einen gesonderten Zettel. Überprüfe, ob der Inhalt des Textes damit erfasst ist, beziehungsweise ob du deine Fragen damit beantworten kannst

ODER

✍ Text abschnittsweise mit Sätzen zusammenfassen

Fasse das Gelesene nach jedem Sinnabschnitt mit deinen Worten auf einem gesonderten Zettel kurz zusammen. (Später, wenn du mit der Methode schon häufiger gearbeitet hast, kannst du das auch nur gedanklich tun.)

Literatur:

Rampillon, Ute: *Lerntechniken im Fremdsprachenunterricht*. Handbuch. Hueber. Ismaning. 1996.

Stäudel, Lutz & Werber, Brigitte (Hrsg.). *Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren. Methodenlernen in den Naturwissenschaften*. Friedrich Verlag. Seelze 2001.

Horst, Uwe & Ohly, Karl-Peter. *Lernbox Lernmethoden – Arbeitstechniken*. Friedrich Verlag. Seelze. 2003.

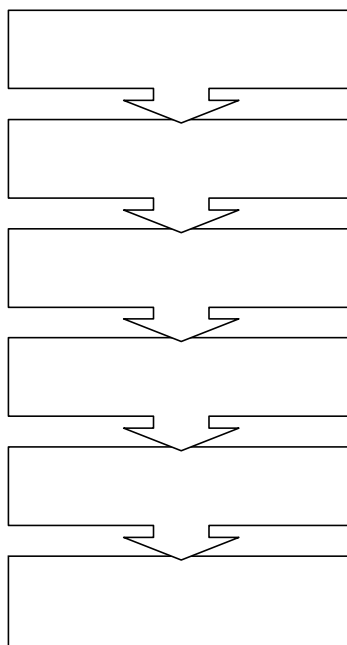
Wichtige Arbeitsschritte beim Markieren



Bringe die Arbeitsschritte beim Markieren in eine sinnvolle Reihenfolge.
Nummeriere sie in ihrer richtigen Reihenfolge mit Zahlen von 1 bis 6!

Schritte beim Markieren	Nummerierung
Unterstreiche die „Nebeninformationen“, die zur Erklärung der Schlüsselbegriffe dienen, mit dem dünnen roten Stift. Damit das Ganze übersichtlich bleibt, darf nicht zu viel unterstrichen werden!	
Kontrolliere das Unterstrichene noch einmal und finde die eigentlichen Schlüsselbegriffe heraus. Unterstreiche sie mit dem Textmarker.	
Unterstreiche die Stellen, die du für wichtig hältst, zunächst mit Bleistift. (Bleistift lässt sich leicht wegradieren. So macht es nichts, wenn du in dieser Phase zu viel unterstreichst.)	
Überfliege den Text, um einen Eindruck zu bekommen, worum es geht. (Hast du ja schon getan.)	
Fasse nun den Text zusammen, wie in Schritt 4 (auf der andern Seite) beschrieben!	
Lege Bleistift, Lineal, Textmarker und einen dünnen roten Filzstift auf deinem Arbeitsplatz bereit.	

Fasse jeden Schritt zum Vorgehen beim Markieren mit ein oder zwei Schlagworten zusammen und trage diese in der richtigen Reihenfolge in das folgende Schema ein!



Material 5.4: Markieren von Texten

5.3 Modul 2: Aufbereitung von Informationen am Thema „Alkohole“

5.3.1 Unterrichtsinhalte, Arbeitstechniken, Unterrichtsmethode

Nach einem intensiven Leseprozess trägt auch das Zusammenfassen der Inhalte zu einem besseren Verständnis von Texten bei. Dabei darf es beim Zusammenfassen der Informationen nicht beim bloßen Abschreiben (Kopieren) von Textpassagen bleiben. Vielmehr bedeutet „zusammenfassen“

- den Text auf wesentliche Aussagen zurückzuführen,
- dabei Unwesentliches wegzulassen und Wesentliches auszuwählen,
- Aussagen zu gruppieren, zu verallgemeinern oder zu abstrahieren,
- gegebenenfalls Aussagen umzuordnen: Gegensätzliches gegenüberzustellen oder Zusammengehöriges zusammenzustellen.²¹

Diese Vorstellung entspricht auch den Grundlagen eines konstruktivistischen Lernverständnisses, das von der Bedeutung der kognitiven Auseinandersetzung mit bzw. der Umorganisation von Informationen ausgeht.

Die Beobachtung der Schüler in der Pilotstudie und bei der Vorbereitung der Vorträge zum Thema Erdöl in der Hauptstudie zeigen, dass der Schritt der Neuordnung oder Umstrukturierung von Informationen von Schülern häufig vernachlässigt wird. Meist werden beim Notieren von Informationen Textpassagen in Form von Stichpunkten unreflektiert reproduziert. Eine Rekonstruktion der Inhalte wie oben beschrieben, findet selten statt und wird auch durch die begleitenden Aufgaben zur Textbearbeitung selten eingefordert.

Auf dem Arbeitsblatt zum „Lesen von Texten“ im ersten Unterrichtsmodul ist der abschließende Schritt des Zusammenfassens der Textinhalte kurz gehalten. Im zweiten Unterrichtsmodul zum Thema „Alkohole“ werden nun verschiedene Möglichkeiten, die Informationen eines Textes zusammenzufassen bzw. aufzubereiten differenzierter thematisiert.

Welche Formen der Zusammenfassung und Strukturierung von Informationen sich anbieten und wofür sie vordergründig geeignet sind, wird im Folgenden dargestellt.²²

²¹ AEBLI 2003 S. 128.

²² Ein umfassendes Repertoire an Übungen zur Aufbereitung von Informationen findet man in STÄUDEL, L.; WERBER, B. (Hrsg.): *Lernbox: Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren*. Seelze : Friedrich Verlag, 2001.

- **Das Formulieren von Stichpunkte** ist universell anwendbar und wird von den Schülern auch entsprechend häufig genutzt.
- **Frage- und Antwortkärtchen** werden im Fremdsprachenunterricht oft zum Vokabellernen verwendet. Mit ihnen kann jedoch auch im Chemieunterricht eine Lernkartei erstellt werden, in der wichtige Definitionen, Begriffe oder Verwendungsmöglichkeiten gesammelt sind.
- In einem **Ablaufschema** (Flussdiagramm, Fließschema) lassen sich Herstellungs- oder Entwicklungsprozesse, die im Text beschrieben werden, übersichtlich darstellen.
- **Tabellen** eignen sich für Vergleiche oder Gegenüberstellungen.
- Werden in einem Text Abhängigkeiten von Größen beschrieben, so lassen sich diese durch **Diagramme** graphisch darstellen.
- Mit Hilfe eines **Zeitstrahls** kann ein Überblick über zeitliche oder geschichtliche Entwicklungen gegeben werden.
- In einem **Mindmap** lassen sich viele Aspekte eines komplexen Themas zusammenfassen und strukturieren.²³
- Durch das **Verfassen eines neuen Textes** wird der Inhalt des Textes mit eigenen Worten beschrieben. Die Verknüpfung von Vorwissen und neuen Informationen ist dabei zwingend notwendig.
- Mit Hilfe einer **schematischen Skizze** können Textinformationen in ein Bild transformiert werden, wenn beispielsweise Geräte oder Objekte dargestellt und beschriftet oder ihnen Informationen zugeordnet werden.
- Informationen aus Texten können von künstlerisch veranlagten Schülern auch pointiert in **Cartoons** dargestellt werden.
- Ein **Anschauungsmodell** kann entwickelt werden, wenn dadurch der Sachverhalt des Textes in verständlicher, anschaulicher Form dargestellt werden kann.

Die Arbeit im zweiten Unterrichtsmodul basiert auf drei verschiedenen Texten zu folgenden Aspekten der Thematik „Alkohole“:

In **Text 1** wird die Herstellung von Wein mit dem Prozess der alkoholischen Gärung sowie die kulturgeschichtliche Entwicklung der Alkoholverwendung und –herstellung beschrieben.

²³ Vgl. FREIMANN, Thomas: Mind-Maps – Mit Methode mehr Durchblick. In: *NiU-Chemie* 53 (1999), Nr. 10, S. 27–29.

Text 2 stellt wichtige Eigenschaften von Alkoholen, u.a. das Löslichkeitsverhalten in Wasser, die Siedetemperatur verschiedener Alkanole bzw. die Siedetemperatur von Alkanolen und Alkanen im Vergleich dar und nennt Verwendungsmöglichkeiten von Ethanol.

Text 3 beschäftigt sich mit ausgewählten Vertretern der Alkohole: mit Ethanol, seinen Eigenschaften, Verwendung und der Wirkung auf den Menschen sowie mit Glycerol und Glykol und deren Eigenschaften und Verwendung.

Entsprechend den Inhalten der Texte werden Methoden zur Aufbereitung von Informationen gewählt, die die Schüler für die Zusammenfassung der Texte anwenden sollen. Für die Arbeit mit den Texten wird jeweils festgelegt, wie die entsprechenden Informationen aus den bereitgestellten Texten zu sammeln und zu notieren sind. Tabelle 5.2 gibt einen Überblick über die Methoden, die auf die jeweiligen Texte anzuwenden sind.

	Inhaltliche Schwerpunkte	Arbeitsmethoden
Gruppe 1	- Herstellung von Wein - Kulturgeschichte des Alkohols	- Fließschema - Zeitstrahl
Gruppe 2	- Eigenschaften verschiedener Alkanole - Eigenschaften von Alkanen und Alkanolen im Vergleich	- Tabelle - Diagramm
Gruppe 3	- Ethanol, Glykol und Glycerol als Vertreter der Alkohole	- Frage-Antwort-Kärtchen

Tabelle 5.2: Inhaltliche und methodische Schwerpunkte der Unterrichtsmodule

Der Prozess der Weinherstellung lässt sich sinnvoll in einem Fließschema abbilden, während sich für die Darstellung der kulturgeschichtlichen Aspekte die Form des Zeitstrahls anbietet (Text 1). Die Eigenschaften verschiedener Alkanole (Methanol, Ethanol, Propanol und Butanol) lassen sich in einer Tabelle übersichtlich gegenüberstellen, die Siedetemperaturunterschiede zwischen Alkanen und Alkanolen können gut in einem Diagramm veranschaulicht werden (Text 2). Die Methode der Frage-Antwort-Kärtchen wird im Sprachunterricht häufig zum Vokabellernen eingesetzt. Hier ist sie für Text 3 geeignet, um abrufbares Faktenwissen zu Eigenschaften und Verwendung von Ethanol, Glycol und Glycerol festzuhalten. Die Methode ist weniger geeignet, um Zusammenhänge zwischen Struktur, Eigenschaften und Verwendung darzustellen und zu erklären. Ihr Einsatz an dieser Stelle ist dennoch gerechtfertigt, da diese Zusammenhänge in der Unterrichtsrunde diskutiert und notiert werden. Den Schülern wird die Wahl einer Methode zur Aufbereitung von Informationen nicht selbst überlassen. Durch die Arbeitsaufträge wird die Anwendung einer bestimmten Methode zum Aufbereiten von Informationen gefordert, damit die Lernen-

den abweichend von gewohnten Arbeitstechniken (Stichpunkte machen) auch andere Methoden anwenden und erfahren. Dabei können sie ein Repertoire an Methoden entwickeln, aus dem sie in zukünftigen Lernsituationen je nach eigenen Neigungen und Eignung für den jeweiligen Inhalt auswählen können.

Die selbständige Bearbeitung von Unterrichtsinhalten durch Schüler nimmt vergleichsweise mehr Zeit in Anspruch als die Erarbeitung im fragend-entwickelnden Unterricht. Einen Lösungsansatz für das Dilemma, dass die Stofffülle der Lehrpläne aus Sicht der Lehrer kaum andere als lehrerorientierte Methoden zulasse (vgl. Ergebnisse der Lehrerbefragung in Kapitel 2.2.1), bietet die arbeitsteilige Arbeit im Gruppenpuzzle. Hierbei ist es möglich, verschiedene Aspekte einer Thematik zeitsparend zu bearbeiten, wobei sich die Schüler intensiv mit einem Teilthema auseinander setzen und über andere Teilgebiete – wenn auch weniger intensiv – von ihren Mitschülern erfahren. Darüber hinaus handelt es sich um eine Lernform, in der die Autonomie der Schüler unterstützt wird und die Schüler sich in der Unterrichtsrunde als kompetente Experten zu ihrem Thema erleben. Nach der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan sind sowohl Kompetenz als auch Autonomie neben dem Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit für die Ausbildung von intrinsischer und extrinsischer Motivation gleichermaßen relevant.²⁴

Größere Selbständigkeit als im lehrerorientierten Unterricht haben die Schüler bereits in der Gruppenarbeit im ersten Unterrichtsmodul erlebt. Durch das Gruppenpuzzle erfährt aber insbesondere das Kompetenzerleben einen Zuwachs, wenn die Schüler in der Unterrichtsrunde verantwortliche Ansprechpartner für ihr Thema sind. Daneben wird die Häufung der Vorträge zum Abschluss der Gruppenarbeit in Modul 1 von den Schülern in der Auswertung als monoton und wenig effektiv bewertet. Im Gruppenpuzzle hingegen sind die Schüler in der Phase des Informationsaustausches aktiver. So bietet sich diese Unterrichtsform als eine geeignete Methode zur Förderung des selbständigen Lernens bei Schülern und zur Förderung der Motivation im Sinne von Deci und Ryan an.

5.3.2 Phasen der Unterrichtseinheit und Arbeitsmaterial

Die Unterrichtssequenz erstreckt sich über fünf Unterrichtsstunden und ist in ihrer grundlegenden Struktur in den Prinzipien des kooperativen Lernens verwurzelt. Die angewandte Methode berücksichtigt sowohl Elemente des *Learning Together*²⁵

²⁴ DECI, Edward L.; RYAN, Richard M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *ZfPäd* 2 (1993), S. 223–238. S. 229.

²⁵ Auf R. T. Johnson und D.W. Johnson geht die Methode des **Learning Together** zurück. Hier bearbeiten möglichst heterogene Schülergruppen einen gemeinsam zu bewältigenden Arbeitsauftrag, wobei jedes Gruppenmitglied am Ende der Arbeitsphase das gemeinsame Ergebnis erklären können muss.

als auch des *Gruppenpuzzles*.²⁶ Abbildung 5.2 stellt die Struktur dieses Moduls im Überblick dar.

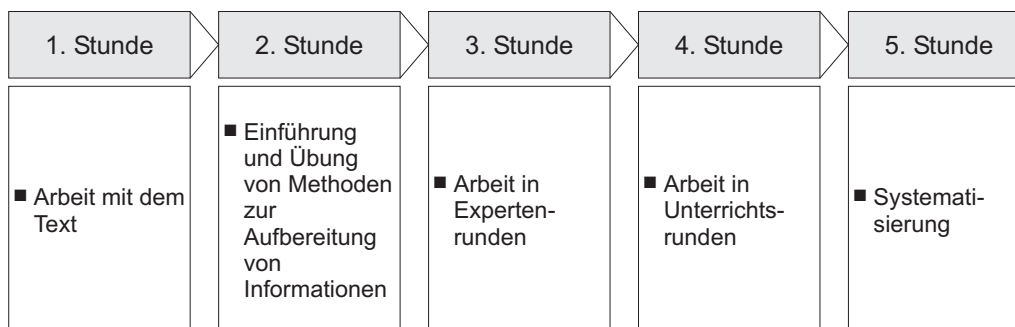



Abbildung 5.2: Methodische Struktur Modul 2

Zu Beginn bearbeitet jeder Schüler zunächst selbständig einen Text zu einem der drei genannten Themenschwerpunkte in Anlehnung an das Arbeitsblatt „Lesen von Texten“ aus dem ersten Unterrichtsmodul. Den Schülern wird ausreichend Zeit gegeben, sodass sie tatsächlich wie im Arbeitsblatt beschrieben vorgehen und den *Text Sinn erschließend lesen* können. Auf den vierten Schritt – die Zusammenfassung des Textes in Form von Sätzen oder das Notieren der Schlüsselwörter – wird an dieser Stelle verzichtet (Material 5.5).

T1 **Arbeitsblatt Expertengruppe 1: Die Alkoholische Gärung**

Lies den folgenden Text! Wende dabei die Schritte an, die auf dem Arbeitsblatt „Lesen von Texten“ beschrieben sind.
Mache jedoch **noch keine Notizen** zum Text!



Die Informationen des Textes werden dir helfen, Experte zum Thema „Alkoholische Gärung“ zu werden. In einer der folgenden Stunden wirst du zusammen mit anderen Experten verschiedene Aufgaben rund um das Thema „Alkohole“ lösen müssen, bei denen du dein hier erarbeitetes Wissen einbringen musst.

Schwerpunkte für die Bearbeitung des Textes sind folgende Fragen:

- Was versteht man unter alkoholischer Gärung?
- Welche Schritte gehören zum Prozess der Weinherstellung?
- Zusatz: Seit wann sind Bier, Wein und Weingeist („Schnaps“) Bestandteil der Kultur der Menschheit?

Material 5.5: Arbeitsauftrag für die selbständige Arbeit

²⁶ Die Form des **Gruppenpuzzles** (engl: jigsaw) ist eine für den Chemieunterricht in Deutschland vor allem von Eilks untersuchte Methode des kooperativen Lernens, die 1978 von Aronson entwickelt wurde. Hierbei werden nach der Einführung in das Stoffgebiet durch den Lehrer die zu bearbeitenden Inhalte in mehrere Teilthemen aufgeteilt, die von den Schülern selbständig bearbeitet werden. Im Anschluss daran treffen sich jeweils die Schüler, die das gleiche Teilthema bearbeitet haben in Expertengruppen, um das Gelesene zu diskutieren, Verständnisfragen zu klären und zu entscheiden, wie sie die Inhalte ihres Themas den Mitschülern erklären (unterrichten) können. In der darauf folgenden Unterrichtsrunde treffen sich die Schüler mit jeweils verschiedenen Themen und lehren einander die Inhalte, mit denen sie sich beschäftigt haben.

In der zweiten Stunde werden Möglichkeiten, Informationen aus Texten aufzubereiten, thematisiert. Es wird ein Zettelmindmap entwickelt, in dem die Schüler ihnen bekannte Möglichkeiten, Informationen aus Texten zu notieren, zusammentragen. Die Ideen der Schüler werden durch einen umfassenden Überblick über die oben aufgeführten Möglichkeiten, Informationen aufzubereiten und zu strukturieren, ergänzt. Danach erhalten die Schüler einen Arbeitsauftrag zum *Aufbereiten von Informationen*, der ihrem Text entspricht und den sie in Einzelarbeit bearbeiten (Material 5.6). Damit wird beabsichtigt, dass sich jeder Schüler selbständig mit den chemischen Inhalten auseinandersetzt und die seinem Text entsprechende(n) Arbeitsmethode(n) anwendet.

A1 Arbeitsblatt Expertengruppe 1: Die Alkoholische Gärung

1. Gehe deinen bearbeiteten Text noch einmal durch.
2. Stelle den Weg von der Traube bis zum Wein in einem Fließschema (Flussdiagramm) dar! Binde in das Schema an entsprechender Stelle auch den Prozess der alkoholischen Gärung (mit Reaktionsgleichung) ein!
3. Entwickle einen Zeitstrahl, der die Geschichte alkoholischer Getränke in der menschlichen Kultur darstellt!

Material 5.6: Arbeitsauftrag zum Aufbereiten der Informationen

In der dritten Stunde finden sich die Schüler, die Texte mit gleicher inhaltlicher Schwerpunktsetzung bearbeitet haben, in *Expertengruppen* zusammen. In diesem Forum diskutieren sie sowohl Inhalte als auch Arbeitsmethoden und können im gemeinsamen Gespräch Unklarheiten oder Nachfragen äußern und besprechen. Ergebnis dieser Arbeitsphase ist ein gemeinsames Produkt der Gruppe, das die jeweiligen Inhaltselemente strukturiert darstellt (Fließschema, Zeitstrahl, Diagramm, Tabelle, Frage-Antwort-Karten).²⁷

In der nachfolgenden *Unterrichtsrunde* treffen sich die Schüler, die verschiedene Schwerpunkte bearbeitet haben. Die gegenseitige Berichterstattung wird durch den vorgegebenen Arbeitsauftrag (Material 5.7) strukturiert. Neben fachlichen Inhalten soll von den Schülern auch ihr methodisches Vorgehen thematisiert werden, indem sie ihren Gruppenmitgliedern ihre Erfahrungen mit den Methoden zur Aufbereitung von Informationen vorstellen. Die Aufgaben, die im Anschluss an die Berichterstattung bearbeitet werden sollen, sind so konzipiert, dass sie die Inhalte aller Gruppen aufgreifen. Ein Teil der Aufgaben ist den Arbeitsschwerpunkten der einzelnen

²⁷ Das gemeinsame Produkt ermöglicht der Lehrperson eine relativ wenig zeitaufwendige Möglichkeit, die Arbeit der Schüler nachzuvollziehen, Probleme zu erkennen und gegebenenfalls korrigierend einzugreifen, bevor die Lernenden in der Unterrichtsrunde arbeiten. Die korrigierten gemeinsamen Produkte werden vervielfältigt und stehen so jedem Lernenden für die Unterrichtsrunde zur Verfügung.

Expertengruppen direkt zuordenbar (Aufgaben 1, 2 – Gruppe 1; Aufgaben 2, 7 – Gruppe 3; Aufgabe 4 – Gruppe 2), wohingegen die Aufgaben 5 und 6 nur durch die Zusammenarbeit der „Experten“ aller Gruppen vollständig beantwortet werden können.²⁸ D.h. die umfassende und korrekte Bearbeitung aller Aufgaben kann nur durch Kommunikation miteinander und gegenseitige Unterstützung der Schüler erreicht werden.

In einer abschließenden Stunde werden die Ergebnisse der Arbeit der Schüler in der Unterrichtsrunde in einer *gemeinsamen Auswertung* verglichen. Die Ergebnisse der Schüler werden unter stärkerer Führung durch den Lehrer im Plenum vorgetragen, diskutiert und gegebenenfalls korrigiert oder ergänzt.

5.4 Modul 3: Das naturwissenschaftliche Experiment am Thema „Konservierungstoffe“

5.4.1 Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens beim Experimentieren

Im dritten Unterrichtsmodul liegt der Schwerpunkt im Hinblick auf Arbeits- und Lernmethoden auf dem Experimentieren. Die Durchführung von Experimenten ist bei Schülern ausgesprochen beliebt²⁹ und sollte nicht nur deshalb unabdingbarer Bestandteil des Chemieunterrichts sein. Der Einsatz von Experimenten lässt sich auf vielfache Weise begründen: Zum einen sind Experimente Methode – im Hinblick auf die Unterrichtsorganisation z.B. im forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren. Zum zweiten fungieren sie als „Mittler im Erkenntnisprozess von Schüler und Sache, von Subjekt und Objekt“³⁰ und können als solche Gesetze veranschaulichen und Begriffe und Zusammenhänge erklären. Doch darüber hinaus sind sie – als charakteristisches Erkenntnisverfahren der Naturwissenschaften – auch selbst als Inhalt des Chemieunterrichts zu betrachten.³¹ Sie repräsentieren eine wesentliche Methode naturwissenschaftlichen Vorgehens, sodass sich an ihrem Einsatz im Chemieunterricht wesentliche Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens festmachen lassen: mit dem Experimentieren wird deutlich, wie Wissen in den Naturwissenschaften entsteht.³²

²⁸ Zur Beantwortung von Aufgabe 5 müssen die Schüler von Gruppe 3 die Strukturformel von Glykol beitragen, während die Schüler von Gruppe 2 sich mit der Mischbarkeit von Alkoholen und Wasser beschäftigt haben. Zur Beantwortung von Aufgabe 6 müssen die Schüler gemeinsam die Merkmale der homologen Reihe erinnern und diese dann ausgehend von den Arbeitsergebnissen von Gruppe 2 begründen.

²⁹ Vgl. die Ergebnisse der Schülerbefragung in Kapitel 2.2.2.

³⁰ BECKER, GLOECKNER, HOFFMANN, JÜNGEL S. 336.

³¹ ebd.

Arbeitsauftrag „Unterrichtsrunde“

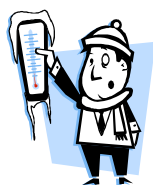
- Berichtet euch gegenseitig kurz, worüber ihr in den einzelnen Expertenrunden gearbeitet habt, was ihr über die verschiedenen Aspekte zum Thema „Alkohol“ herausbekommen habt!
- Erklärt auch, mit welcher Methode ihr die Informationen dargestellt habt und beschreibt kurz, wie ihr diese Methode beurteilt.
(War diese Methode geeignet, nicht geeignet? Wie seid ihr damit zurecht gekommen? Welche Tipps könnt ihr aus eurer Erfahrung geben?)
- Bearbeitet anschließend gemeinsam folgende Aufgaben in der vorgegebenen Reihenfolge auf einem Blatt Papier! (Jeder Schüler notiert die Antworten auf einem eigenen Blatt.)



Hinweis: Um die Aufgaben lösen zu können ist das Wissen aller Experten notwendig. Dabei sollen nicht die jeweiligen Experten die Aufgaben lösen, die zu ihrem Thema gehören. Es geht darum, dass ihr **gemeinsam die Lösung findet** und ihr euch **gegenseitig erklärt**, was ihr zu dem Problem wisst.

Aufgaben:

1. Stellt den Weg von der Traube bis zum Wein schematisch dar und beschreibt, wie der Alkohol in den Wein kommt!
2. Formuliert die Reaktionsgleichung für die alkoholische Gärung!
3. Nennt mindestens 5 Eigenschaften von Ethanol!
4. Warum ist Spiritus (96%iger Ethanol) flüssig, und Ethan, obwohl die Moleküle etwa genauso groß sind, ein Gas?



5. Im Winter wird dem Wasser der Scheibenwaschanlage in Autos Glykol als Frostschutzmittel zugesetzt. Eine Mischung von Wasser und Glykol zu gleichen Teilen (1:1) gefriert erst bei -40°C . Je nach Mischungsverhältnis lässt sich der Gefrierpunkt des Wasser-Glykol-Gemisches den zu erwartenden Temperaturen anpassen. Dabei ist es gut, dass Glykol mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar ist.
Was ist Glykol, welche Strukturformel hat es und warum lässt es sich mit Wasser so gut mischen?
6. Beantwortet folgende Frage und begründet eure Antwort:
Bilden Alkanole eine homologe Reihe?
7. Erstellt einen Flyer oder ein Poster mit Hinweisen zum Umgang mit Ethanol (in der Umgangssprache auch als Alkohol bezeichnet)!

Wenn noch Zeit ist ...

8. Geht einmal gemeinsam die Fragen durch, die Gruppe 3 für eine Lernkartei notiert hat!

Die Erfahrung zeigt jedoch, dass es beim Experimentieren häufig beim Abarbeiten vorgegebener Versuchsvorschriften bleibt. Man muss Stäudel zustimmen, wenn er feststellt, dass die Schüler dabei „kaum zum Kern des naturwissenschaftlichen Umgangs mit der Welt vordringen.“³³ Doch welche Aspekte machen das naturwissenschaftliche Vorgehen beim Experimentieren aus und wie kann die unterrichtliche Umsetzung von Experimenten aussehen, damit Schüler die Möglichkeit haben, Grundzüge naturwissenschaftlichen Arbeitens – zumindest auf elementare Weise – zu erleben?³⁴

Ausgangspunkt eines naturwissenschaftlichen Experimentes ist gewöhnlich eine Frage, die mit dem entsprechenden Versuch beantwortet oder erklärt werden soll. Dabei ist es notwendig, dass Schüler das Problem strukturieren und diese Frage – zumindest teilweise – selbst formulieren oder erkennen. Weiterhin gehört zu den grundlegenden Prozessen naturwissenschaftlichen Denkens und Handelns die Fähigkeit, auf Grundlage bereits vorhandener Kenntnisse theoretische Vermutungen aufzustellen und entsprechende Hypothesen abzuleiten. Davon ausgehend ist ein Versuchsablauf zu planen, durch den geeignete Versuchsbedingungen geschaffen werden, die es ermöglichen, die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Dabei müssen die Parameter erkannt – und in der Versuchsdurchführung verändert werden, die der Klärung der Frage dienen. Ergebnis ist eine selbst entwickelte Versuchsanleitung. Im traditionellen Experimentalunterricht werden diese Prozesse stark durch den Lehrer gelenkt, sodass Schüler meist erst bei der Abarbeitung der vorgegebenen Durchführung aktiv werden. Um aber naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten zu verstehen und zu lernen, ist es unerlässlich, dass Schüler die Schritte zur Vorbereitung eines Experimentes weitestgehend selbst gehen und entwickeln. Die kognitive Aktivität der Schüler muss über das Nachvollziehen vom Lehrer vorgedachter Versuchsvorschriften hinausgehen. Darauf zielt dieses dritte Unterrichtsmodul ab.

An die theoretische Phase der Planung schließt sich in der Regel die Durchführung der Versuche an. Daneben ist es für naturwissenschaftliches Denken und Handeln charakteristisch, Beobachtungen und Versuchsbedingungen so zu dokumentieren, dass sie jederzeit auch für andere nachvollziehbar sind. Die Beobachtungen müssen dann interpretiert und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen werden, die vor dem Hintergrund der zu untersuchenden Fragestellung zu diskutieren sind. Abschließend sind Arbeitsergebnisse und –methoden zu reflektieren und mögliche Fehlerquellen zu analysieren. Im Folgenden sind wichtige Aspekte bei der Durchführung von

³² PFEIFER, Peter: Was heißt „naturwissenschaftliches Arbeiten“? In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 7–11. S. 9.

³³ STÄUDEL, Lutz: Naturwissenschaftliches Arbeiten. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 4–6. S. 4.

³⁴ Vgl. dazu die Ausführungen von STÄUDEL, PFEIFER, FREIMANN, PRENZEL und PARCHMANN im Themenheft „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ *NiU-Chemie* (14) 2003 Nr. 76/77.

Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht zusammenfassend dargestellt:

Aspekte beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht:

- begründete Fragestellung erkennen und formulieren, die der (Er-)Klärung bedarf
- Vermutungen aus bereits Bekanntem aufstellen und Hypothesen ableiten
- Versuchsdurchführung planen
- Praktische Fertigkeiten, den Versuch durchzuführen
- Beobachtungen und gegebenenfalls Messwerte dokumentieren
- Auswertung und Interpretation der Daten
- Schlussfolgerungen ziehen, Diskussion vor dem Hintergrund der Fragestellung
- Reflexion von Ergebnissen und Methoden / Fehlerbetrachtung

Für die Gestaltung von Experimentalunterricht, dessen Ziel neben der Ausbildung manueller Fähigkeiten auch das Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen ist, bedeutet das, dass Schüler die Entwicklung der Fragestellung (soweit es die Kompetenz der Schüler zulässt) aber insbesondere auch die Planung von Experimenten selbst übernehmen müssen. So sieht beispielsweise die BLK-Expertise einen Weg, experimentelles Arbeiten inhaltlich einzubetten darin, dass Unterrichtsphasen bewusst nach dem Organisationsprinzip des naturwissenschaftlichen Arbeitens gestaltet werden.³⁵ Laut Baumert et al. scheint es somit sinnvoll, den Unterricht beim Experimentieren in Planungs- und Gestaltungsphase, Durchführungsphase, Analyse- und Interpretationsphase zu strukturieren.

Weiterhin ist die Zusammenarbeit von Schülern in Kleingruppen sinnvoll. Die gruppeninterne Kommunikation über Inhalte und Vorstellungen zum Vorgehen beim Experimentieren ist insbesondere in der Planungs- und Auswertungsphase angebracht. Im Gespräch miteinander können Unklarheiten beseitigt, Ideen diskutiert, abgewogen und weiterentwickelt werden. Im gemeinsamen Gedankenaustausch wird das Verständnis für das Handeln gefördert.

Da es für Schüler eine eher ungewohnte Aufgaben darstellt, ein Experiment von der Planung bis zur Auswertung selbst zu organisieren, wird eine weniger anspruchsvolle und leicht zu überblickende Form des offenen Arbeitens gewählt: die themengleiche

³⁵ BUND-LÄNDER-KOMMISSION FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG: *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Bonn : Materialien Heft 60, 1997. S. 76-78.

Gruppenarbeit. In der Durchführung des dritten Unterrichtsmoduls widmen sich alle Gruppen der Untersuchung desselben Problems.

5.4.2 Unterrichtsinhalte

Inhaltlich ist die Unterrichtseinheit im Stoffgebiet „Carbonsäuren“ angesiedelt. Der Thüringer Lehrplan sieht an dieser Stelle überwiegend fachsystematisch orientierte Schwerpunkte vor, wie beispielsweise die „Untersuchung von Eigenschaften und Reaktionsverhalten der Carbonsäuren gegenüber Indikatoren und unedlen Metallen“ oder Betrachtungen zur „Acidität der Carboxylgruppe“. Alltagsweltliche Bezüge werden – wie häufig in diesem Lehrplan und wie auch bereits in Kapitel 2.1.3 kritisiert – nur marginal erwähnt: „Hinweis auf Verwendung als Konservierungsstoffe, Kennzeichnung von Lebensmitteln“.³⁶ Mit dem entwickelten Unterrichtsmodul wird die Problematik von Konservierungsstoffen und Konservierungsmethoden stärker als durch den Lehrplan vorgesehen akzentuiert. Ein Bezug zur Alltagswelt der Schüler wird hergestellt, indem die Schüler wichtige Lebensmittelkonservierungsstoffe kennen lernen. Am konkreten Beispiel der Sorbinsäure werden Vorteile bzw. eventuelle Risiken der Verwendung von Konservierungsmitteln thematisiert. Darüber hinaus werden mit Informationsblättern aus der Lebensmittelindustrie auch ökonomische Aspekte einbezogen und so versucht, den Einsatz von Sorbinsäure unter Berücksichtigung verschiedener Perspektiven zu betrachten.

Herkömmliche Sorbinsäure wirkt nicht nur gegen „unerwünschte“ Schimmelpilze, sondern auch gegen die beim Backprozess notwendigen Hefen und beeinflusst damit unmittelbar den Gärvorgang (und das Gehen des Teiges). Um diese Wirkung der Sorbinsäure auszugleichen, wären längere Gärzeiten bzw. der Einsatz größerer Hefemengen nötig, was wiederum höhere Produktionskosten zur Folge hätte. Die Firma Nutrinova hat mit Panosorb eine Darreichungsform von Sorbinsäure entwickelt, die laut Aussage der Firma bei Temperaturen bis zu 35 °C praktisch inaktiv bleibt und die Hefeaktivität (und somit das Gehen des Teiges) kaum beeinflussen soll. Durch die Schüler soll diese Behauptung überprüft und ein entsprechender Versuch zur Untersuchung des Gährverhaltens von Teig (1) ohne Konservierungsstoffe, (2) mit Sorbinsäure und (3) mit Panosorb entwickelt werden. Durch den Einbezug ökonomischer Aspekte soll das bei Schülern häufig entwickelte monokausale Denken (Sorbinsäure verlängert die Haltbarkeit von Lebensmitteln; der Einfluss der Sorbinsäure auf andere Prozesse, z.B. die Teigherstellung bleibt dabei unberücksichtigt) erweitert werden. Darüber hinaus wird mit der Zubereitung des Teiges eine nicht typisch-chemische, sondern eine im Alltag verwurzelte Handlung zum Inhalt des Chemieunterrichts, die von den Schülern unter naturwissenschaftlichen Bedingungen betrachtet und

³⁶ Thüringer Lehrplan S. 44.

untersucht werden muss. Das eröffnet zum einen die Möglichkeit, dass Schüler die Bedeutung der Chemie für ihre Erfahrungswelt erleben. Zum anderen kann an diesem Beispiel anschaulich thematisiert werden, was naturwissenschaftliches Handeln im Vergleich zu Alltagshandeln ausmacht.

5.4.3 Methodische Struktur und Arbeitsmaterial

Die Konzeption dieses dritten Unterrichtsmoduls orientiert sich in ihrer Struktur an grundlegenden Schritten des Vorgehens beim naturwissenschaftlichen Arbeiten und wird durch Abbildung 5.3 schematisch wiedergegeben. Dabei werden mit einer Exkursion und einer Gruppenarbeitsphase für die Schüler Freiräume zur eigenständigen Arbeit geschaffen. Die Intervention durch den Lehrer erfolgt nur an Schlüsselstellen des Prozesses, an denen Vorwissen gebündelt bzw. das weitere methodische Vorgehen besprochen wird.

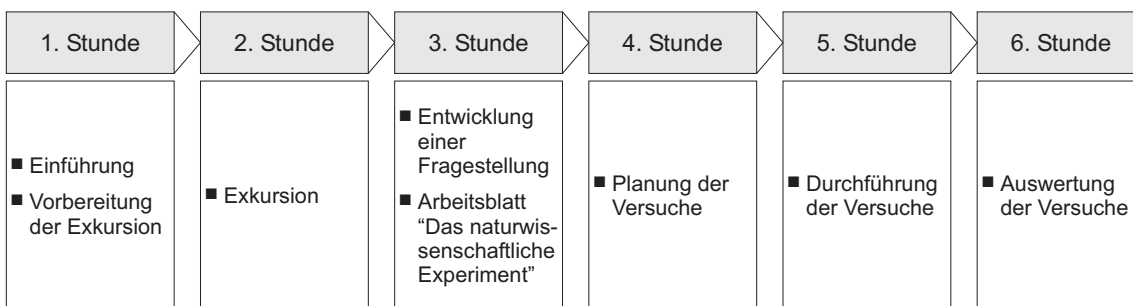


Abbildung 5.3: Methodische Struktur Modul 3

Um die Schüler an die Fragestellung des Versuches heranzuführen, erkunden sie durch eine Exkursion in Supermärkte und Lebensmittelläden (Bäcker, Fleischer) Möglichkeiten zur Haltbarmachung von Lebensmitteln. Dabei sollen sie einen Eindruck von der Vielfalt an Konservierungsmethoden gewinnen und für die Präsenz chemischer Stoffe und chemischen Handelns im Alltag sensibilisiert werden.







Auf diese Exkursion werden die Schüler in einer einführenden Stunde vorbereitet. Hier wird zunächst das veränderte Verbraucherverhalten (Bezug von Lebensmitteln weniger vom Erzeuger selbst, als aus Großmärkten; Großeinkauf länger haltbarer Waren, statt häufiger Erwerb frischer Produkte) sowie die zunehmende Industrialisierung der Lebensmittelindustrie (längere Transportwege und Lagerzeiten) thematisiert und daraus resultierende Ansprüche an die Haltbarkeit von Lebensmitteln abgeleitet. In Vorbereitung der Exkursion erhalten die Schüler ein Arbeitsblatt mit entsprechendem Exkursionsauftrag, auf dem Stoffe und Methoden zur Haltbarmachung nach Lebensmittelgruppen (Backwaren, Milchprodukte, Wurst & Fleisch, Gemüse ...) geordnet notiert werden sollen (Material 5.8).

Die Ergebnisse der Exkursion werden im Plenum gesammelt und systematisiert. Zur Vertiefung des Wissens über chemische Konservierungsmethoden (insbesondere

Exkursionsauftrag

Schaut euch im Supermarkt / beim Bäcker / Fleischer genau um.
Achtet darauf, welche Möglichkeiten genutzt werden, um verschiedene Lebensmittel haltbar zu machen (zu konservieren). Dabei können bei einem Produkt auch mehrere Methoden der Haltbarmachung genutzt werden. Nutzt auch die Übersicht zu E-Nummern der Konservierungsstoffe!
Vervollständigt die folgende Tabelle.

Hier ist Platz für Fragen und Notizen!

Lebensmittelgruppe	Produkte	Methoden zur Haltbarmachung (Konservierungsmethoden)
Backwaren 		
Milchprodukte 		
Wurst, Fleisch 		
Gemüse 		
Obst 		
Fisch 		
...		

den Einsatz von Konservierungsstoffen) lesen die Schüler einen Informationstext zu Sorbinsäure und Benzoesäure. Der Text informiert über Vorkommen, Struktur, Wirkung und Einsatzmöglichkeiten beider Stoffe.

Im Anschluss sollen die Schüler begründete Vorschläge entwickeln, wie Brot länger haltbar gemacht werden kann. Dabei werden auch die oben beschriebenen Probleme beim Einsatz von Sorbinsäure (Wirkung auf Hefen) thematisiert. Als ein Angebot der Lebensmittelindustrie, dieses Problem zu umgehen, wird das Produkt Panosorb und die zugehörigen Informationen der Firma Nutrinova vorgestellt. Davon ausgehend wird mit den Schülern die Fragestellung entwickelt, zu überprüfen, ob die Angaben der Firma tatsächlich zutreffen und experimentell zu untersuchen, wie sich der Einsatz von Sorbinsäure bzw. Panosorb auf das Gehenverhalten von Hefeteig auswirkt. Die Entwicklung der Fragestellung wird an dieser Stelle durch den Lehrer geleitet.³⁷

Bevor die Schüler mit der Planung eines Experimentes beginnen, durch das sich die aufgeworfene Fragestellung untersuchen lässt, wird das Vorgehen, das naturwissenschaftliches Arbeiten ausmacht, explizit thematisiert. Die Schüler sollen nicht um des Experimentierens willen experimentieren, sondern sich Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens in ihrem Vorgehen bewusst machen. Dazu wurde das Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“ entwickelt (Material 5.9). Der zugrunde liegende Text basiert auf einem Beispiel, das von Stäudel, Werber und Freimann in der „Lernbox Naturwissenschaften“ veröffentlicht wurde.³⁸ Im ersten Teil des Arbeitsblattes werden die Ergebnisse von Johan Baptista van Helmont beschrieben, der in Experimenten mit Pflanzen untersucht hat, ob Erde und/oder Wasser für die Gewichtszunahme von Pflanzen verantwortlich sind. Im zweiten Teil des Arbeitsblattes sollen die Schüler – geleitet durch die Aufgabenstellung – wesentliche Schritte naturwissenschaftlichen Arbeitens im Vorgehen von van Helmont erkennen und notieren.

In Zusammenhang mit der Auswertung des Arbeitsblattes „Das naturwissenschaftliche Experiment“ wird auf die grundlegende Struktur von Protokollen verwiesen. Ausgehend von den Schritten, die die Schüler im Arbeitsblatt nachvollzogen haben, werden nun wesentliche Elemente eines Protokolls abgeleitet. In Vorbereitung der anschließenden Phase der selbständigen Arbeit erhalten die Schüler Material 5.10 als Vorlage zur Erstellung eines Versuchsprotokolls.

³⁷ Aufgrund der Komplexität der Thematik „Konservierungsstoffe“ sowie unzureichender Kompetenz der Schüler auf diesem Gebiet ist nicht zu erwarten, dass die Fragestellung von den Schülern selbst aufgeworfen wird. Die vollständig freie Entwicklung einer Aufgabenstellung durch die Schüler ist somit im Rahmen dieses Vorhabens wenig sinnvoll.

³⁸ STÄUDEL, L.; WERBER, B.; FREIMANN, T.: *Lernbox: Naturwissenschaften Verstehen & Anwenden*. Seelze : Friedrich Verlag, 2003. S. 51.

1. Lies den folgenden Text einmal durch (überfliegen)!
2. Schau dir nun die Tabelle an!
3. Lies den Text noch einmal und unterstreiche dabei die Informationen, die wichtig sind, um die Tabelle zu vervollständigen!
4. Vervollständige anschließend die Tabelle!



Das naturwissenschaftliche Experiment

Johan Baptista van Helmont wurde am 12.1.1579 in Brüssel geboren und starb am 30.12.1644. In seinem Werk „Ortus medicinae“ veröffentlichte der Arzt und Chemiker die Ergebnisse seiner Experimente mit Pflanzen:

„ ... ich habe ein steinernes Geschirr (Topf) genommen und zweihundert Pfund Erde darein getan, die ich im Backofen ließ trocken werden. Dieselbe habe ich mit Regenwasser angefeuchtet und einen Weidenstamm rein gepflanzt, der fünf Pfund (2,5 kg) wog. Endlich nach fünf Jahren ist ein Baum daraus geworden, der hundertneunundsechzig Pfund (84,5 kg) schwer war. Das steinerne Geschirr aber goss ich immer, wenn es von Nöten war, mit Regenwasser oder destilliertem Wasser. Damit sich nicht umher fliegender Staub unter die Erde im Topf menget, hatte ich ein eisernes Blech, das voller Löchlein war, darüber gebreitet. Das Gewicht der Blätter, das in vier Jahren jeden Herbst davon abfällt habe ich nicht mit berechnet. Endlich habe ich die Erde wieder getrocknet und fand die 200 Pfund wieder. Also waren die hundert und vierundsechzig Pfund bloß aus dem Wasser hervorgewachsen.“

Van Helmont wollte mit diesem Experiment klären, worauf die Massenvermehrung beim Wachstum von Pflanzen beruht. Zwar stimmen die Wissenschaftler heute seiner Schlussfolgerung nicht mehr zu, dass alles allein und „bloß aus dem Wasser hervor gewachsen“ sei, aber van Helmonts Versuchsprotokoll zeigt wesentliche Schritte und Merkmale eines naturwissenschaftlichen Experiments.

Nach: Stäudel L., Werber B., Freimann T.: *Naturwissenschaften – verstehen und anwenden*. Friedrich Verlag. Seelze. 2003. S. 51.

Welche Frage beschäftigte den Wissenschaftler?	
---	--

Welche Vermutung stellt er auf?	
--	--

Er entwickelte eine Versuchsordnung mit der er die Frage überprüfen wollte! Formuliere konkrete Anweisungen zur Durchführung des Versuchs!	
--	--

Welche Messdaten hat Van Helmont aufgenommen:	
--	--

Was ist das Ergebnis der Auswertung der Messdaten und seiner Beobachtung?	
--	--

Er zieht eine Schlussfolgerung mit der er die anfangs gestellte Frage beantwortet. Welche?	
---	--

Welche Fehlerquelle hat seine Versuchsordnung?	
---	--



Datum

Protokoll
Überschrift /Titel des Versuches

1. **Ziel des Versuches**
Formuliere die Problemstellung / das Ziel des Versuches in ein bis zwei Sätzen!
(Welche Frage soll mit dem Versuch beantwortet werden?)
2. **theoretischer Hintergrund**
Notiere Wissen oder Kenntnisse, die Grundlage des Versuches sind!
Notiere – wenn es sie gibt – eine Vermutung über das Ergebnis des Experimentes!
3. **Material**
Notiere hier in Stichpunkten, welche **Geräte / Apparaturen** und **Chemikalien** für die Durchführung benötigt werden!
4. **Durchführung / Methode**
 - a) Beschreibe, wie man bei der Durchführung des Versuches vorgehen muss!
(Gib die Schritte an, die man bei der Durchführung des Versuches machen muss.)
Achte dabei darauf, dass du möglichst genaue Angaben zu Mengen, Zeit bzw. Temperatur machst – je nachdem was für den Versuch wichtig ist.
 - b) Fertige gegebenenfalls eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus an!
5. **Beobachtung**
Notiere die Ergebnisse des Versuches – das sind Messergebnisse und Beobachtungen – in knapper, übersichtlicher Form.
(Wenn es möglich und sinnvoll ist, stelle die Ergebnisse in Tabellenform oder als Diagramm dar!)
Die Bewertung der Ergebnisse gehört hier nicht hin!
6. **Diskussion / Auswertung**
Die sorgfältige Bewertung der Ergebnisse ist der wichtigste Teil eines Protokolls.
Bezug nehmend auf das Ausgangsproblem und das theoretische Hintergrundwissen müssen folgende Fragen diskutiert werden:
 - Welche Schlussfolgerung kann im Hinblick auf die Ausgangsfragestellung (1.) aus dem Versuch gezogen werden?
 - Entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen entsprechen oder nicht?
 - Gibt es Abweichungen? Welche Ursache könnte das haben?
 - Was könnten mögliche Fehlerquellen sein?
 - Welche Vorschläge zur Veränderung / Verbesserung der Versuchsdurchführung können gemacht werden?

Bis zu diesem Zeitpunkt wird vorwiegend im Plenum gearbeitet – eine Fragestellung wurde entwickelt und das Vorgehen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten exemplarisch thematisiert. Im weiteren Verlauf des Unterrichtsmoduls arbeiten die Schüler weitgehend selbständig in Gruppen. Sie erhalten hierfür einen komplexen Arbeitsauftrag, durch den die Phase der Gruppenarbeit in Planungsphase, Durchführung und Auswertung strukturiert wird (Material 5.11).

In der *Planungsphase* sollen die Schüler in der Gruppe eine Versuchsdurchführung entwickeln. Dazu gehört neben grundsätzlichen konzeptionellen Überlegungen auch, ein Kuchenrezept (Handlungsanweisung aus dem Alltag) so zu adaptieren, dass es den Ansprüchen eines naturwissenschaftlichen Experimentes genügt. D.h. für die Untersuchung des Gehverhaltens von Hefeteig irrelevante Schritte, wie das Belegen mit Pflaumen oder das Backen selbst können weggelassen werden, wogegen für naturwissenschaftliches Arbeiten typische Attribute berücksichtigt werden sollen, z.B. exakte Mengenangaben, Schaffung gleicher Bedingungen, Reduktion der verwendeten Mengen. Da der bewusste Einbezug der letztgenannten Planungskriterien bei Schülern nicht vorausgesetzt werden kann, werden durch den Arbeitsauftrag entsprechende Hinweise gegeben.

Weiterhin stehen den Schülern Lernhilfen zur Verfügung, die von ihnen bei der Entwicklung des Versuches entweder als weiterführende Hilfen oder als bestätigende Rückversicherung genutzt werden können.³⁹

Mit dem Arbeitsauftrag werden ebenfalls die Ergebnisse vorgegeben, die am Ende der Planungsphase erwartet werden: ein adaptiertes Kuchenrezept und ein vorbereitetes Protokoll, das Angaben zum Ziel des Versuches, zu bereits vorhandenem Wissen, zu nötigen Geräten und Chemikalien sowie die Versuchsdurchführung enthält. Die *Durchführung und Auswertung* der Versuche erfolgt selbständig in den Gruppen. Die Schüler arbeiten nach der von ihnen entwickelten Anleitung. Weiterhin dokumentieren sie ihre Ergebnisse und werten sie in Bezug auf die Fragestellung des Versuches in einem Protokoll aus. Daneben sollen die Versuchsergebnisse in einem Brief an die Firma Nutrinova zusammengefasst werden.⁴⁰ Damit wird beabsichtigt, dass die Schüler lernen, fachbezogen zu kommunizieren und sich mitzuteilen.⁴¹ Indem sie den Brief schreiben, sollen sie ihr Handeln reflektieren und die Ergebnisse ihrer Arbeit so beschreiben, dass sie für andere nachvollziehbar werden.

³⁹ Die Lernhilfen sind im Anhang abgedruckt.

⁴⁰ Die Firma Nutrinova hatte eine Probe von Panosorb freundlicherweise kostenfrei zur Verfügung gestellt, im Gegenzug jedoch einen zusammenfassenden Bericht über die Ergebnisse der Versuche erbeten.

⁴¹ Vgl. FREIMANN, Thomas: Bildung? Grundbildung. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 12–14. S. 13.

Durch einen Versuch sollen folgende Fragestellungen untersucht und beantwortet werden:



1. Wie wirkt sich die Verwendung von herkömmlicher Sorbinsäure auf das Teigvolumen aus (im Vergleich zu unbehandeltem Teig)?
2. Stimmt die Aussage in der Broschüre von Nutrinova (Hoechst), dass „mit Panosorb ... die Hefen bedeutend weniger gehemmt [werden] als bei handelsüblicher Sorbinsäure“?

1. Überlegt in eurer Gruppe gemeinsam, wie diese Fragestellungen mit **einem** Versuch überprüft werden können.



2. Im Anhang findet ihr ein Rezept für Hefekuchen aus dem Backbuch sowie Hinweise zur Verarbeitung von Panosorb. Formuliert das Backrezept so um, dass daraus eine Versuchsanleitung für ein naturwissenschaftliches Experiment wird – ein „Chemisches Kuchenrezept“!

Hinweis:

*Um die verschiedenen Teigproben miteinander vergleichen zu können, müssen für alle 3 Proben vergleichbare Versuchbedingungen geschaffen werden. Die verschiedenen Proben dürfen sich nur in **einer Versuchsbedingung unterscheiden**. (Sie dürfen sich nur in der Bedingung unterscheiden, deren Einfluss auf das Versuchsergebnis untersucht werden soll.)*

Überlegt genau, ob alle Schritte, die beim Kuchenbacken durchgeführt werden müssen, auch für die Durchführung eures Versuches wichtig sind. Worauf kann man eventuell verzichten?

Solltet ihr Hilfe benötigen oder möchtet ihr eure Ergebnisse kontrollieren, könnt ihr die Zettel an der Tafel nutzen.

3. Bereitet ein Protokoll vor, das der Struktur auf dem Arbeitsblatt entspricht. Das Protokoll muss **vor** Versuchsbeginn die Punkte 1 – 4 bereits vollständig enthalten. Die Punkte 5 und 6 werden **während** bzw. **nach** der Durchführung ergänzt.
4. Gebt am Ende dieser Stunde das „Chemische Kuchenrezept“ und das vorbereitete Protokoll ab!
5. Führt in der nächsten Stunde den Versuch durch und ergänzt euer Protokoll.
6. Fasst die Ergebnisse des Versuches für die Firma Nutrinova zusammen. Verfasst dazu einen kurzen Text (ca. ½ Seite), in dem ihr
 - erklärt, was ihr in euerm Versuch untersucht habt,
 - kurz beschreibt, wie ihr vorgegangen seid und
 - die Ergebnisse eures Versuches zusammenfasst.

Material 5.11: Arbeitsauftrag zur Planung des Versuches

Durch dieses Kapitel wurden wesentliche Kriterien für die Gestaltung des Unterrichts in den Unterrichtsmodulen beschrieben. Dabei wurde für jedes Modul charakterisiert

- welche Lern- und Arbeitstechnik thematisiert wird,
- welche Unterrichtsinhalte im Mittelpunkt stehen und
- in welcher Lernform die Schüler arbeiten.

Die genannten drei Aspekte wurden dabei in jeweils einzelnen Kapiteln diskutiert. In der praktischen Durchführung von Unterricht bedingen sich Arbeitstechniken, Unterrichtsmethode und Inhalte selbstverständlich gegenseitig und es kann davon ausgegangen werden, dass Unterricht und Schülerverhalten durch das Zusammenwirken aller drei Aspekte beeinflusst werden. Die Frage, inwieweit jeder einzelne dieser drei Aspekte für das Handeln der Schüler und das Lernen von Chemie bedeutsam ist, wird mit der Auswertung der Ergebnisse in Kapitel 7 diskutiert.

Kapitel 6

Exkurs: Empirisches Design der Untersuchung

Ziel des begleitenden Forschungsprozesses ist es zu dokumentieren, wie Schüler im offenen Chemieunterricht lernen, wenn die Erarbeitung fachlicher Inhalte mit der Anwendung von Arbeitstechniken und naturwissenschaftlichem Handeln verknüpft wird. Im Ergebnis sollen die Sichtweise der beteiligten Schüler auf die Arbeit mit Lerntechniken, die Arbeit in offeneren Unterrichtsformen und fachliche Inhalte transparent gemacht, Zusammenhänge aufgedeckt und Effekte des Unterrichts in den Modulen auf das Verhalten der Schüler beschrieben werden. Dabei geht es nicht vorrangig darum, unterschiedliche Ausprägungsgrade von Effekten zu quantifizieren. Für das Design der empirischen Begleitung ergeben sich somit folgende Ansprüche:

- Der Forschungsprozess ist möglichst offen gegenüber den untersuchten Personen sowie gegenüber der Erhebungssituation zu gestalten.
- Die gleichberechtigte Kooperation zwischen Forscher, Lehrer und beteiligten Schülern wird angestrebt.
- Es werden möglichst Daten erhoben, die sich auf natürliche Weise im Feld ergeben, d.h. Unterrichtsgegenstände werden als wissenschaftliche Elemente betrachtet.
- Mit dem Forschungsprozess wird zwar verändernd in das Feld eingegriffen, die beteiligten Personen werden jedoch in ihrer natürlichen Situation belassen, um ihr Verhalten dort (und nicht in einer Laborsituation) zu beschreiben.

Damit wird deutlich, dass sich das zu entwickelnde Forschungsdesign eher an den Ansätzen qualitativer Sozialforschung als an den Grundzügen quantitativen Denkens orientieren muss.

Im Folgenden sollen zunächst Grundzüge qualitativen empirischen Denkens dargestellt und zu quantitativen Methoden abgegrenzt werden. Daran anschließend werden für dieses Vorhaben geeignete Forschungsdesigns sowie Methoden der Datenerhebung, -aufbereitung und -auswertung erörtert, bevor abschließend das gesamte Forschungsdesign dieses Vorhabens im Überblick dargestellt wird.

6.1 Quantitative und qualitative Sozialforschung

Die verschiedenen Ansätze qualitativen Denkens stimmen in ihrer Kritik an weit verbreiteten Instrumenten traditioneller sozialwissenschaftlicher Forschung überein: Skalen, Fragebögen und standardisierte Tests ließen die Versuchspersonen nicht zu Wort kommen, sondern beschränkten sich lediglich darauf, dass diese auf vorgegebene Kategorien reagieren. Die qualitative Sozialforschung hingegen versucht, an die amerikanische Feldforschung der Chicagoer Schule in den 20er und 30er Jahren anzuknüpfen, „die sich der sozialen Realität mit unstrukturierten Beobachtungen und offenen Befragungen in natürlichen, alltäglichen Situationen annähert.“¹ Weiterhin wird durch qualitative Ansätze ein „interpretatives Paradigma als forschungsleitendes Denkmodell gefordert.“ Dabei liegt der Gedanke zugrunde, dass „Menschen nicht starr nach kulturell etablierten Rollen, Normen, Symbolen, Bedeutungen handeln (normatives Paradigma), sondern jede soziale Interaktion selbst als interpretativer Prozess aufzufassen ist.“² In jeder Situation müssen Menschen für sich deuten, welche Rollen von ihnen erwartet werden und welche Perspektive sie selbst einnehmen. Mayring argumentiert weiter, dass, wenn soziales Handeln selbst schon Interpretation ist, der Wissenschaftler erst recht „Interpret“ sein müsse. Nach Kleining ist es nicht das Ziel qualitativer Forschung, originale Zusammenhänge zu entschlüsseln und zu restaurieren, sondern „die in ihren Verbindungen und Bezügen unentdeckte soziale Realität“³ zu entdecken und dem Forscher somit noch unbekannt oder nur vermutete Beziehungen aufzuzeigen. Dabei geht die qualitative Forschung systematischer als im Alltag vor und entdeckt „in grundlegenderer Form als die quantitative Sozialforschung.“⁴ Im Gegensatz zu quantitativer Forschung, durch die sich Ausprägungsgrade von Daten innerhalb eines vorgegebenen Kategorienschemas feststellen lassen, ist das Ergebnis qualitativer Forschung das Kategorienschema selbst.

¹ MAYRING, Philipp: *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim : BELTZ Psychologie Verlags Union, 1999. S. 1.

² ebd. S. 2.

³ KLEINING, Gerhard: Umriss einer Methodologie qualitativer Sozialforschung. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 34 (1982), S. 224–253. S. 228f.

⁴ ebd.

Grundsätzlich lässt sich qualitatives Handeln folgendermaßen charakterisieren:

- Gegenstand der Forschung sind immer Menschen, Subjekte, die Ausgangspunkt und Ziel der Untersuchung sein müssen.
- Am Anfang jeder Analyse muss eine genaue und umfassende Beschreibung (Deskription) des Gegenstandsbereiches stehen.
- Der Untersuchungsgegenstand liegt nie völlig offen. Die objektiv beobachtbare Handlung kann für jeden Beobachter ebenso wie für unterschiedliche Akteure auch verschiedene Bedeutung haben, sodass sie erst durch Interpretation erschlossen werden muss.
- Die Forschungsgegenstände müssen immer möglichst in ihrem natürlichen, alltäglichen Umfeld untersucht werden. Da jeder forschende Zugang eine Verzerrung der Realität mit sich bringt, ist qualitative Forschung bemüht, diese Unschärfen zu verringern, indem sie möglichst nahe an der natürlichen, alltäglichen Lebenssituation anknüpft. Darüber hinaus gilt das Postulat der Alltagsnähe aber auch, weil die Forschungsergebnisse auf Alltagssituationen hin verallgemeinert werden sollen.
- Die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse stellt sich nicht automatisch über bestimmte Verfahren her, sondern muss im Einzelfall schrittweise begründet werden.

Die genannten theoretischen Postulate konkretisiert Mayring in „13 Säulen qualitativen Denkens“⁵, die sich für die Konstruktion qualitativer Untersuchungspläne als praktikabel erweisen. So erfolgt die Entwicklung des Forschungsdesigns für die Begleitung der drei Unterrichtsmodule unter Berücksichtigung folgender Schwerpunkte: Dem Forschungsgegenstand wird mit möglichst großer Offenheit gegenübergetreten, d.h. der Forschungsprozess wird so offen gestaltet, dass Neufassungen, Ergänzungen und Revisionen der theoretischen Strukturierung, der Hypothesen bzw. der Methoden möglich sind.

Trotz der prinzipiellen Offenheit müssen die methodischen Schritte des Forschungsprozesses kontrolliert ablaufen. Indem jede einzelne Verfahrensweise expliziert und dokumentiert wird, werden die Ergebnisse abgesichert, überprüfbar und eine wesentliche Grundlage für deren Verallgemeinerbarkeit geschaffen.

Der Forschungsprozess ist nicht als das Registrieren vermeintlich objektiver Gegenstandsmerkmale zu verstehen, sondern als Interaktionsprozess, in dem sich Forscher

⁵ MAYRING S. 13ff.

und Gegenstand verändern und in dem Daten der subjektiven Interpretation unterworfen sind.

Es wird von der Ganzheitlichkeit des Menschen ausgegangen, d.h. die in einzelnen Teilbereichen erhobenen Daten sind immer im Kontext umfassender Bedeutungsstrukturen zu interpretieren.

Die Entwicklung von Hypothesen bzw. die Ableitung von Verallgemeinerungen erfolgt eher auf induktivem Weg. Bei der Verallgemeinerung von Ergebnissen muss explizit begründet werden, welche Ergebnisse auf welche Situationen, Bereiche, Zeiten hin generalisiert werden können. Die Ableitung allgemeingültiger Gesetze ist daher schwer möglich, entdeckte Gleichförmigkeiten werden besser als kontextbezogene Regeln formuliert.

Die Verknüpfung qualitativer und quantitativer Methoden ist prinzipiell möglich. Qualitative Daten können z.B. durch kategoriengeleitete Auszählung in quantitative Daten überführt werden, so dass Richtungen einer Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse aufgezeigt werden können.

Ergebnisse empirischer Forschung werden hinsichtlich ihrer Qualität anhand von Gütekriterien gemessen. Ausgehend von der Praxis quantitativer Forschung sind hier *Objektivität* (Können andere Forscher mit demselben Vorgehen zu demselben Ergebnis?), *Validität* (Wurde erhoben, was erhoben werden sollte?) und *Reliabilität* (Zuverlässigkeit, Genauigkeit, mit der das geprüfte Merkmal gemessen wird) als klassische Gütekriterien zu nennen. Auch Ergebnisse qualitativer Forschung müssen sich einer Qualitätsprüfung stellen. Mayring vertritt die Meinung, dass bei der Bewertung qualitativer Forschung nicht einfach die Maßstäbe quantitativer Forschung übernommen werden können, sondern Gütekriterien für qualitative Forschung neu definiert werden müssten.⁶ Bortz und Döring schlagen hierzu vor, die klassischen Gütekriterien – jedoch in modifizierter Form – auch in der qualitativen Forschung zu verwenden.⁷

Um die *Objektivität* qualitativer Untersuchungen zu sichern, sind die genaue Beschreibung des Vorgehens (Transparenz) und eine gewisse Standardisierung erforderlich. Während die Durchführungsobjektivität in quantitativen Befragungen durch Standardisierung der äußeren Bedingungen erreicht werden soll, zielt die qualitative Befragung darauf ab, vergleichbare Situationen im subjektiven, inneren Erleben der Personen herzustellen. Dazu werden bei der Durchführung der Befragung die einzelnen Fragen abgeändert, umformuliert, um sie dem Verständnis des Gesprächspartners bzw. dem Gesprächsverlauf anzupassen.

⁶ MAYRING S. 116.

⁷ BORTZ, J.; DÖRING, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin : Springer, 2003. S. 326.

Inwieweit qualitative Erhebungstechniken *reliabel* sein können, ist umstritten. Laut Lamnek müssen „Methoden der Zuverlässigkeitsprüfung der quantitativen Forschung aus grundsätzlichen methodologischen Gründen zurückgewiesen werden.“⁸ Die scheinbare Vergleichbarkeit von Erhebungsinstrumenten (die in der quantitativen Forschung durch Standardisierung erreicht wird) steht im Widerspruch zur Berücksichtigung der jeweils spezifischen Situationen von Erhebung und Auswertung beim qualitativen Vorgehen.

Das wichtigste Gütekriterium der qualitativen Forschung ist die *Validität*. So stellt sich beispielsweise die Frage, ob Beobachtungsprotokolle das Geschehen valide abbilden oder die Beobachtungen durch Voreingenommenheit oder Unaufmerksamkeit des Protokollanten verfälscht werden bzw. ob Interview-Äußerungen authentisch und ehrlich sind. Ein wichtiges Mittel zur Absicherung der Validität ist die Methoden-triangulation: Mit dem Einsatz eines Bündels verschiedener Forschungsinstrumente können verschiedene Datenquellen zur Auswertung herangezogen werden. Wie in den Kapitel 6.3 und 6.5 näher erläutert wird, werden im vorliegenden Projekt die teilnehmende Beobachtung – ergänzt durch Tonaufzeichnungen, Elemente der Dokumentenanalyse, schriftliche Befragungen und Interviews zur Datenerhebung genutzt. Die entsprechenden Ergebnisse können verglichen und Tendenzen der Interpretation auf diese Weise verstärkt bzw. widerlegt werden.

6.2 Das Forschungsdesign

Bei der Planung des empirischen Designs soll zunächst zwischen Forschungsdesign (Untersuchungsplan) und einzelnen Verfahren der Datenerhebung, –aufbereitung und –auswertung unterschieden werden. Verschiedene Untersuchungspläne der qualitativen Forschung sind beispielsweise die Einzelfallanalyse, Handlungsforschung oder deskriptive Feldforschung. Wie die nachfolgenden Erläuterungen zum Konzept der Handlungs- (oder Aktions-) forschung zeigen, wird dieses Forschungsdesign den Ansprüchen des geplanten Forschungsvorhabens gerecht und erweist sich damit für die Begleitung als geeignet. Folgende Grundsätze kennzeichnen diesen Ansatz:⁹

1. Die zu untersuchenden Fragestellungen setzen direkt an konkreten sozialen Problemen an.
2. Der Forschungsprozess wird als Lern- und Veränderungsprozess verstanden, in dem Erkenntnisgewinn und Veränderungen in der Praxis simultan einherge-

⁸ LAMNEK, S.: *Qualitative Sozialforschung. Band 1: Methodologie*. Weinheim : Psychologie Verlags Union, 1993. S. 177.

⁹ Vgl. dazu BORTZ/DÖRING S. 344. bzw. MAYRING S. 36.

hen. Ergebnisse sollen bereits während des Forschungsprozesses in der Praxis umgesetzt werden und verändernd in die Praxis eingreifen.

3. Die Versuchspersonen werden nicht als Objekte, sondern – so weit wie möglich – als gleichberechtigte Partner betrachtet, so dass im Zentrum der Handlungsforschung der Diskurs zwischen Forscher und Subjekt steht. Aufgabe des Forschers ist es, den Diskurs unter dem Einsatz qualitativ-interpretativer Techniken zu analysieren und zu steuern.

Aktionsforschung in „reiner“ Form ist wenigen Anlässen vorbehalten, denn die idealtypische Umsetzung der Grundsätze der Aktionsforschung bringt in der Praxis auch Probleme mit sich: Der Grundsatz der Gleichberechtigung von Forscher und Beforschten stößt in der Zusammenarbeit mit Schülern an seine Grenzen. Das Vorhandensein eines ausreichenden (objektiven) Problembewusstseins sowie ausreichende Kompetenz für methodische Entscheidungen kann in diesem Fall kaum vorausgesetzt werden.

Ebenso erschwert es die zeitliche Begrenzung des Forschungsprojektes, die in der Auswertung aller Module gewonnenen Daten in ähnlichen Situationen in der Praxis umzusetzen und kontinuierlich zu begleiten, um weitere Effekte zu dokumentieren. Somit handelt es sich auch bei dem vorliegenden Forschungsprojekt um kein reines Handlungsforschungsprojekt, sondern es setzt – wie viele andere Projekte auch – nur Elemente der Handlungsforschung um. Beispielsweise fließen Ergebnisse aus der Durchführung der Pilotstudie direkt in die Konstruktion der Hauptstudie ein. In der Planung und Durchführung der Module der Hauptstudie wird die Auswertung des Verhaltens und die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schüler während der Arbeit in Modul 1 (Bewertung der Gruppenarbeit mit Vorträgen; Fähigkeit, Informationen zu notieren) direkt für die praktische Umsetzung von Modul 2 berücksichtigt. Ergebnisse der Informationssammlung fließen somit noch während des Forschungsprozesses in die Praxis ein – wenn auch in begrenztem Umfang.

6.3 Forschungsinstrumente zur Datenerhebung

Die beschriebenen Charakteristika des Forschungsdesigns haben Konsequenzen für die Wahl geeigneter Forschungsinstrumente. Für das geplante Forschungsprojekt bietet sich der Einsatz von teilnehmender Beobachtung, offener Befragung und Elementen der Dokumentenanalyse an.¹⁰

Die *offene teilnehmende Beobachtung* ermöglicht es dem Forscher, sich gleichberechtigt in das Feld einzufügen, größtmögliche Nähe zum Forschungsgegenstand zu

¹⁰ vgl. BORTZ/DÖRING S. 344.

erleben und die „Innenperspektive der Alltagssituation“¹¹ zu erheben. Der Forscher kann Daten sammeln, während er an der Situation teilnimmt.

Die Standardisierung der Beobachtungssituation durch Fragbögen ist nicht sinnvoll – ebenso wenig wie ein völlig freies Vorgehen. Es bietet sich an, die Beobachtungssituation durch einen Beobachtungsleitfaden zumindest teilweise zu strukturieren, der wesentliche Beobachtungsdimensionen theoriegeleitet vorgibt. Damit wird einerseits die Beobachtung verschiedener Lerngruppen vergleichbar, andererseits wird die Offenheit für die Wahrnehmung neuer Aspekte gewahrt.

Eine sinnvolle Ergänzung der Beobachtung stellt die *Dokumentenanalyse* dar. Die Vielfalt des Materials, das untersucht werden kann, ist groß und kann Texte, Filme, Tonbänder etc. einschließen. Ein Vorteil liegt darin, dass das Material nicht eigens durch Datenerhebung geschaffen werden muss, sondern ohnehin vorliegt bzw. im Forschungsprozess entsteht. Im Fall dieses Forschungsprojektes liegt es nahe, Produkte, die im Unterrichtsgang ohnehin entstehen, wie beispielsweise Notizen der Schüler, Versuchsanleitungen oder Protokolle zur Auswertung heranzuziehen, um die Ergebnisse anderer Instrumente zu ergänzen.

Offene Befragungen können in schriftlicher oder mündlicher Form stattfinden. Sie bieten die Möglichkeit, die subjektive Sichtweise und Meinungen der Beteiligten zu erheben. Die *schriftliche Befragung* hat den Vorteil, dass die Äußerungen mitunter stärker durchdacht und erschöpfender sein können. Es besteht jedoch die Gefahr, dass die Probanden weniger bereit sind, in schriftlicher Form bzw. ausführlich zu antworten. In der halb-standardisierten schriftlichen Befragung wird mit der Technik der „offenen Frage“¹² gearbeitet. So werden zwar Schwerpunkte vorgegeben, Antwortalternativen aber völlig offen gelassen.

Die *mündliche Befragung* erfolgt in Form von Interviews. Wie auch bei der Beobachtung ist die teilweise Strukturierung der Befragungssituation (halb-standardisiertes Leitfrageninterview) ein sinnvoller Mittelweg zwischen völliger Offenheit und standardisiertem Interview. Auch hier werden die Ergebnisse verschiedener Interviews durch den Einsatz eines Leitfadens vergleichbar. Es bleibt dennoch genügend Freiraum, um aus der Interviewsituation heraus neue Fragen und Themen aufzugreifen, die während der Konstruktion des Leitfadens nicht antizipiert wurden.¹³ Die Befragung mehrerer Personen gleichzeitig ist in Form von Gruppeninterviews möglich. Das ist zum einen ökonomisch und eröffnet zum anderen die Möglichkeit, dass im Gespräch der Befragten miteinander neue Gedanken angeregt oder Ideen weiterentwickelt werden.

¹¹ vgl. MAYRING S. 61f.

¹² BORTZ/DÖRING S. 308.

¹³ ebd. S. 315.

6.4 Datenaufbereitung und Auswertung

Die Aufbereitung und Auswertung der erhobenen Daten ist neben der Erhebung ein wesentlicher Teil qualitativer empirischer Forschung. Um die Qualität der Ergebnisse abzusichern, ist es notwendig, dass auch Verfahren der Datenaufbereitung und -auswertung transparent und nachvollziehbar gemacht werden.

Bei der Aufbereitung der Gruppeninterviews sowie der Tonaufzeichnungen in Gruppenarbeitsphasen wird das Verständnis durch gelegentliches gleichzeitiges Sprechen erschwert. Damit ist die detaillierte Transkription der Aussagen schwer möglich. Aus diesem Grund beschränkt man sich hier auch auf zusammenfassende Protokolle des Gesprächsverlaufs.

Die Aussagen schriftlicher Befragungen sowie von Beobachtungen sind eindeutig und können ohne weitere Aufbereitung zur Auswertung herangezogen werden. Lediglich der Dialekt oder syntaktische Ungenauigkeiten werden der Verständlichkeit halber bereinigt. Die Schönung der Sprache ist vertretbar, da inhaltliche, nicht aber stilistische Fragen im Mittelpunkt der Auswertung stehen.

Die Auswertung des Datenmaterials erfolgt im Wesentlichen nach den Grundsätzen der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring.¹⁴ Dieses Vorgehen ermöglicht es, die Fülle des Materials methodisch kontrolliert und schrittweise zu analysieren. Mayring unterscheidet dabei drei Grundformen: die Zusammenfassung, die Explikation und die Strukturierung. Zur Auswertung der Daten in diesem Forschungsprojekt wird vorrangig die zusammenfassende Inhaltsanalyse angewendet. Dabei werden die Äußerungen der Probanden zunächst auf die wesentliche Aussage reduziert und dann abstrahiert. Aus den abstrahierten Aussagen wird induktiv ein Kategoriensystem abgeleitet, durch das die erhobenen Daten erfasst werden können. Im weiteren Vorgehen wird dieses in Bezug auf die Fragestellung interpretiert und die Zuordnung von Textstellen zu den Kategorien z.T. auch quantitativ ausgewertet. In Kapitel 7 dieser Arbeit sind die Ergebnisse der Auswertung dargestellt. Die Interpretation des entwickelten Kategoriensystems wird dort durch entsprechende Textbeispiele ergänzt, die typische Beispiele für die jeweiligen Kategorien darstellen.

6.5 Empirische Begleitung der Erprobung

Das Design der empirischen Begleitung des Forschungsprojektes ist in Abbildung 6.1 im Überblick dargestellt.¹⁵

Die Erprobung der entwickelten Unterrichtskonzepte wird in allen Modulen durch

¹⁴ MAYRING S. 91.; BORTZ/DÖRING S. 332.

¹⁵ Die entsprechenden Erhebungsinstrumente (Fragebögen, Beobachtungs- und Interviewleitfäden) sind im Anhang zu finden.

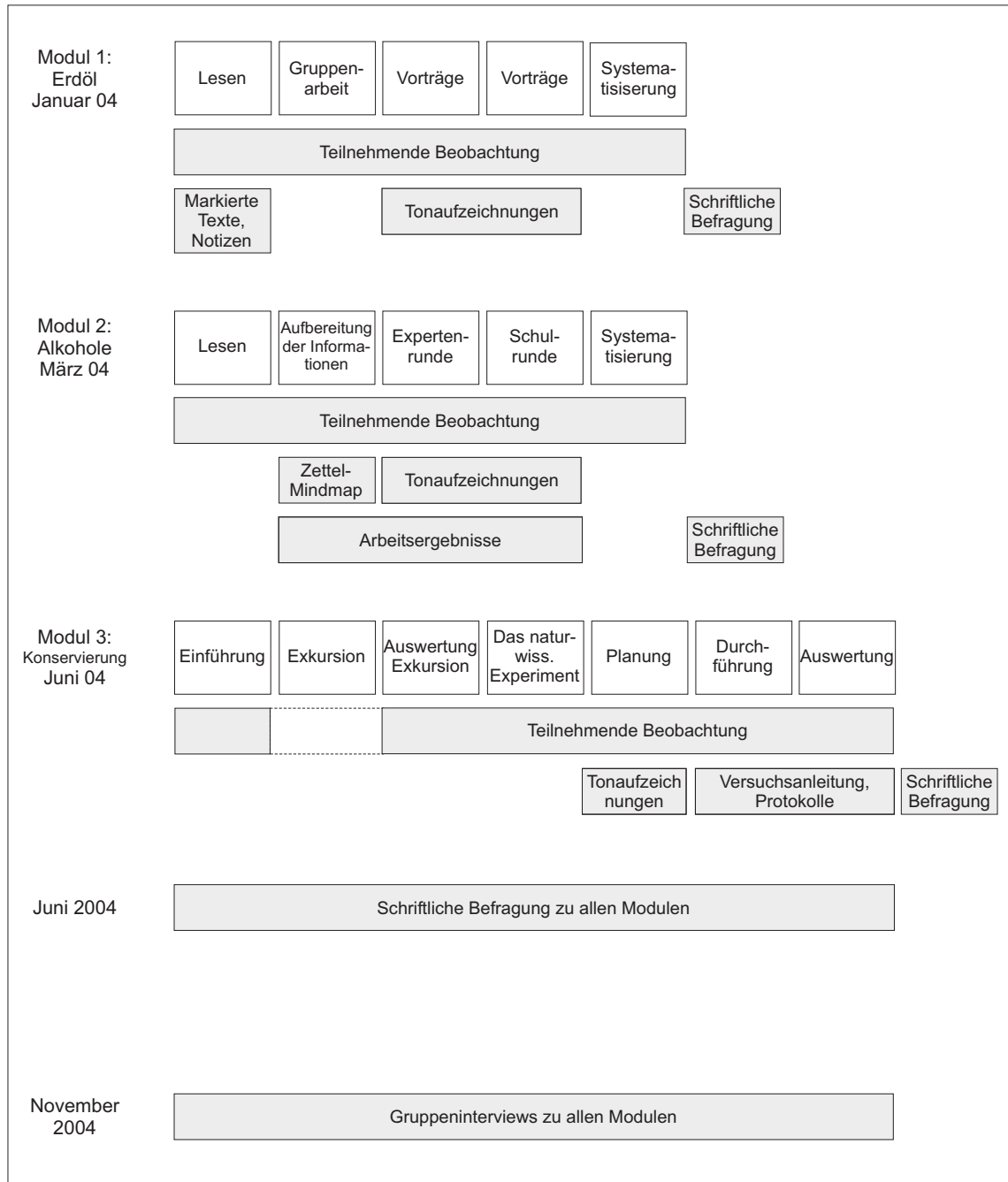


Abbildung 6.1: Überblick über die empirische Begleitung der Untersuchung

teilnehmende Beobachtung begleitet. Dabei sind folgende Schwerpunkte von Interesse:

- Wie ist die Interaktion in der Gruppe?
- Welche Schwierigkeiten tauchen auf?
- Inwieweit wird die Hilfe des Lehrers beansprucht?
- Welche Rolle spielen Arbeitsmethoden im Verhalten der Schüler?

Weiterhin wird die Beobachtung modulspezifisch von folgenden Fragen geleitet:

- Wie wenden die Schüler die Schrittfolge des verständnisintensiven Lesens an? (Modul 1 und 2)
- Wie notieren sich die Schüler die Informationen aus den Texten? (Modul 1 und 2)
- Wie gehen die Schüler bei der Planung und Auswertung der Experimente vor? (Modul 3)

Die Ergebnisse der Beobachtung werden ergänzt, indem verschiedene Dokumente zur Analyse herangezogen werden, die im Unterrichtsverlauf entstehen:

Modul 1 (Erdöl)	<ul style="list-style-type: none"> - markierte Texte - Notizen der Schüler - Tonaufzeichnungen der Schülervorträge
Modul 2 (Alkohole)	<ul style="list-style-type: none"> - Zettelmindmap - Ergebnisse der selbständigen Arbeit (Notizen) - Tonaufzeichnungen der Expertenrunde - Ergebnisse der Expertenrunde - Tonaufzeichnungen der Unterrichtsrunde - Ergebnisse der Unterrichtsrunde
Modul 3 (Konservierungsmittel)	<ul style="list-style-type: none"> - Tonaufzeichnungen der Gruppenarbeit zur Planung des Experimentes - Dokumentation der Nutzung von Lernhilfen - Von den Schülern erstellte Protokolle

Tabelle 6.1: Überblick über das auszuwertende Material

Nach der Erprobung jedes Moduls werden die Schüler schriftlich befragt, dabei werden im offenen Teil der Befragung die Schwerpunkte gesetzt, die in Tabelle 6.2 aufgeführt sind.

Ebenso wird direkt nach Abschluss des dritten Moduls eine schriftliche Befragung zur Evaluation des gesamten Vorhabens durchgeführt. Hier liegt der Fokus auf

Modul 1 (Erdöl)	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleich der Arbeit in dem Modul mit dem sonst üblichen Chemieunterricht - Positive Aspekte der Arbeit in dem Modul - Negative Aspekte der Arbeit in dem Modul - Veränderungswünsche - Was haben die Schüler ihrer Ansicht nach gelernt?
Modul 2 (Alkohole)	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Aspekte der Arbeit in dem Modul - Negative Aspekte der Arbeit in dem Modul - Veränderungswünsche - Methodenrepertoire (Nenne mindestens 3 Möglichkeiten, Informationen aus Texten zu notieren!) - Bewertung der Arbeitstechniken
Modul 3 (Konservierungsmittel)	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Aspekte der Arbeit in dem Modul - Negative Aspekte der Arbeit in dem Modul - Veränderungswünsche - War das Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“ eine Hilfe? Begründung der Antwort - War das Arbeitsmaterial „Protokoll“ eine Hilfe? Begründung der Antwort

Tabelle 6.2: Schwerpunkte der schriftlichen Befragung

- der Erinnerung an die drei Module
- auf der Reflexion der Schülerrolle im Vergleich zum sonst üblichen Chemieunterricht
- auf der zusammenfassenden Bewertung aller drei Teilprojekte.

Die Analyse der Antworten der schriftlichen Befragungen ergibt ein erstes Bild davon, wie Schüler die Arbeit in den Modulen erleben und bewerten. Ausgehend von den hier erhaltenen Ergebnissen wird der Leitfaden für ein abschließendes Gruppeninterview konstruiert.¹⁶ Mit dem Interviewleitfaden werden Tendenzen, die sich in der Auswertung der Fragebögen abzeichnen, aufgegriffen bzw. differenzierter thematisiert. So können im Sinne einer Methodentriangulation Thesen, die durch die Auswertung der schriftlichen Befragung generiert werden, überprüft, bestätigt, widerlegt oder ergänzt werden. Um nachhaltige Effekte des Unterrichts in den Modulen zu untersuchen, werden die Interviews mit einem zeitlichen Abstand von etwa 5 Monaten durchgeführt.

Durch den Einsatz vielfältiger Methoden zur Erhebung von Daten, mit denen der Unterricht aus verschiedenen Perspektiven dokumentiert wird, kann die Validität der Ergebnisse der Auswertung abgesichert werden, so dass durch diese Untersuchung

¹⁶ Die Schwerpunkte des Gruppeninterviews sind in Kapitel 7.5 zusammengefasst.

fundierte Aussagen dazu möglich werden, wie die Schüler in dem entwickelten Unterrichtsdesign gelernt haben.

Kapitel 7

Auswertung der empirischen Daten

Wie lernen Schüler in einem Chemieunterricht, der neben fachlichen Inhalten auch auf die Ausbildung von Lern- und Arbeitstechniken abzielt und so organisiert ist, dass Schüler möglichst selbständig arbeiten? Welche Akzeptanz erfahren Lern- und Arbeitstechniken durch die Schüler? Welche Schwerpunkte ergeben sich für Schüler im Zusammenspiel von Inhalt, Lernmethode und Unterrichtsform? Welche veränderte Rolle ergibt sich für Schüler und wie nehmen sie diese wahr?

Diesen Fragen soll nachgegangen werden, indem in den folgenden Kapiteln die Durchführung des Unterrichts in den drei Modulen beschrieben und analysiert wird. Zur Auswertung werden empirische Instrumente herangezogen, die im Exkurs „Empirisches Design“ erläutert werden: interessegeleitete Unterrichtsbeobachtungen, von den Schülern bearbeitetes bzw. erstelltes Unterrichtsmaterial und die Ergebnisse schriftlicher und mündlicher Schülerbefragungen.

Die Ergebnisse der Auswertung werden in Form von Thesen zusammengefasst. Die Thesen werden ausgehend von der chronologischen Auswertung des Unterrichtsmaterials generiert. Die Kategorisierung und schwerpunktmäßige Bündelung der Thesen erfolgt in der Zusammenfassung der jeweiligen Teilkapitel.

Die Auswertung der abschließenden, alle Module umfassenden schriftlichen Befragung erfolgt in Kapitel 7.4. Ergebnisse der modulübergreifenden Schwerpunkte der Gruppeninterviews sind in Kapitel 7.5 dargestellt. Die Auswertung der Gruppeninterviews führt nicht zu weiteren neuen Ergebnissen, sondern soll vielmehr die in den Kapiteln 7.1 bis 7.4 generierten Thesen bestätigen.

7.1 Modul 1: Verständnisintensives Lesen

Bei der Dokumentation und Auswertung des Unterrichts im ersten Modul stehen folgende Fragen im Mittelpunkt:

- Wie gehen die Schüler mit dem Arbeitsblatt zum verständnisintensiven Lesen

von Texten um? Inwieweit wenden sie die Schritte, die auf dem Arbeitsblatt formuliert sind, beim Lesen der Texte zum Thema Erdöl an?

- Gelingt es ihnen, wesentliche Informationen zu entnehmen? Und wie werden diese Informationen aufbereitet?
- Wie wird die Methode von den Schülern bewertet? Würden sie die Methode auch über das Modul hinaus anwenden?
- Wie wichtig ist die Lern- und Arbeitstechnik für die Schüler beim Arbeiten im Gesamtkonzept des Unterrichtsmoduls? D.h. welche Rolle spielt der methodische Aspekt neben den fachlichen Inhalten und der Unterrichtsorganisation?

Um die Fragen 1 und 2 zu beantworten, wird in Kapitel 7.1.1 der beobachtete Unterricht analysiert, wobei insbesondere die markierten Texte sowie die zugehörigen Notizen der Schüler ausgewertet werden. Aussagen zur Akzeptanz und zur Bewertung der Methode (Fragen 3 und 4) lassen sich vornehmlich aus der schriftlichen Schülerbefragung am Ende der Unterrichtseinheit und aus dem Gruppeninterview, das mit zeitlichem Abstand zu allen Modulen durchgeführt wurde, ableiten. Entsprechende Ergebnisse werden in den Kapitel 7.1.2 und 7.1.3 dargestellt.

7.1.1 Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials

Die Beobachtung der Schüler zeigt, dass alle Schüler den Text zunächst überfliegen. Kein Schüler beginnt sofort damit, sich während des Lesens Notizen zu machen. Während Lerngruppe 1 widerspruchslos der Schrittfolge zum Lesen von Texten folgt, beurteilen einige Schüler der Lerngruppe 2 die Methode bereits im Vorhinein kritisch. Eine Schülerin merkt an, „*das ist doch Quatsch. Im normalen Unterricht haben wir sowieso nie Zeit, das so genau zu machen.*“ Auch ein anderer Schüler meint, dass es „*sinnlos ist, einen Text so oft durchzugehen. Es reicht doch, wenn man einmal liest und dabei gleich alles markiert, was wichtig ist.*“ Schließlich bearbeiten alle Schüler den Text nach der Methode, die auf dem Arbeitsblatt vorgegebenen ist.

Für die Bearbeitung des Textes benötigen sowohl leistungsstärkere als auch leistungsschwächere Schüler viel Zeit (ca. 40 Minuten). Die Lehrpersonen hingegen waren anfänglich der Meinung, dass die Texte – auch unter Anwendung der Schrittfolge zum Lesen von Texten – in 20 Minuten zu bearbeiten seien.

These 1.1 *Schüler benötigen ausreichend Zeit, um einen Text verständnisintensiv zu lesen. Der Zeitbedarf wird von der Lehrperson meist unterschätzt.*

Die Schüler bearbeiten im Unterricht die Texte unter Zuhilfenahme der Schrittfolge zum Lesen von Texten sowie der Hinweise zum Markieren. Die bearbeiteten Texte

und zugehörigen Notizen der Schüler werden analysiert, um festzustellen, inwieweit die Schüler einzelne Arbeitsschritte umsetzen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 7.1 dargestellt.

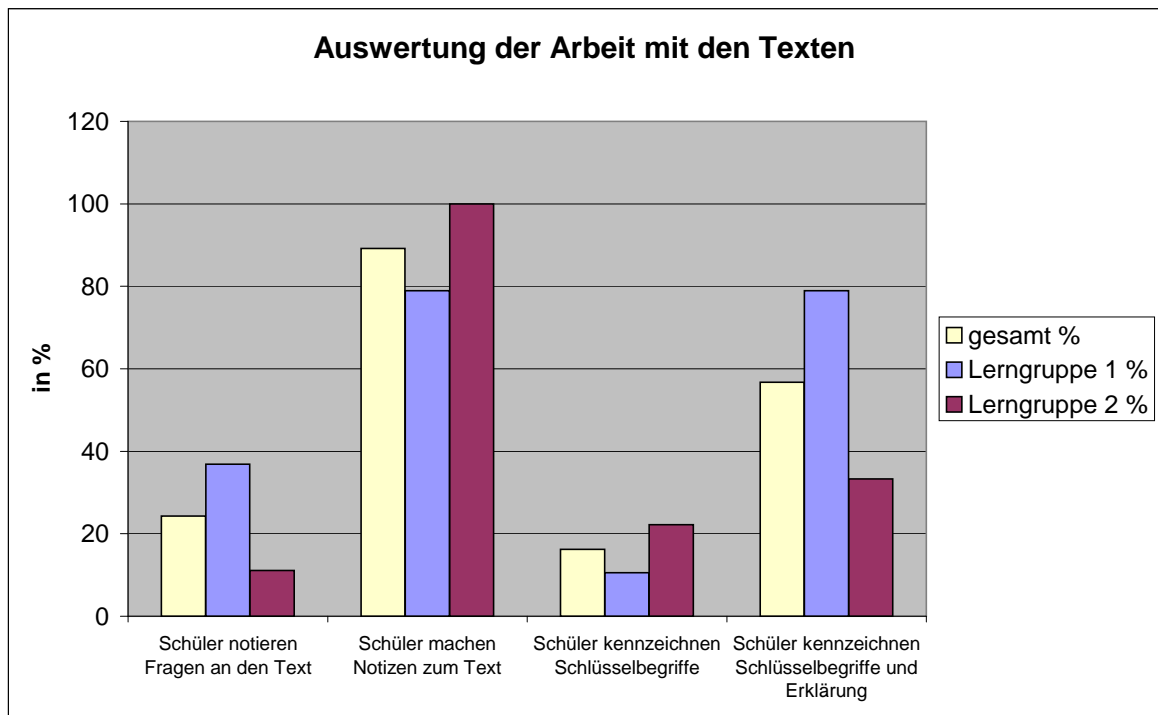


Abbildung 7.1: Auswertung der Arbeit mit Texten

Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass nur wenige Schüler Fragen an den Text notieren, während fast alle Schüler Notizen zu den Texten machen. Es sind ebenfalls nur sehr wenige Schüler, die mit Textmarker ausschließlich die Schlüsselbegriffe markieren. Je nach Lerngruppe sehr verschieden ist der Anteil der Schüler, denen es gelingt, Schlüsselbegriffe und zugehörige Erklärungen herauszuarbeiten. Dabei werden diese jedoch nicht wie auf dem Arbeitsblatt vorgeschlagen markiert, sondern sowohl Schlüsselbegriffe als auch die zugehörigen Erklärungen werden mit Textmarker hervorgehoben. Die anderen Schüler markieren meist zu viele Informationen, nur sehr wenige kennzeichnen zu wenig Text. Es fällt den Schülern schwer, Schlüsselbegriffe als Träger wesentlicher Informationen aus dem Text herauszuarbeiten.¹

In die Auswertung der markierten Texte (Abbildung 7.2) wird auch die Frage einbezogen, welche Technik zum Markieren die Schüler nutzen, d.h. inwieweit sie sich dabei an der vorgeschlagenen Technik (Hervorhebungen mit Bleistift, Textmarker und Rotstift vorzunehmen) orientieren.

¹ Möglicherweise lässt sich das Heraussuchen von Schlüsselinformationen sinnvoller üben, wenn mit allen Schülern der gleiche Text bearbeitet und die Ergebnisse nach dem Markieren verglichen werden.

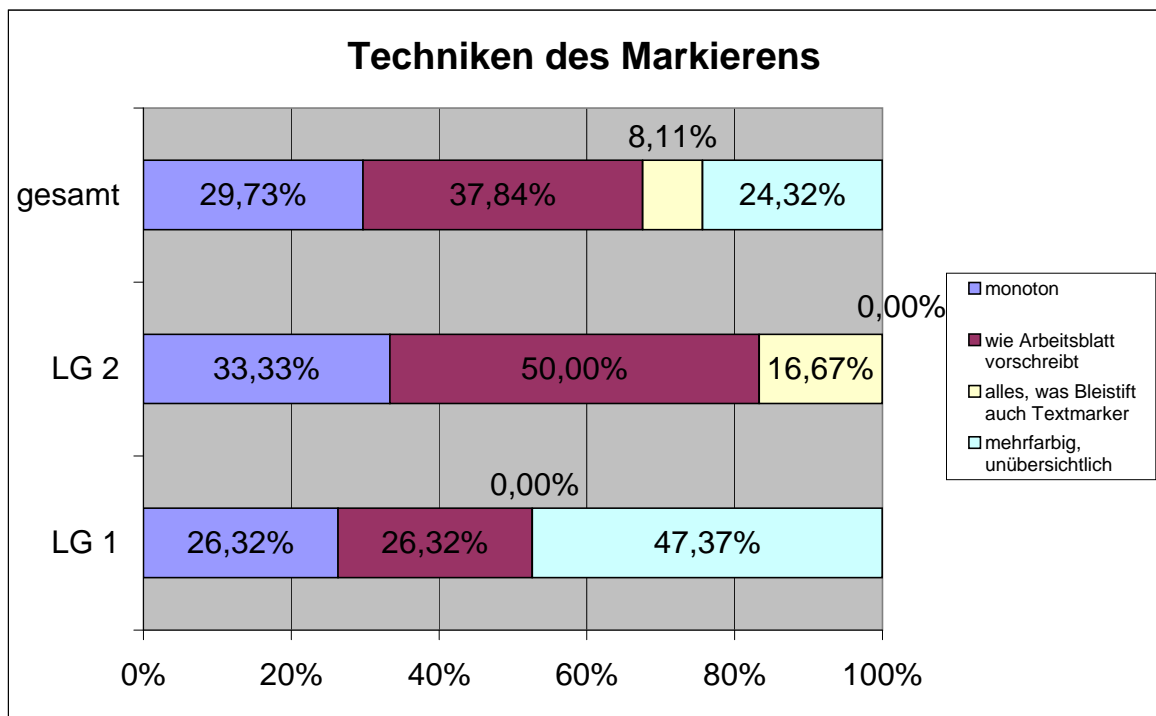


Abbildung 7.2: Auswertung der Markierungen

Es zeigt sich, dass in Lerngruppe 2 die Hälfte der Schüler die Technik anwendet, die auf dem Arbeitsblatt vorgegeben ist. In Lerngruppe 1 sind es nur etwa 38%. Etwa 30% der Schüler markieren Informationen, die ihnen wichtig erscheinen nur mit einem Stift. 16% der Schüler in Lerngruppe 2 markieren zwar zunächst mit Bleistift, im weiteren Verlauf ihrer Arbeit werden dann alle Bleistiftmarkierungen durch Markierungen mit Textmarker ersetzt. In Lerngruppe 1 fällt auf, dass eine Vielzahl der Schüler viele verschiedene Farben benutzt, wodurch der bearbeitete Text eher unübersichtlich wird.

These 1.2 *Prinzipiell finden sich die Schritte zum verständnisintensiven Lesen von Texten, die auf dem Arbeitsblatt formuliert sind, in der Handlungsweise der Schüler wieder (überfliegendes Lesen, Fragen an den Text formulieren, wichtige Textstellen markieren, Notizen machen). Die Schüler sind bemüht, die Vorschläge umzusetzen.*

These 1.3 *Gewohnte Handlungsmuster werden bei der Bearbeitung von Texten beibehalten, während Arbeitsschritte, die darüber hinausgehen, nicht von allen Schülern ausgeführt werden.*

In Vorbereitung auf Modul 2 wird weiterhin analysiert, in welcher Form die Schüler Informationen aus dem Text notierten. Für die Inhalte der Texte bieten sich Methoden an, wie beispielsweise ein Zeitstrahl zur historischen Entwicklung der Erdölförderung, ein Fließschema bzw. Organigramm zur Darstellung der Entstehung von Erdöl

oder Skizzen zur Darstellung der Prozesse der Erdölaufbereitung und Veredelung. Die Schüler hingegen wenden ausschließlich folgende Methoden an:

- Stichpunkte, die ohne weitere Strukturierung notiert werden
- Stichpunkte, die beispielsweise durch unterstrichene Überschriften oder Absätze strukturiert werden
- ganze Sätze (zeilenweise notiert)
- ein zusammenfassender Text

	LG 1		LG 2		gesamt	
ungegliederte Stichpunkte	5	38,46%	8	44,44%	13	41,94%
strukturierte Stichpunkte	5	38,46%	8	44,44%	13	41,94%
ganze Sätze	2	15,38%	1	5,56%	3	9,68%
zusammenfassender Text	1	7,69%	1	5,56%	2	6,45%
	<i>N=13</i>		<i>N=18</i>		<i>N=31</i>	

Tabelle 7.1: Auswertung der Notizen der Schüler

These 1.4 *Methoden, um Informationen aus Texten zu notieren, sind relativ einseitig ausgeprägt. Ansätze für die Strukturierung von Informationen sind bei den Schülern nur teilweise zu erkennen. Darstellungsformen, die den Inhalten der Texte stärker entsprechen würden, wie beispielsweise ein Zeitstrahl oder ein Fließschema, werden von den Schülern nicht gewählt.*

Die Beobachtung der Schüler in der Gruppenarbeitsphase zeigt, dass alle Schüler sehr **intensiv arbeiten**. In beiden Lerngruppen beschäftigen sich die Schüler mit fachlichen Inhalten. In Lerngruppe 1 arbeiten drei Gruppen arbeitsteilig, in Lerngruppe 2 sind es fünf der sechs Gruppen. Die Schüler haben hier die Inhalte so aufgeteilt, dass jeder Schüler zu einem Teil des Gruppenthemas im Vortrag aussagefähig ist. In den anderen Lerngruppen achten die Schüler darauf, dass jeder Schüler alle notwendigen Aspekte des Themas kennt.

Die Auswertung der Vorträge der Schüler zeigt, dass die Mehrzahl der **Vorträge eine gute Strukturierung** aufweist. Die Schüler leiten zunächst das Thema ein und stellen vor, worüber sie sprechen möchten. Dabei orientieren sie sich an den Schwerpunkten, die durch die Aufgabenstellung vorgegeben sind. *„Wir haben die Aufgabe, euch zu erklären, was nach dem Destillieren mit dem Öl, mit dem Rohöl passiert und da gibt es eigentlich drei Sachen, das eine ist Cracken, das stellt uns N. nachher vor, das andere ist Raffinieren, das stellt T. nachher vor und ich stell das*

Reforming vor.“ Im Hauptteil des Vortrages erklären die Schüler ihr Thema. Zum Abschluss fassen fast alle Gruppen wesentliche Ergebnisse zusammen.

Die inhaltliche Qualität der Vorträge ist stark von der Leistungsstärke der Schüler abhängig. Den leistungsstärkeren Gruppen gelingt es sehr gut, die fachlichen Inhalte korrekt zu erklären und auch am Beispiel zu erläutern, so z.B. Gruppe 5 in Lerngruppe 2 zu den Veredelungsverfahren von Erdöl:

Also Cracken, das kommt vom Englischen und heißt so viel wie to crack, und das heißt so viel wie spalten, brechen und das ist die Umwandlung schwerer langkettiger Kohlenwasserstoffmoleküle in gesättigte oder ungesättigte leichtere oder kürzere. Und die erfolgt durch die Spaltung der Moleküle und das älteste Verfahren ist das thermische Cracken. Dabei werden dann die Moleküle erwärmt und die kommen dann in so starke Schwingungen, dass die Bindungen dann brechen. Also zum Beispiel, wenn wir hier Dekan haben [schreibt an]. Das kann sich dann umwandeln in z.B. Ethen und Oktan.

Ethen ist ein ungesättigtes Molekül, weil zwischen den zwei Kohlenstoffen eine Doppelbindung herrscht. Und Oktan kann man halt auch in Butan und Pentan und Kohlenstoff verwandeln. Also es gibt verschiedene Reaktionsmöglichkeiten.

Die Erläuterungen anderer (weniger leistungsstarker Schüler) hingegen sind ungenau oder sogar falsch und somit für den „unwissenden Zuhörer“ schwer verständlich.

Zum Prozess der Reinigung von Erdöl:

Dazu werden Spalter und Süßwasser hinzu gegeben. Daraus folgt, dass das Salz entfließt. Dann wird noch eine Wechsellspannung zugegeben.

Zur fraktionierten Destillation:

... manche Stoffe haben eine geringe Siedetemperatur, wie zum Beispiel Ethan. ... Also steigt dann Ethan hier hoch und irgendwann wird es halt flüssig und fließt dann hier runter und ... ist dann ein gasförmiger Kohlenwasserstoff.

Zur Zusammensetzung von Erdöl:

Erdöl enthält Elemente von Kohlenstoff und Wasserstoff. ... Es besteht aus verschiedenen Kohlenwasserstoffatomen.

Weiterhin wird das Verständnis für die zuhörenden Schüler dadurch erschwert, dass die Ausführungen der Schüler wenig redundant und schnell vorgetragen sind. Die Vermutung, dass die Schüler den Vorträgen wenig entnehmen, wird auch durch die Nachfragen der Schüler bestätigt. So wird durch die Nachfragen zum Teil gefordert, die Hauptinhalte des Vortrags noch einmal zu erklären: „*Was waren Ausgangsstoffe und Produkte der Destillation und wie geht das Verfahren der Destillation?*“ oder „*Was waren Ausgangsstoffe und Produkte des Reforming, des Crackens und des*

Raffinierens?“ Das sind genau die Fragen, die die Schüler durch das Hören der Vorträge beantworten und auf ihrem Arbeitsblatt ergänzen sollten.

Die Auszüge aus den Vorträgen der Schüler zeigen auch, dass es Schülern schwer fällt, sich in adäquater Weise zu chemischen Sachverhalten zu äußern. Die Reproduktion² von Textinhalten gelingt ihnen. Defizite scheinen jedoch in der höchsten Stufe der mündlichen Ausdrucksfähigkeit zu bestehen, auf der Stufe der Konstruktion, auf der eigene Gedanken in angemessener sprachlicher Form dargestellt werden sollen.

These 1.5 *Die selbständige Arbeit in Gruppen erfordert von den Schülern die intensive Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten ihres jeweiligen Gruppenthemas. Darüber hinaus eröffnet sie Möglichkeiten, Sozialkompetenz auszubilden, indem die Schüler miteinander arbeiten und Methodenkompetenz zu entwickeln, wenn Vorträge geplant und gehalten werden.*

These 1.6 *Schülervorträge als Abschluss einer arbeitsteiligen Gruppenarbeitsphase scheinen nur bedingt geeignet, um fachliche Inhalte allen Lernenden verständlich nahe zu bringen.*

7.1.2 Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls

Direkt im Anschluss an die Durchführung der Unterrichtseinheit wurden die Schüler mit einem Fragebogen befragt. Dabei sollen sie in einem offenen Teil die Arbeit der vergangenen Stunden unter folgenden Schwerpunkten reflektieren und bewerten:

- Vergleich des Unterrichts im Unterrichtsmodul mit dem sonst üblichen Chemieunterricht
- positive Aspekte
- negative Aspekte benennen
- Veränderungswünsche
- Was haben sie ihrer Ansicht nach gelernt?

Ergänzend dazu haben die Schüler in einem zweiten, quantitativen Teil des Fragebogens ihre Zustimmung oder Ablehnung zu vorgegeben Aussagen auf einer Ranking-Skala von 1 bis 5 markiert (1: stimme voll zu bis 5: stimme überhaupt nicht zu).

² Wobei die Reproduktion die erste Stufe bei der Entwicklung von Sprechfertigkeiten darstellt. Vgl. RAMPILLON S. 94.

Nach Meinung der Schüler hat sich der Unterricht in Modul 1 **von dem sonstigen Chemieunterricht** hauptsächlich dadurch **unterschieden, wie** sie im Unterricht gearbeitet haben (vgl. Tabelle 7.2). Die Schüler geben in ihren Antworten am häufigsten an, dass sie selbständig gehandelt haben (n=14), dass sie in Gruppen gearbeitet (n=12) und in dem Projekt stärker miteinander gearbeitet und voneinander gelernt haben (n=10). „*Schüler haben Schülern etwas gelernt, nicht der Lehrer; man kann mit anderen zusammenarbeiten (mehr Spaß)*“; „*Der Stoff wird dadurch interessanter und verständlicher*“; „*Man kann sich besser mit einbringen und seine Ideen sagen, weil man länger überlegen kann und genauer.*“

Der Vergleich der Antworten beider Lerngruppen zeigt, dass es für Lerngruppe 1 wichtig ist, miteinander und voneinander zu lernen, während für Lerngruppe 2 stärker im Vordergrund steht, selbständig gearbeitet zu haben. In allen anderen Antwortkategorien sind keine nennenswerten Unterschiede zu verzeichnen.

Weit weniger häufig sind Äußerungen der Schüler dazu, dass der Fokus auf der Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens lag. Dieser Aspekt wird nur von drei Schülern genannt.

	LG 1	LG 2	gesamt
Wir haben selbständiger gearbeitet als sonst.	5	9	14
Ein Unterschied war, dass wir in Gruppen gearbeitet haben.	6	6	12
Wir haben miteinander und voneinander gelernt.	9	1	10
Es wurde thematisiert, wie man mit Texten arbeitet.	2	1	3
Der Unterricht war lockerer, hat mehr Spaß gemacht.	2	1	3
Die Chemie war verständlicher. Weil ich mich intensiv mit einem Thema auseinander gesetzt habe, habe ich es besser verstanden.	1	2	3
keine Kontrolle durch L	-	1	1

Tabelle 7.2: Veränderungen zum sonst üblichen Chemieunterricht

Viele Kategorien, die sich bereits aus der Auswertung der ersten Frage ergeben, finden sich wieder, wenn die Schüler nach **positiven Aspekten des Unterrichts** gefragt werden. Die Antwortkategorien sind in Tabelle 7.3 abgebildet.

Schwerpunkte in den Antworten der Schüler bilden auch hier unterrichtsmethodische Aspekte. Die Schüler erleben es positiv, sich selbständig mit fachlichen Inhalten auseinander zu setzen und dabei weniger durch den Lehrer geführt zu werden, sondern von ihren Mitschülern zu lernen. Die Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens spielt für die Schüler bei der Bewertung des Unterrichts keine Rolle. Sie wird nur von einem Schüler genannt. Auch Unterrichtsinhalte werden von den Schülern nicht angesprochen.

Kategorie: <i>Ich fand den Unterricht gut, weil...</i>	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
... wir selbständiger arbeiten konnten	4	6	10
... wir in Gruppen gearbeitet haben	4	5	9
... wir voneinander bzw. miteinander lernen konnten	4	4	8
... ich Chemie besser verstanden habe/mir besser merke	1	4	5
... es mal eine Abwechslung/mal was anderes war	2	2	4
... man nachfragen konnte, wenn man was nicht verstanden hatte	2	1	3
... der Unterricht lockerer war und mehr Spaß gemacht hat	-	3	3
... wir gelernt haben, wie man mit Texten arbeitet	1	-	1

Tabelle 7.3: Positive Aspekte der Arbeit in Modul 1

Negative Bewertungen der Unterrichtseinheit durch die Schüler sind selten. Tabelle 7.4 zeigt die Kritikpunkte, die angeführt werden.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
Qualität der Vorträge	4	2	6
Vergleich der Ergebnisse fehlte (Vgl. Arbeitsblätter, Kontrolle von Fehlern in Vorträgen)	-	6	6
Arbeitstechnik zu kompliziert/zu zeitintensiv	3	1	4
Gruppeneinteilung	2	2	4

Tabelle 7.4: Negative Aspekte der Arbeit in Modul 1

Schüler beider Lerngruppen kritisieren die Qualität der Schülervorträge. Sie würden „runtergerasselt“ und der „Inhalt war schlecht“. Es fällt auf, dass ausschließlich Schüler der Lerngruppe 2 angeben, dass ihnen der Vergleich der Ergebnisse mit dem Lehrer gefehlt habe.³

Wenige Schüler äußern hier Kritik an der vorgegebenen Technik des verständnisintensiven Lesens. Die Technik sei zu kompliziert und nehme zu viel Zeit in Anspruch.

These 1.7 *Die Schüler bewerten den Unterricht im Modul positiv. Dabei messen sie der Art und Weise des eigenen Handelns große Bedeutung bei. Das positive Erleben des Unterrichtsmoduls wird von den Schülern vorrangig mit der veränderten Unterrichtsmethode und der damit verbundenen größeren Selbständigkeit bei der Arbeit begründet. Unterrichtsinhalte und Arbeitstechniken sind weniger bestimmend.*

Auf die Frage nach Veränderungswünschen gibt die Mehrzahl der Schüler aus Lerngruppe 1 keine Antwort (16 von 21). Das könnte zum einen bedeuten, dass die

³ Die Schüler kritisieren konkret, dass die Ergebnisse nach Ausfüllen der Arbeitsblätter nicht verglichen und Fehler in den Vorträgen nicht kontrolliert worden wären. Dazu ist anzumerken, dass die Arbeitsblätter natürlich im Plenum verglichen und fehlerhafte Aussagen in den Vorträgen durch die Lehrperson korrigiert wurden. Daran können sich die Schüler jedoch anscheinend nicht mehr erinnern.

Lernenden mit dem Unterricht, so wie er organisiert war, zufrieden sind. Andererseits könnte es auch ein Hinweis darauf sein, dass die Schüler den Unterricht weniger kritisch hinterfragen und sich eher mit den gegebenen Bedingungen abfinden als die Schüler in Lerngruppe 2. Schüler der Lerngruppe 2 wünschen sich mehr Feedback durch den Lehrer bzw. eine Systematisierung der Ergebnisse (6 von 19 Schülern).

Die Antworten der Schüler auf die Frage, was sie ihrer Meinung nach in dem Unterricht gelernt hätten, lassen sich in den Kategorien Sachkompetenz (Fachwissen), Methodenkompetenz (in diesem Falle die Technik des verständnisintensiven Lesens) und Sozialkompetenz (die Zusammenarbeit, den Umgang mit Mitschülern) zusammenfassen (Tabelle 7.5).

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
fachliche Inhalte (Sachkompetenz)	14	8	22
die Technik des verständnisintensiven Lesens betreffend (Methodenkompetenz)	8	12	20
den Umgang mit anderen Schülern betreffend (Sozialkompetenz)	5	3	8
es gibt Bereiche in der Chemie, die man verstehen kann	1	-	1
man muss neue Energieträger finden	1	-	1
man kann - wenn auch selten - Spaß an Chemie haben	-	1	1
anderen beizubringen, was wichtig ist	-	1	1
schneller und selbständiger zu arbeiten (Selbstkompetenz)	-	1	1

Tabelle 7.5: Was haben die Schüler ihrer Meinung nach gelernt?

Die Mehrzahl der Schüler gibt an, fachliches Wissen zum Thema Erdöl erworben zu haben. Ebenfalls eine große Anzahl von Schülern hat nach eigener Einschätzung gelernt, wie Texte sinnvoll bearbeitet werden können. Die große Anzahl von Nennungen in diesen Bereichen war zu erwarten, da die Vermittlung fachlicher Inhalte, wie auch die Thematisierung der Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens explizites Ziel dieser Unterrichtseinheit war.

Interessant sind die Antworten, die Schüler darüber hinaus geben: So geben mehrere Schüler an, dass sie gelernt hätten, mit Mitschülern zusammenzuarbeiten und neue Seiten an ihren Mitschülern entdeckt hätten. Das zeigt, dass die Schüler durch den Unterricht auch auf sozialer Ebene erreicht werden.

Vereinzelt nennen Schüler ganz persönliche positive Einsichten, wie z.B.: „*es gibt Bereiche in der Chemie, die man verstehen kann*“; „*man kann – wenn auch selten – Spaß an Chemie haben*“; [ich habe gelernt] „*schneller und selbständiger zu arbeiten*“.

These 1.8 *Aus Sicht der Schüler eröffnet der Unterricht in der durchgeführten Form die Chance, Sach-, Methoden- und Sozialkompetenz zu entwickeln.*

Wesentliche Ergebnisse der Auswertung der offenen Antworten werden auch durch die Auswertung des quantitativen Teils der Schülerbefragung bestätigt (vgl. Abb. 7.3). Die Schüler haben den Unterricht im Projekt als positiv erlebt (These 1.7) und stimmen der Aussage, dass der Chemieunterricht Spaß gemacht habe, mit geringer Streuung zu:⁴

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,00, S = 0,873

Lerngruppe 2: \bar{x} 2,56, S = 0,856

Sie bestätigen weiterhin, dass sie auch in dieser Art des Unterrichts Chemie gelernt hätten:

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,14, S = 0,910

Lerngruppe 2: \bar{x} 2,24, S = 1,091

Die Frage, ob die Schüler bereit sind, bestehende Handlungsmuster zu verändern und die Methode zum verständnisintensiven Lesen auch über das Modul hinaus anwenden würden, muss tendenziell negativ beantwortet werden. Die Schüler stimmen eher der Aussage zu, dass sie Texte in Zukunft so bearbeiten werden, wie sie es bisher getan haben (vgl. These 1.3).

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,36, S = 1,002

Lerngruppe 2: \bar{x} 2,11, S = 1,023

Die Validität dieses Ergebnisses wird dadurch bestätigt, dass die Schüler die Aussage, dass sie in Zukunft Texte so bearbeiten würden, wie auf dem Arbeitsblatt vorgeschlagen, eher ablehnen. Dabei ist die Ablehnung in Lerngruppe 2 stärker ausgeprägt als in Lerngruppe 1.

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,86, S = 1,276

Lerngruppe 2: \bar{x} 3,44, S = 1,149

Auch wenn Lern- und Arbeitstechniken nicht ausschlaggebend für die positive Bewertung des Unterrichts sind, halten es die Schüler für wichtig, im Chemieunterricht neben fachlichen Inhalten auch Lernmethoden zu thematisieren. (Der Aussage „Im Chemieunterricht sollte es nur um Chemie und nicht um Lernmethoden gehen.“ stimmen die Schüler eher nicht zu.)

These 1.9 *Die Schüler halten Lernmethoden für einen wichtigen Bestandteil des Unterrichts, sind aber wenig bereit, sich auf die Anwendung neuer Lern- und Arbeitstechniken einzulassen.*

⁴ \bar{x} : Mittelwerte; S: Standardabweichung

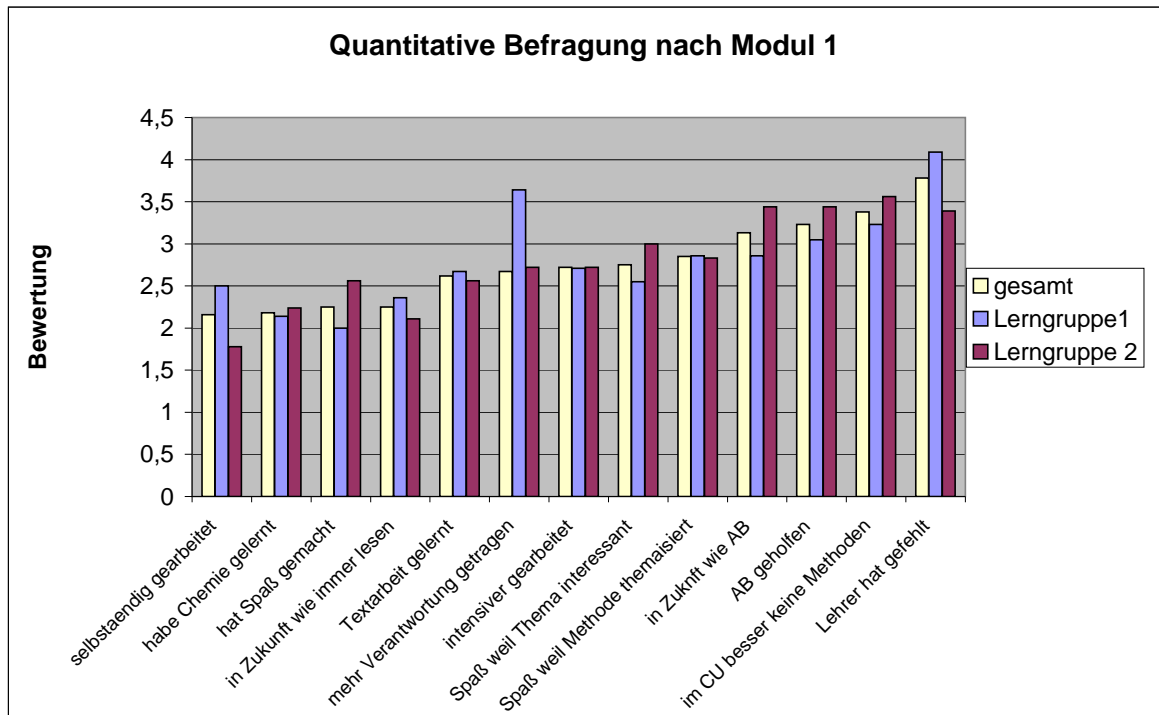


Abbildung 7.3: Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 1

Die Analyse der Antworten der Schüler, die in Abb. 7.3 dargestellt sind, zeigt weiterhin, dass die Schüler beider Lerngruppen insbesondere drei Items, die die Schüler- bzw. Lehrerrolle betreffen, sehr unterschiedlich bewerten:

Die Schüler der Lerngruppe 2 stimmen der Aussage, dass sie selbständiger als sonst im Chemieunterricht gearbeitet haben, stärker zu als die Schüler der Lerngruppe 1. Dem entspricht auch die stärkere Zustimmung zu der Aussage, mehr Verantwortung als sonst im Unterricht übernommen zu haben durch die Schüler der Lerngruppe 2. Weiterhin deuten die Antworten der Schüler, die die Selbständigkeit und größere Verantwortung betonen, darauf hin, dass ihnen die Hilfe und Unterstützung des Lehrers mehr gefehlt hat als den Schülern der Lerngruppe 1.⁵

These 1.10 *In Abhängigkeit von der Lerngruppe werden die veränderten Rollen von Lehrperson und Schülern in offeneren Unterrichtsformen unterschiedlich bewertet. Die Wahrnehmung der eigenen Rolle durch die Schüler wird dabei stark durch den Unterrichtsstil der jeweiligen Lehrperson geprägt, den die Schüler gewohnt sind.*

⁵ Dazu ist anzumerken, dass beide Lerngruppen von verschiedenen Lehrpersonen unterrichtet werden, deren Unterrichtsstil sich selbstverständlich unterscheidet.

7.1.3 Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews

Die Aussagen aus Kapitel 7.1.1 und 7.1.2, die als Thesen formuliert werden, bestätigen sich auch in den Gruppeninterviews. Die Schüler fast aller Gruppen erinnern sich noch an das Vorgehen beim intensiven Lesen und können die Schrittfolge, nach der sie gearbeitet haben, benennen. Das bestätigt, dass die Schüler im Hinblick auf die Arbeitstechnik erreicht werden und zumindest die Reflexion über Lern- und Arbeitstechniken angeregt wird (vgl. These 1.2).

Anders stellt sich die Situation hinsichtlich der Frage dar, ob durch die Unterrichtseinheit tatsächlich etwas am Handeln der Schüler verändert werden kann (Abbildung 7.4).

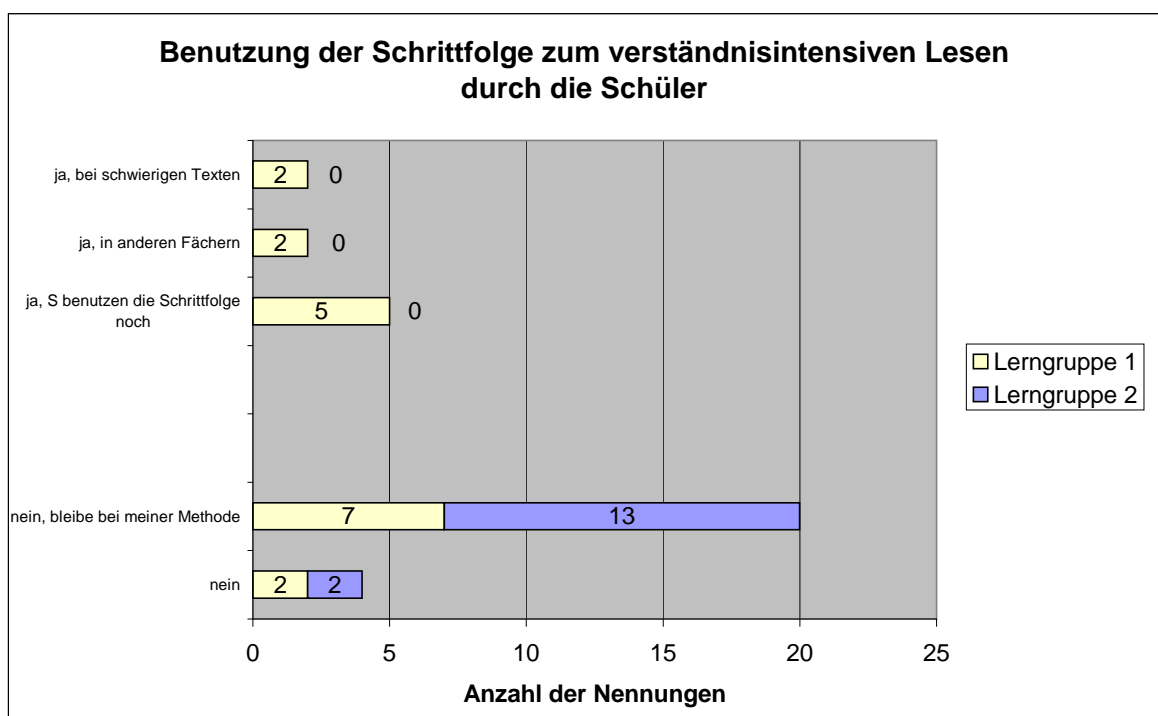


Abbildung 7.4: Angaben zur Anwendung des verständnisintensiven Lesens

Einige Schüler aus Lerngruppe 1 geben an, die Methode noch heute zu benutzen. Die Mehrzahl der Schüler macht dabei keine Einschränkungen, während wenige Schüler angeben, nach dieser Methode nur anspruchsvolle, schwer verständliche Texte zu lesen oder sie in anderen Fächern anzuwenden. Dabei handelt es sich ausschließlich um geisteswissenschaftliche Fächer wie Ethik oder Geschichte. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Arbeit in diesen Fächern häufiger auf Texten beruht. Zum anderen deutet es aber auch auf ein Defizit im Bewusstsein der Schüler bei der Arbeit mit Texten im naturwissenschaftlichen Unterricht hin.

Kein Schüler der Lerngruppe 2 gibt an, auch weiterhin nach der Methode im Unterricht zu arbeiten. Hier bestätigen die Schüler, was die Analyse der Unterrichts-

beobachtung bereits gezeigt hat (vgl. These 1.3): die Schüler behalten überwiegend gewohnte Handlungsmuster bei und arbeiten nach der Methode, die sie bisher angewendet haben. Sie lesen den Text und markieren dabei gleichzeitig relevante Informationen oder machen beim ersten Lesen Notizen.

Folgende Gründe geben die Schüler dafür an, dass sie gewohnte Handlungsmuster beibehalten:

- Im Unterricht steht **nicht ausreichend Zeit** zur Verfügung, um einen Text so intensiv zu bearbeiten (vgl. These 1.1). *„Ich mach das genau wie früher ... Ich schreib mir gleich wichtige Stichpunkte raus, wenn ich was brauche ... Normalerweise hat man auch nicht die Zeit dazu da noch zu unterstreichen, das noch mal und das noch mal.“*
- *„I: Macht ihr das heute manchmal noch so? S: ... Also unterstreichen schon, aber nicht die 5 Schritte ... wir machen halt nur 2 Schritte: einmal lesen und unterstreichen und noch mal lesen, falls wir es nicht verstanden haben. Die Zeit hat man gar nicht.“*
- Wenige Schüler argumentieren mit dem **Lehrplan**: der lasse ihrer Meinung nach nicht genügend Zeit, für die Anwendung dieser Lesetechnik.
- Eine Schülerin gibt an, **das Überfliegen nicht zu beherrschen** und deshalb die Lesetechnik nicht anzuwenden, was darauf hinweist, Lesetechniken auch im naturwissenschaftlichen Unterricht zu üben.

In den Gruppeninterviews – wie auch bereits in der schriftlichen Befragung nach der Unterrichtseinheit – begrüßen es die Schüler, dass Unterrichtsmethoden thematisiert werden (vgl. These 1.9). Sie wünschen sich mehr Zeit für die Auseinandersetzung mit Texten, da sie feststellen konnten, dass sie insbesondere schwierige Texte besser verstehen, wenn sie diese intensiv lesen.

Daneben wünschen sich die Schüler, die Technik des verständnisintensiven Lesens früher als erst in Klassenstufe 9 kennen zu lernen und zu üben. *„Ja, ich finde, das müsste schon in der Grundschule, also wenn du so Texte anfängst zu lesen. [...] Also ich finde, so 2./3. Klasse ist so ein Alter, wo man einfach so Schrittfolgen lernen sollte und nicht 9. Klasse, da ist im Grunde genommen schon alles vorbei. Der Lernprozess ist da schon abgeschlossen.“*

„Also sinnvoll wäre es schon, ... [wenn ich mehr Zeit hätte, Texte zu lesen] würde man aber mehr mitkriegen, so ist es, da rein, da raus ... aber der Lehrplan gibt es halt nicht her.“

These 1.11 *Schüler wünschen sich mehr Zeit, um Texte intensiv zu lesen. Außerdem würden sie es begrüßen, wenn die Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens bereits frühzeitig thematisiert und geübt würde.*

7.1.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Auswertung des ersten Unterrichtsmoduls lassen sich unter drei Kategorien zusammenfassen:

1. Einfluss des Unterrichts auf den Einsatz der Methode des verständnisintensiven Lesens
2. Bedeutung der Unterrichtsmethode im Rahmen der Gesamtkonzeption des Moduls
3. Befunde, aus denen sich Konsequenzen für die Organisation des Unterrichts im folgenden Modul ableiten.

Zu 1: Die Beobachtung sowie die Analyse der Arbeitsergebnisse der Schüler zeigen, dass die Schüler die Technik des verständnisintensiven Lesens nur teilweise umsetzen. Arbeitsschritte, die über gewohnte Handlungsabläufe hinausgehen (wie das Notieren von Fragen an den Text oder das mehrmalige Lesen und entsprechende Markieren des Textes), werden nur von einigen Schülern durchgeführt.

Die schriftliche Befragung wie auch die Gruppeninterviews lassen den Schluss zu, dass die einmalige explizite Thematisierung der Technik des verständnisintensiven Lesens kaum dazu beiträgt, das Verhalten der Schüler zu verändern. Tendenziell werden gewohnte Handlungsmuster beibehalten.

Zu 2: Wie die Ergebnisse zeigen, bewerten die Schüler die Arbeit im Modul ausgesprochen positiv. Diese positive Bewertung begründen die Schüler vor allem mit der Unterrichtsmethode. Mehr noch als Unterrichtsinhalte oder Arbeitstechniken ist für Schüler von Bedeutung, dass sie sich fachliches Wissen selbständig bzw. in Gruppen mit ihren Mitschülern erarbeitet haben. Die Schüler stellen fest und bewerten es positiv, dass dabei neben dem Lernen fachlicher Inhalte auch Lernen im methodischen und sozialen Bereich stattfindet.

Zu 3: Die Beobachtung der Schüler hat gezeigt, dass die Technik des verständnisintensiven Lesens viel Zeit beansprucht. Diese Zeit wird von Lehrkräften häufig unterschätzt und steht den Schülern im Unterricht nicht zur Verfügung.

Mit der Analyse der Aufzeichnungen der Schüler konnte belegt werden, dass Schüler wenige verschiedene Methoden zum Notieren von Informationen anwenden. Das Repertoire der Schüler beschränkt sich auf mehr oder weniger sinnvoll strukturierte Stichpunkte.

Weiterhin bewerten Schüler Vorträge als Mittel zur Präsentation und Vermittlung der Ergebnisse einer Gruppenarbeitsphase kritisch.

Aus den beiden zuletzt genannten Punkten ergibt sich im Sinne der Aktionsforschung Handlungsbedarf für die Planung und Durchführung der folgenden Unterrichtssequenz. Wie bereits in Kapitel 5.3 erläutert, sollen deshalb im zweiten Modul Methoden zur Aufbereitung von Informationen schwerpunktmäßig thematisiert und geübt werden.

Zudem wird der Unterricht als Gruppenpuzzle organisiert, sodass die Ergebnisse der Gruppenarbeit (Expertenrunde) nicht im Plenum vorgetragen werden, sondern in Kleingruppen vorgestellt und gleichzeitig auch zur selbständigen Bearbeitung von Aufgaben herangezogen werden müssen.

7.2 Modul 2: Aufbereitung von Informationen

In diesem Modul steht die Arbeitstechnik des Aufbereitens von Informationen am fachlichen Inhalt „Alkohole“ im Vordergrund. Die Durchführung des Unterrichts erfolgt im Gruppenpuzzle. Ausgehend von der Dokumentation des Unterrichts soll beschrieben werden,

- wie Schüler die geforderten Methoden zur Aufbereitung von Informationen anwenden und wie sie die Methoden im Gruppenpuzzle thematisieren.
- Wie arbeiten Schüler im Gruppenpuzzle? Wie setzen sie sich in der Expertenrunde mit chemischen Inhalten und Arbeitsmethoden auseinander?
- Wie gestaltet sich der Informationsaustausch in der Unterrichtsrunde im Gruppenpuzzle im Vergleich zu den Vorträgen im ersten Modul?

Mit der Auswertung der Fragebögen und der entsprechenden Passagen der Gruppeninterviews sollen Ergebnisse zu folgenden Aspekten beschrieben werden:

- Welche Veränderungen lassen sich im Verhalten der Schüler bei der Anwendung von Methoden zur Aufbereitung von Informationen feststellen? Welchen Einfluss hat die Unterrichtseinheit auf das Methodenrepertoire der Schüler?
- Wie bewerten die Schüler die Arbeit in diesem Unterrichtsmodul? (Wobei auch hier in der Auswertung zwischen fachlichem Inhalt, Arbeitstechnik und Unterrichtsmethode differenziert wird.)

7.2.1 Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials

Die Unterrichtsbeobachtung zeigt, dass die Mehrzahl der Schüler das Arbeitsblatt zum „Lesen von Texten“ aus dem ersten Unterrichtsmodul auf dem Platz liegen

hat, als sie den Text zum Thema „Alkohole“ lesen. Das bedeutet jedoch nicht, dass die Schüler auch nach der Schrittfolge auf dem Arbeitsblatt vorgehen, – wie Tabelle 7.6 zeigt. Fast alle Schüler in Lerngruppe 1 überfliegen den Text zunächst, bevor sie den Text noch einmal lesen und wichtige Informationen markieren. In Lerngruppe 2 hingegen überfliegen nur sehr wenige Schüler den Text. Die Mehrzahl markiert wichtige Informationen schon während des ersten Lesens.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
<i>Benutzung des Arbeitsblattes</i>			
Arbeitsblatt auf dem Platz	6	6	12
Arbeitsblatt auf der Bank	6	10	16
kein Arbeitsblatt	8	3	11
<i>Leseverhalten der Schüler</i>			
Schüler überfliegen den Text	18	4	22
Schüler lesen und markieren gleichzeitig	2	15	17
	<i>N=20</i>	<i>N=19</i>	<i>N=39</i>

Tabelle 7.6: Auswertung des Leseverhaltens der Schüler in Modul 2

Zwei wesentliche Ergebnisse der Auswertung von Unterrichtsmodul 1 werden damit bestätigt:

1. Es ist ein langwieriger Prozess, gewohnte Handlungsmuster von Schülern zu verändern.
2. Im Verhalten beider Lerngruppen gibt es starke Unterschiede, sodass eine differenzierte Betrachtung beider Lerngruppen sinnvoll ist.

Im Hinblick auf den eigentlichen methodischen Fokus dieses Unterrichtsmoduls konnte folgendes beobachtet werden: Die Sammlung von Methoden zur Aufbereitung von Informationen, die die Schüler zu Beginn der Unterrichtseinheit zu einem Zettelmindmap zusammentragen, ergibt folgendes Bild (Abbildung 7.5): Die am häufigsten und von allen Schülern genannten Methoden sind das Formulieren von Stichpunkten neben dem Anfertigen einer Tabelle bzw. eines Diagramms. Etwa die Hälfte der Schüler aus Lerngruppe 1 führt den Zeitstrahl an. Ebenso viele Schüler aus Lerngruppe 2 nennen das Mindmap. Das Fließschema wird nur von 2 Schülern einer Lerngruppe erwähnt, jedoch nicht mit dem Begriff Fließschema oder Flussdiagramm sondern, die Methode wird beschrieben als „so was wo einzelne Schritte in Kästchen mit Pfeilen sind.“ Die Möglichkeit, Informationen in Form von Frage-Antwort-Karten für eine Lernkartei zu notieren, wird von keinem Schüler erwähnt.

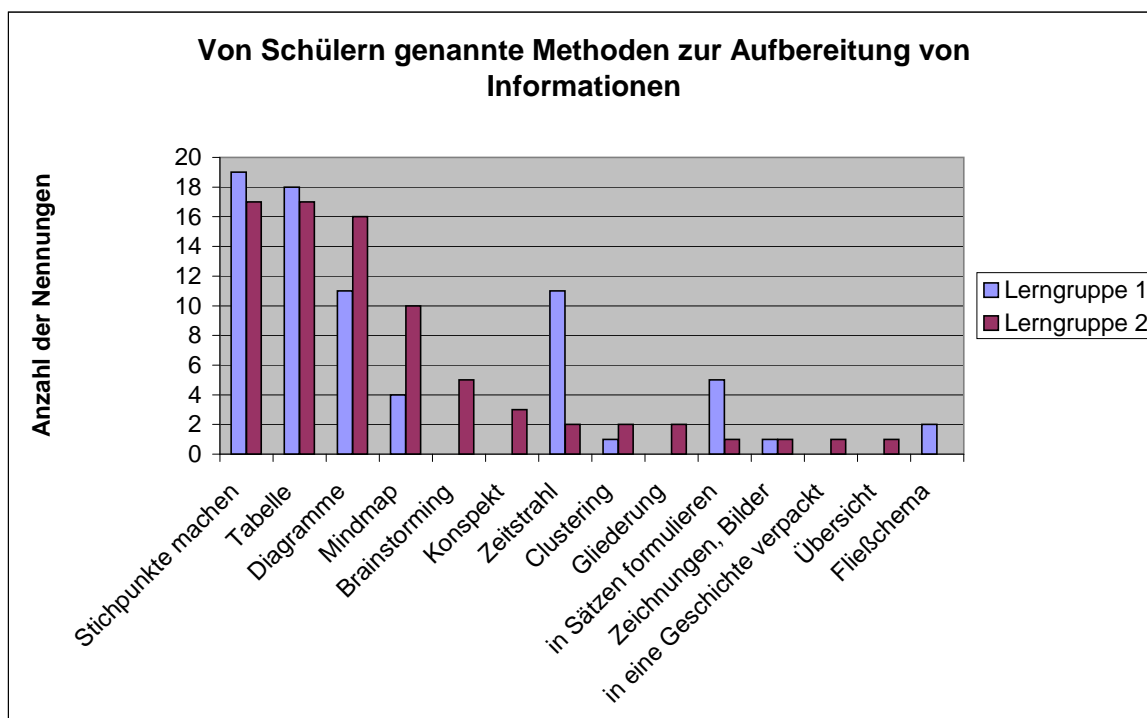


Abbildung 7.5: Auswertung des Zettelmindmaps zu Methoden zur Aufbereitung von Informationen

Auswertung der Fließschemata nach selbständiger Arbeit und Expertenrunde

Die Fließschemata, mit denen die Schüler den Weg „Von der Traube bis zum Wein“ darstellen, zeigen sehr unterschiedliche Qualität. Die Begriffe in den Schemata von Lerngruppe 1 sind mit einer Ausnahme horizontal angeordnet. Drei von vier Schülern formulieren tatsächlich Schlüsselworte, nur ein Schüler Wortgruppen. Eine den Erwartungen angemessene Darstellung des Prozesses der Weinherstellung gelingt nur einem Schüler. In den anderen Fällen sind die Darstellungen weitgehend linear strukturiert. Verzweigungen, um z.B. die Trennung von Most und Trester darzustellen oder die Parallelität der Herstellung von Rotwein aus Maische und der Herstellung von Weiß- oder Roséwein aus dem entsprechenden Most abzubilden, sind bei allen anderen Schülern – auch in Lerngruppe 2 – nicht zu erkennen.

Insgesamt gelingt den Schülern aus Lerngruppe 2 die Entwicklung des Fließschemas weniger gut. Hier stellt nur ein Schüler den Prozess vertikal dar, die anderen entwickeln horizontale Abbildungen, die sich über mehrere Zeilen erstrecken und damit unübersichtlich werden. Kein Schüler beschränkt sich nur auf Schlüsselworte. Fast alle notieren Wortgruppen (die den sonst üblichen Stichpunkten entsprechen), einer sogar Sätze, die dann lediglich eingerahmt bzw. durch Pfeile verbunden werden.

Die Produkte der jeweiligen Expertengruppen sind im Vergleich zu den Produkten der selbständigen Arbeit sehr übersichtlich. Hier ist es den Schülern tatsächlich

	LG 1	LG 2	gesamt
<i>Anordnung der Begriffe</i>			
vertikal	-	3	3
horizontal	3	1	4
als Zeitstrahl	1	1	2
<i>Inhalt der Kästen</i>			
Schlüsselworte	3	-	3
Wortgruppen	1	4	5
Sätze	-	1	1
adäquate Abbildung des Prozesses	1	-	1

Tabelle 7.7: Auswertung der Fließschemata

gelungen, sich auf Schlüsselbegriffe zu beschränken.

Auswertung der Diagramme und Tabellen nach selbständiger Arbeit und Expertenrunde

Die Schüler, deren Text sich mit den Eigenschaften der Alkohole beschäftigt, hatten die Aufgabe, eine Tabelle zu entwerfen, die Name, Strukturformel, Schmelz- und Siedetemperatur sowie Angaben zur Wasserlöslichkeit der Alkanole von Methanol bis Butanol enthält. Weiterhin sollten sie die Änderung der Löslichkeit begründen. Nur etwas mehr als die Hälfte der Schüler hat eine Tabelle entwickelt, die die geforderten Daten in angemessener Weise darstellt und die es erlaubt, Abhängigkeiten der Größen sinnvoll abzulesen. Die Erklärungen der Schüler sind zum Teil sehr kurz gefasst „Die Hydroxylgruppe beeinflusst Alkanole. Mit zunehmender Kettenlänge nimmt der Einfluss der Hydroxylgruppe ab.“ Oder „Der polare Charakter der Hydroxylgruppe verliert bei steigender Kettenlänge seinen Einfluss auf die Polarität des Alkanols.“ Zum Teil fehlen Erklärungen ganz.

Die Diagramme, in denen die Siedetemperatur von Alkanolen und Alkanen im Vergleich dargestellt werden sollen, werden im Wesentlichen richtig erstellt. Lediglich die Achsenbeschriftung ist in wenigen Fällen unvollständig. Die zugehörigen Erklärungen werden auch hier weggelassen oder bleiben oberflächlich: „Zusätzlich zu den van-der-Waals-Kräften gibt es Wasserstoffbrückenbindungen. Man braucht mehr Energie um die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen zu überwinden.“

Der Vergleich der Ergebnisse der Expertenrunde mit denen der eigenständigen Phase ergibt, dass die Schüler sich hier durchgehend auf eine übersichtliche Art der tabellarischen Darstellung und auf die richtige Darstellung im Diagramm geeinigt haben. Auch haben die Schüler umfangreichere fachlich begründete Erklärungen notiert, als in den Ergebnissen der selbständigen Arbeit, wie folgendes Beispiel zeigt:

Alkanole haben eine höhere Siedetemperatur als Alkane, verantwortlich

	LG 1	LG 2	gesamt
<i>Wie wurde die Tabelle angelegt?</i>			
übersichtlich	4	4	8
weitgehend übersichtlich	2	1	3
falsch	1	2	3
<i>Wie/Wurden Erklärungen zur Wasserlöslichkeit formuliert?</i>			
korrekt	1	2	3
oberflächlich	2	4	6
falsch	-	-	-
gar nicht/fehlen	4	1	5
<i>Wie wurde das Diagramm angelegt?</i>			
korrekt	6	2	8
mit unvollständiger/fehlender Achsenbeschriftung	1	2	3
falsch	-	3	3
<i>Wie wurden Erklärungen zu den Siedetemperaturen formuliert?</i>			
korrekt	1	-	1
oberflächlich	3	2	5
falsch	-	-	-
gar nicht/fehlen	3	5	8

Tabelle 7.8: Auswertung der Diagramme und zugehörigen Erklärungen

dafür ist die funktionelle Gruppe (OH-Gruppe). Die Polarität der Hydroxylgruppe führt dazu, dass sich neben den van-der-Waals-Kräften auch noch Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen der Alkanole steigen, somit muss mehr Energie aufgewandt werden, um den Aggregatzustand zu ändern.

Auswertung der Frage-Antwort-Karten nach selbständiger Arbeit und Expertenrunde

Die Auswertung der entwickelten Frage-Antwort-Karten, zeigt, dass es den Schülern gut gelingt, wesentliche Inhalte in ihren Fragenkatalog aufzunehmen. So notieren alle Schüler Fragen nach

- Eigenschaften, Verwendungsmöglichkeiten, der Wirkung von Ethanol
- der Definition des Begriffes „mehrwertige Alkohole“
- Eigenschaften, Verwendung und z. T. Strukturformel von Glycerol
- Eigenschaften und Verwendung von Glykol

Die immer wiederkehrende Frage nach Eigenschaften, Struktur und Verwendung ist dabei sicher auf die Erfahrungen im bisher erlebten Unterricht zurückzuführen. Daneben stellen die Schüler auch Fragen, die aus Sicht eines Chemielehrers weniger

bedeutsam sind, Schüler jedoch zu beeindrucken oder zu interessieren scheinen, wie z.B.

- *Ist Ethanol ein Stoff, der verdaut werden kann?*
- *Wer baut schneller Alkohol ab – Männer oder Frauen?*
- *Wie tötet Ethanol?*
- *Wieviele Menschen kommen bei Autounfällen durch Ethanol ums Leben?*

Über fachliche Aspekte hinaus kann festgestellt werden, dass es einzelnen Schülern schwer fällt, angemessene Fragen sprachlich korrekt zu formulieren. Folgende Fragen deuten darauf hin, dass bei den Schülern Defizite im Gebrauch der Muttersprache bestehen:

- *Zu was eine Wirkung führt Ethanol?*
- *Als was ist Glykol wichtig?*
- *Wie wirkt sich der Genuss von Alkohol speziell auf was für die Zukunft aus?*

Die Ergebnisse der Expertenrunde enthalten im Wesentlichen die Fragen, die die Schüler in der selbständigen Arbeit formuliert haben. Die Abfolge der Fragen in den gemeinsamen Produkten ist logisch, die Fragen sind sprachlich korrekt formuliert und die Antworten umfassend und den jeweiligen Fragen angemessen.

These 2.1 *Die Ergebnisse aller Expertengruppen weisen eine höhere Qualität auf als die der Einzelarbeit. Der Austausch der Schüler in den Gruppen über ihre Arbeitsergebnisse trägt zur Verbesserung der Produkte bei.*

Die Dokumentation und Auswertung der Arbeit in den Expertengruppen basiert auf Tonaufzeichnungen von drei Arbeitsgruppen: Thema 1 Lerngruppe 1; Thema 2 Lerngruppe 1, Thema 3 Lerngruppe 2 sowie der entsprechenden Beobachtung der Schüler. Für alle Gruppen kann die Arbeit folgendermaßen charakterisiert werden:

- Es herrscht eine konstruktive Arbeitsatmosphäre.
- Alle Schüler arbeiten intensiv am Thema der Gruppe.
- Die Schüler arbeiten gleichberechtigt miteinander. Die Gruppendiskussion wird in keiner der Gruppen übermäßig von einem Schüler dominiert.⁶

⁶ Obgleich zu beobachten ist, dass insbesondere in der Gruppe, die Thema 2 bearbeitet, erwartet wird, dass die leistungstärkeren Schüler erklären können, warum sich die Löslichkeit der Alkohole in Wasser mit zunehmender Kettenlänge ändert bzw. warum sich die Siedetemperaturen von Alkanolen und Alkanen unterscheiden.

Im Folgenden wird die Arbeit der einzelnen Expertengruppen differenziert dargestellt. In der Expertengruppe zu Thema 1 diskutieren die Schüler zunächst, **wie** sie das Fließdiagramm gestalten. Die Schüler verständigen sich dabei mit Alltagssprache und Gestik. Der aktive Gebrauch konkreter Formulierungen oder der Fachsprache beschränkt sich auf ein Minimum: „*wir müssen das alles rein bringen. Und dann beginnen wir mit dem und machen das so – so – so – so und so.*“

Die Diskussion über die Darstellungsform vermischt sich auf konstruktive Weise mit der inhaltlichen Diskussion, wenn die Schüler darüber diskutieren, ob die von ihnen gewählte Darstellungsart die Inhalte auch korrekt abbildet. In der weiteren Debatte um **inhaltliche Aspekte** vergleichen die Schüler die Inhalte, die ihnen jeweils wichtig erscheinen.

S1: Und dann hab ich [in meinem Fließschema stehen]: in Kelter ausgepresst.

S2: Ja, hab ich auch.

S3: Und was hab ich da?

Die Schüler ergänzen sich gegenseitig. Unsicherheiten oder Unklarheiten werden in der Gruppe thematisiert und geklärt.

S1: Hier kommt dann der Rotwein hin.

S2: Ist das denn was unterschiedliches?

S1: Ja, da wird Maische vergoren, damit das dann auch rot wird.

Der Lehrer wird zur Klärung fachlicher Unsicherheiten nicht herangezogen. Die Schüler arbeiten weitgehend selbständig. Sie versichern sich nur noch einmal rück, welches Ergebnis sie am Ende der Stunde abgeben sollen.

Die Expertengruppe zu Thema 2 diskutiert zunächst darüber, wie die Tabelle übersichtlich angelegt werden kann. Im Anschluss daran trägt eine Schülerin – unter Berücksichtigung der Ausarbeitungen ihrer Mitschüler – die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.

Die gemeinsame inhaltliche Diskussion setzt wieder ein, als es darum geht, die Veränderung der Wasserlöslichkeit zu erklären. Die Schüler hören einander zu und achten darauf, ob die Aussagen der Mitschüler korrekt sind. Schließlich einigen sie sich auf eine gemeinsame Erklärung, die von dem leistungsstärksten Schüler der Gruppe zusammengefasst wird. „*Der polare Charakter der Hydroxylgruppe verliert bei steigender Kettenlänge seinen Einfluss auf die Polarität des Alkohols.*“ Während der Schüler versucht, das Ergebnis der Diskussion zu formulieren, achten die anderen darauf, dass es auch für weniger leistungsstarke Schüler verständlich bleibt: „*Mach es nicht so kompliziert, sonst versteht es keiner!*“ Darüber, wie das Diagramm erstellt wird und über die Ursache für die unterschiedlichen Siedetemperaturen, diskutieren

die Schüler wieder gemeinsam. Inhaltliche Fragen an die Lehrperson werden auch in dieser Gruppe nicht gestellt.

These 2.2 *Die Schüler diskutieren in der Gruppe intensiv über fachliche Inhalte. Dabei sind die Methoden zur Aufbereitung von Informationen ein Anlass für die Diskussion. Das führt u.a. dazu, dass sich in diesem Modul mehr Schüler intensiv mit chemischen Fragestellungen auseinandersetzen als im Frontalunterricht.*

Der Arbeitsschwerpunkt der Expertengruppe zu Thema 3 ist es, sich auf 10 Fragen zu dem bearbeiteten Text zu einigen. In der Diskussion der Schüler geht es weniger darum, wie die Fragen notiert werden oder wie mit Frage-Antwort-Karten in einer Lernkartei gearbeitet werden kann. Im Mittelpunkt ihrer Diskussion steht, einen Konsens darüber zu finden, welche Fragen gestellt werden. Die Schüler einigen sich schnell auf Fragen nach den Eigenschaften von Ethanol, Glycerol und Glykol. Die Schüler diskutieren nicht nur darüber, welche Fragen sie formulieren, sondern auch, in welcher Reihenfolge sie die Fragen formulieren bzw. welche Informationen in den Katalog aufgenommen werden müssen, um weitere Fragen zu beantworten.

S1: Ich hab dann noch, was das besondere an dem Glycerin ist. Es ist halt 'ne Mehrfachhydroxy . . .

S2: Du musst erstmal erklären, was mehrwertige Alkohole sind!

S3: Ja, aber erst machen wir mal die Stoffe.

Sie diskutieren auch den Begriff „mehrwertige Alkohole“ und kontrollieren im Gespräch miteinander, ob sie den Begriff richtig verstanden haben.

S1: Wir machen erst, was sind mehrwertige Alkohole.

S2: Das sind doch die mit mehreren OH. [Schüler diskutieren darüber, wie sie den Begriff verstanden haben. Eine Schülerin definiert korrekt:]

S3: Alkohole, in deren Molekülen mehr als eine Hydroxylgruppe vorhanden ist.

These 2.3 *Die Gruppe stellt für die Schüler ein Forum dar, in dem sie Unsicherheiten oder Unklarheiten äußern und im Gespräch mit den Mitschülern klären können.*

Die Ergebnisse der Analyse von Tonaufzeichnungen während der Arbeit in den Unterrichtsrunden (je zwei Gruppen pro Lerngruppe) sind in Tabelle 7.9 zusammengefasst. Die Arbeitsaufträge der Gruppen sehen vor, dass die Schüler als „Experten“ (in der Tabelle bezeichnet als Exp 1, 2 bzw. 3)

- die inhaltlichen Ergebnisse ihrer Arbeit vorstellen,
- die jeweilige Methode zum Aufbereiten von Informationen vorstellen,

- die Methode beurteilen und
- Aufgaben gemeinsam beantworten, die z.T. den Expertengruppen zuordenbar und z. T. auch übergreifend sind.

Die Auswertung der Tonaufzeichnungen der Unterrichtsrunde zeigt, dass die fachlichen Inhalte in den Gesprächen der Schüler stark dominieren. Die Schüler verwenden sehr wenig oder gar keine Zeit darauf, die Methode zur Aufbereitung von Informationen vorzustellen oder gar zu bewerten. Nur in einer Gruppe kommentieren die Schüler die Methoden kurz: „Jetzt sollen wir noch die Methode bewerten. – Naja, wenn man es selber gemacht hat, ist es okay, es passt ja nicht alles zu jedem Text.“ Eine Gruppe beachtet diesen ersten Teil des Arbeitsblattes gar nicht und beginnt sofort mit der Beantwortung der Aufgaben.

These 2.4 *Methoden zur Aufbereitung von Informationen spielen im Gespräch der Schüler keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Im Mittelpunkt der Diskussion stehen fachliche Inhalte.*

Die Auseinandersetzung mit den Aufgaben erfolgt in jeder Gruppe unterschiedlich. Die Schüler in Gruppe 1, LG 1 bearbeiten die Aufgaben nacheinander und in der Diskussion miteinander. Sie bringen verschiedene Ideen ein und entwickeln sie weiter, wie folgendes Beispiel zur Erklärung des unterschiedlichen Aggregatzustandes von Ethanol und Ethan zeigt:

S1: Ja, warum ist das so?

S2: Naja, weil die van-der-Waalschen Kräfte hier größer sind.

S3: Na, weil doch die Ethanole die HO-Gruppe ... S1: die OH-Gruppe ... S3: Ja, die OH-Gruppe an dem Alkylrest ...

S2: Also ich würd sagen, weil das polar ist. Das ist halbwegs wie beim Wasser, da ziehen sich die Moleküle untereinander an.

S3: Ja, bei dem Ethanol da gibt es ja noch die Wasserstoffbrückenbindungen. Das ist so ähnlich wie beim Wasser, weil es so polar ist.

S2 an S1 und S4: Habt ihr das verstanden?

In Gruppe 2, LG 1 beschäftigt sich zunächst jeder Schüler selbständig mit den Aufgaben. Dabei werden die Antworten zu den Aufgaben, die den Expertengruppen zuordenbar sind, direkt von den Arbeitsblättern übernommen (abgeschrieben). Wenn Unklarheiten auftreten, stellen die Schüler die Fragen an die Gruppe. Aufgrund des unterschiedlichen Arbeitstempos betreffen die Fragen der Schüler meist unterschiedliche Aufgaben, sodass eine ineffektive, chaotische Arbeitsatmosphäre resultiert. Die Schüler helfen einander, jedoch unstrukturiert und stören sich damit immer wieder bei der selbständigen Arbeit. Erst mit Beantwortung von Aufgabe 6 finden die Schüler zur gemeinsamen Arbeit.

Die Arbeit von Gruppe 1, LG 2 ähnelt der Arbeitsform, in der auch Gruppe 1 von LG 1 arbeitet: Die Schüler bearbeiten gemeinsam, in einheitlichem Tempo eine Aufgabe nach der anderen. Jedoch ist es hier so, dass Ergebnisse nur für die übergreifenden Aufgaben gemeinsam formuliert werden. In den anderen Fällen diktiert der Experte der jeweiligen Gruppe das Ergebnis.

Auch die Schüler von Gruppe 2, LG 2 bearbeiten weitgehend gemeinsam und in gleichem Tempo Aufgabe für Aufgabe. Der Anteil der Diskussion miteinander ist hier etwas geringer, da die Lösungen der Aufgaben, die den Expertengruppen direkt zuzuordnen sind, meist von den Arbeitsblättern der Experten abgeschrieben werden. Die Lösung der übergreifenden Aufgaben wird gemeinsam diskutiert.

These 2.5 *Die Kommunikation in der Unterrichtsrunde wird durch Aufgaben gefördert, deren Beantwortung das Wissen aller oder mehrerer Experten erfordert. Können die Aufgaben den Schwerpunkten einzelner Experten zugeordnet werden, besteht die Gefahr, dass Lösungen nur abgeschrieben werden.*

Inhaltliche Fragen an die Lehrperson werden nur von zwei Gruppen gestellt. Wobei eine Gruppe eine Frage stellt, die in genau dieser Form von der Gruppe selbst beantwortet werden soll. In der anderen Gruppe wird die Lehrperson dazu herangezogen, um in einer bestehenden Uneinigkeit darüber, wie der Geruch von Ethanol korrekt bezeichnet würde, zu schlichten.

Nach Auswertung der Tonaufzeichnungen kann die Unterrichtsrunde im Gruppenpuzzle als eine Situation der Wissensvermittlung wie folgt charakterisiert werden:

- Die Schüler erhalten eine direkte Rückmeldung von ihren Zuhörern.⁷
- Die Schüler, die ihre Ergebnisse vorstellen, achten darauf, dass ihre Mitschüler ihnen folgen und Fachbegriffe verstehen können. Wie folgendes Beispiel zeigt:

Exp 2: Der polare Charakter der Hydroxylgruppe verliert durch steigende Kettenlänge an Einfluss und die Polarität nimmt ab. Wisst ihr, was Polarität ist?

S 2: Nee.

Exp 2: Also Polarität – das Sauerstoffatom hat einen höheren Elektronegativitätswert, dadurch zieht es die gemeinsamen Elektronenpaare stärker an und deshalb entsteht bei der funktionellen Gruppe eine Polarität.

- Die Gruppe ist für die Schüler ein Forum, in dem sie offene Fragen und Unsicherheiten äußern (vgl. These 2.3).

⁷ Die Rückmeldung erfolgt dabei durch Nachfragen, ein kurzes „hm“ oder auch durch Mimik und Gestik.

	LG 1, Gruppe 1	LG 1, Gruppe 2	LG 2, Gruppe 1	LG 2, Gruppe 1
Vorlesen des Arbeitsauftrages	ja	ja	ja	ja
Exp 1: Methode	kurz (1 min)	kurz (30 s)	nein	nein
Exp 1: Inhalt	2 min	2 min	3 min	nein
Exp 2: Methode	nein	nein	nein	nein
Exp 2: Inhalt	2 min: Vortrag / Erklärung	2 min 15 s: Erklärungen mit Nachfrage zu Polarität	11 min: Vortrag / Erklärung	nein
Exp 3: Methode	30 s: Erklärung, wie Kärtchen gemacht werden, nichts zur Arbeit mit Lernkartei	Nennen der Methode „Frage-Antwort-Karten“; ohne Erklärungen	nein	nein
Exp 3: Inhalt	5 min 20 s: Erklärungen; Exp 3 äußert dabei eigene Unsicherheiten, die in Gruppe diskutiert werden	3 min: liest Fragen vor, erwartet die Antwort von Mitschülern; nach Kritik von Mitschülern liest Exp 3 Fragen und zugehörige Antworten vor	4 min 20 s: Vortrag / Erklärungen	nein
Beurteilung der Methode	kurz (45 s)	nein	nein	nein
Beantwortung der Aufgaben	- gemeinsame Arbeit und Diskussion - gemeinsame Einigung auf Lösung - eine Aufgabe nach der anderen	- jeweils selbständige Beantwortung der Aufgaben - bei zuordenbaren Aufgaben wird die Lösung vom jeweiligen Experten abgeschrieben - bei übergreifenden Aufgaben: Fragen an alle Mitschüler; gegenseitige, aber uneffektive, ungeordnete (chaotische) Hilfe	- gemeinsame Arbeit und Diskussion - bei direkt zuordenbaren Aufgaben diktiert der jeweilige Experte die Lösung - bei übergreifenden Aufgaben erfolgt gemeinsame Einigung auf Lösung - eine Aufgabe nach der anderen	- gemeinsame Arbeit - bei zuordenbaren Aufgaben wird die Lösung vom jeweiligen Experten abgeschrieben - bei übergreifenden Aufgaben erfolgt gemeinsame Diskussion und Einigung auf das Ergebnis - eine Aufgabe nach der anderen
Fragen an L	Wie bezeichnet man den Geruch von Ethanol? Aromatisch?	keine	keine	Ist das die richtige Strukturformel von Glykol? Warum lässt sich Glykol mit Wasser mischen?

Tabelle 7.9: Auswertung der Tonaufzeichnungen der Unterrichtsrunde

- Indem Schüler anderen die Ergebnisse ihrer Arbeit erklären, können sie eigene Unsicherheiten feststellen und klären. Eine Schülerin räumt Verständnisschwierigkeiten ein, obwohl sie selbst Expertin für dieses Thema war. Die anderen Gruppenmitglieder helfen ihr, die Fragen zu klären.

Exp 3: Wir sollten die Eigenschaften von Ethanol herausfinden, ... Ethanol ist eine – leicht flüchtige Flüssigkeit – keine Ahnung, was das bedeutet ...

S 2: Also flüchtig, das ist, dass es mit Luftkontakt sehr schnell verdunstet, sehr schnell gasförmig wird.

Oder

Exp 3: Mehrwertige Alkohole sind also Alkohole, deren Moleküle, mehr als eine Hydroxylgruppe im Molekül besitzen. – Ich komm mit dem Satz nicht klar.

S 2: Da sind mehrere OH dran, also an mehreren Stellen, anstelle von H.

These 2.6 *Die Diskussion in der Unterrichtsrunde stellt (im Vergleich zur Präsentation von Ergebnissen im Plenum, wie in Modul 1) eine Situation dar, bei der lehrende und lernende Schüler miteinander interagieren, Rückmeldung einholen bzw. erwarten und darauf reagieren.*

7.2.2 Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls

In der schriftlichen Befragung zum Abschluss der Unterrichtseinheit benennen die Schüler in einem ersten offenen Teil positive und negative Aspekte der Arbeit im Modul sowie Veränderungswünsche. Weiterhin sollen die Schüler mindestens drei mögliche Methoden angeben, mit denen Informationen aus Texten notiert werden können.

Im geschlossenen Teil der Befragung markieren die Schüler ihre Zustimmung oder Ablehnung zu vorgegeben Aussagen auf einer Ranking-Skala von 1 bis 5 (1: stimme voll zu; 5: stimme überhaupt nicht zu).

Die Kategorisierung der Schülerantworten (Tabelle 7.10) zeigt, dass die Ergebnisse der Befragung auch hier differenziert betrachtet werden müssen, da sie sich zwischen den Lerngruppen stark unterscheiden. Die Mehrzahl der Schüler aus Lerngruppe 1 benennt die Gruppenarbeit als einen *positiven Aspekt* (13 Nennungen). Darüber hinaus heben die Schüler hervor, dass sie sich fachliche Inhalte gegenseitig erklären konnten: „Man konnte es individueller erklären, also wenn es jemand nicht so richtig verstanden hatte, hat man gleich einen neben sich, der einem helfen konnte.“

Die Schüler aus Lerngruppe 2 geben am häufigsten an, dass es gut war, dass in einer abschließenden Stunde eine Zusammenfassung mit dem Lehrer erfolgte – ein

Aspekt, der für Lerngruppe 1 ohne Bedeutung ist. In der Häufigkeit der Nennungen folgen dann die selbständige Arbeit sowie Methoden zum Herausarbeiten von Informationen.

In der Gesamtbetrachtung der Antworten der Schüler liegen die Methoden zur Aufbereitung von Informationen, wie auch bereits in Modul 1, hinter Aspekten der methodischen Gestaltung des Unterrichts. Sie werden nur von einer geringen Anzahl von Schülern thematisiert.

Sehr wenige Schüler erwähnen inhaltliche Aspekte, d.h. die fachliche Schwerpunktsetzung scheint für die positive Bewertung des Unterrichts nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Ein Ergebnis, das bei einem so beliebten Thema wie „Alkohole“ überrascht.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
Wir haben selbständig gearbeitet.	4	3	7
Gruppenarbeit	13	1	14
Erklärungen von / mit Mitschülern	6	1	7
Thema	3	1	4
Methoden zum Herausarbeiten von Infos	4	3	7
Stunde am Ende, in der mit dem Lehrer verglichen wurde	-	5	5

Tabelle 7.10: Positive Aspekte der Arbeit in Modul 2

These 2.7 *Die positive Bewertung des Unterrichtsmoduls wird vorwiegend durch die Unterrichtsmethode begründet. Die Thematisierung von Lern- und Arbeitsmethoden wird deutlich seltener zur Begründung herangezogen, fachliche Inhalte sind kaum von Bedeutung.*

Die Mehrzahl der Befragten macht zu *negativen Aspekten* (Was war nicht gut?) keine Angaben (Tabelle 7.11). Das bestätigt den Eindruck, dass auch dieses Modul von den Schülern überwiegend positiv bewertet wird. Im Übrigen sind die Kritikpunkte der Schüler sehr verschieden, sodass sich viele Einzelkategorien mit wenigen Nennungen ergeben. Am häufigsten kritisieren die Schüler organisatorische Aspekte der Gruppenarbeit, wie z.B. die Gruppeneinteilung oder die Zeitvorgaben.

Eine weitere Gruppe von Kategorien betrifft die Organisationsform des Gruppenpuzzles, speziell den Umstand, dass sich die Schüler Inhalte gegenseitig erklären. Hier geben einzelne Schüler an, dass Inhalte durch die Mitschüler nicht richtig erklärt würden und sie deshalb befürchten, fachliche Inhalte weniger gut als im lehrerzentrierten Unterricht zu verstehen. Ein Schüler gibt an, dass er Schwierigkeiten hatte, sein Thema den Mitschülern zu erklären.

Die *Veränderungswünsche* (Tabelle 7.12) beziehen sich weitgehend auf die Aspekte, die unter der vorherigen Frage kritisiert wurden. Insbesondere die Schüler aus

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
keine Angaben	6	4	10
Einzelarbeit	2	-	2
Lautstärke	2	-	2
Organisation der Gruppenarbeit	3	2	5
Zeit	3	-	3
nicht richtig erklärt/verstanden	1	2	3
nicht alles mitbekommen	-	2	2
wenig anschaulich	1	-	1
Methode vorgeschrieben	1	1	2
ich konnte nicht richtig erklären	-	1	1

Tabelle 7.11: Negative Aspekte der Arbeit in Modul 2

Lerngruppe 1 machen Vorschläge zu organisatorischen Veränderungen: die Gruppeneinteilung könne den Schülern überlassen werden, es müsste mehr Zeit zur Verfügung stehen. In den Veränderungsvorschlägen von Lerngruppe 2 findet sich die Tendenz wieder, die sich schon in der Auswertung des ersten Unterrichtsmoduls abzeichnet: Die Schüler wünschen sich eine stärkere Kontrolle durch den Lehrer.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
keine Angaben	13	-	13
mehr Zeit	3	-	3
Organisation der Gruppenarbeit verändern	2	-	2
Material einsetzen, um Anschaulichkeit zu erhöhen	1	1	2
mehr Kontrolle durch die Lehrperson	-	3	3
Experimente durchführen	-	1	1

Tabelle 7.12: Veränderungswünsche für Modul 2

These 2.8 *Starke und einheitliche Tendenzen in der Kritik an Modul 2 sind nicht auszumachen. Je nach Lerngruppe äußern die Schüler Unsicherheiten in der veränderten Schülerrolle (LG 2) oder wünschen sich rein organisatorische Veränderungen (LG 1).*

Bei der Auswertung der *Nennungen von Methoden zum Aufbereiten von Informationen* ist von Interesse, ob Veränderungen im Vergleich zu dem Zettelmindmap zu Beginn des Unterrichtsmoduls ausgemacht werden können und ob es einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Nennungen und der Gruppenzugehörigkeit der Schüler gibt.

Grafik 7.6 stellt dar, wie häufig Methoden zur Aufbereitung von Informationen von den Schülern beider Lerngruppen im Zettelmindmap vor dem Unterrichtsmodul und im Fragebogen danach genannt werden.

Wie auch zu Beginn des Unterrichtsmoduls werden Stichpunkte, Tabelle und Diagramm von den Schülern an erster Stelle genannt, allerdings mit einer geringeren Häufigkeit. Durch das Unterrichtsmodul hinzugekommen bzw. mit stärkerer Häufigkeit vertreten sind Fließschema, Frage-Antwort-Karten, zusammenfassender Text und Gliederung. Damit werden von den Schülern alle Methoden genannt, die sie im Unterrichtsmodul angewendet haben. Das Spektrum der Methoden, die die Schüler nennen, wurde sowohl durch die erprobten Methoden als auch durch andere (zusammenfassender Text, Gliederung) ergänzt.

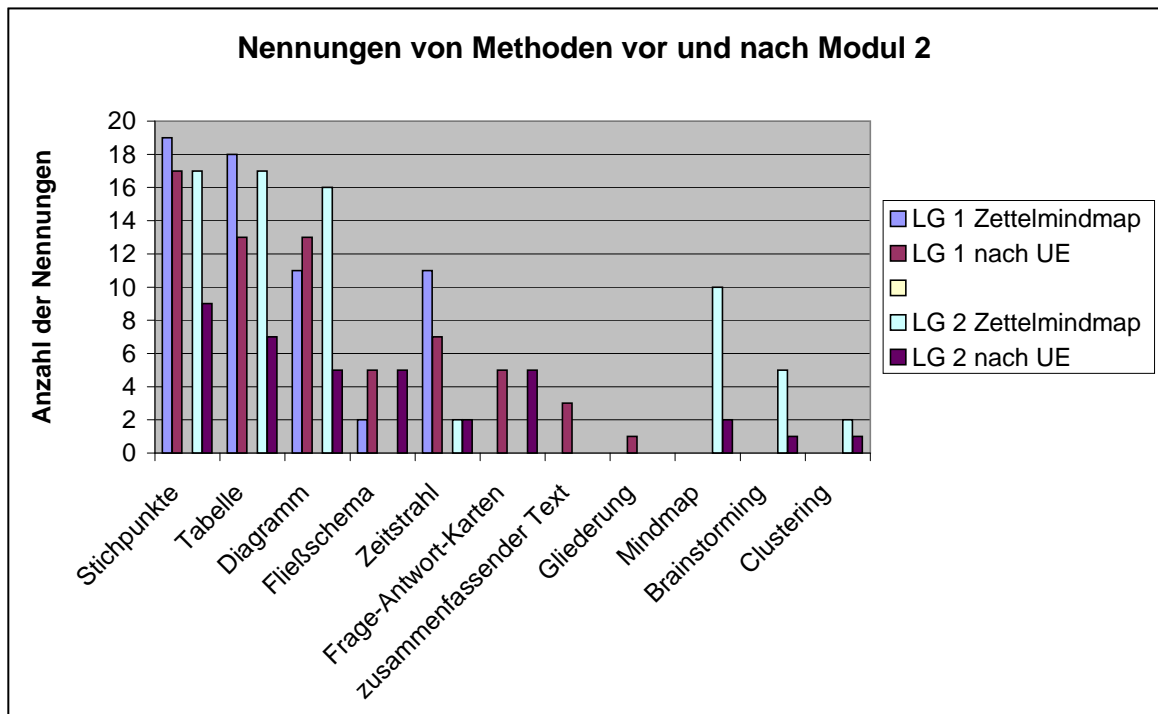


Abbildung 7.6: Angaben zu Methoden zur Aufbereitung von Informationen nach Modul 2

These 2.9 *Das Methodenrepertoire einiger Schüler konnte durch die erprobten Methoden Fließschema und Frage-Antwort-Kärtchen erweitert werden.*

These 2.10 *Die Tatsache, dass Schüler Methoden nennen, die im Modul nicht thematisiert und von den Schülern auch im Zettelmindmap nicht genannt wurden, deutet darauf hin, dass die Schüler nach dem Modul umfassender reflektieren, wie sich Informationen darstellen lassen und selbständig weitere Möglichkeiten finden.*

Weiterhin ist von Interesse, ob ein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit, mit der eine Methode genannt wird und der Gruppenzugehörigkeit besteht. Dazu werden die Antworten der Schüler in Tabelle 7.13 nach Gruppen geordnet dargestellt. Hervorgehoben sind jeweils die Antworten der Schüler, die sich mit der Methode in den Expertengruppen beschäftigt haben.

	<i>LG 1</i>		<i>LG 2</i>	
Stichpunkte	17	Exp 1: 6	9	Exp 1: 2
		Exp 2: 6		Exp 2: 4
		Exp 3: 5		Exp 3: 3
Tabelle	13	Exp 1: 5	7	Exp 1: 2
		Exp 2: 4		Exp 2: 3
		Exp 3: 4		Exp 3: 2
Diagramm	13	Exp 1: 6	5	Exp 1: 2
		Exp 2: 5		Exp 2: 2
		Exp 3: 2		Exp 3: 1
Fließschema	5	Exp 1: 2	5	Exp 1: 1
		Exp 2: 0		Exp 2: 2
		Exp 3: 3		Exp 3: 2
Zeitstrahl	7	Exp 1: 3	2	Exp 1: 1
		Exp 2: 2		Exp 2: 0
		Exp 3: 2		Exp 3: 1
Frage-Antwort-Karten	5	Exp 1: 2	5	Exp 1: 1
		Exp 2: 1		Exp 2: 3
		Exp 3: 2		Exp 3: 1

Tabelle 7.13: Nach Expertengruppen geordnete Angaben zu Methoden der Informationsaufbereitung

Die Auswertung zeigt, dass nur in zwei Fällen (Tabelle, LG 2 und Zeitstrahl, LG 1) die Methode häufiger von den Schülern genannt wird, die sie in der selbständigen Arbeit bzw. in den Expertengruppen anwenden mussten. Es ist also davon auszugehen, dass die Häufigkeit der Nennung einer bestimmten Methode zum Aufbereiten von Informationen nicht mit der Gruppenzugehörigkeit der Schüler zusammenhängt. Die Erwartung, dass die Experten der Gruppe 1 besonders häufig das Fließschema oder den Zeitstrahl, die von Gruppe 2 Diagramm und Tabelle und die von Gruppe 3 Frage-Antwort-Karten nennen, wurde nicht bestätigt.

These 2.11 *Obwohl sich die Schüler in den Expertengruppen mit einzelnen Methoden intensiver beschäftigen, werden diese von ihnen nicht häufiger als von den anderen Schülern auch genannt. Möglicherweise ist bereits der Informationsaustausch in der Unterrichtsrunde (auf Basis der Ergebnisse der Expertenrunde) ein ausreichender Anlass, um Methoden in das Blickfeld aller Schüler zu rücken.*

Die Ergebnisse der Auswertung der offenen Fragen werden auch durch den quantitativen Teil der Befragung bestätigt. Abbildung 7.7 zeigt, dass die Schüler beider Lerngruppen es ausgesprochen positiv bewerten, neben Stichpunkten auch andere Methoden zur Aufbereitung von Informationen kennen zu lernen:

Lerngruppe 1: \bar{x} 1,63; S = 0,684

Lerngruppe 2: \bar{x} 1,4; S = 0,699

Sie stimmen der Aussage, dass der Unterricht Spaß gemacht habe, mit geringer Streuung zu.

Lerngruppe 1: \bar{x} 1,95; S = 0,759

Lerngruppe 2: \bar{x} 1,9; S = 0,738

In den Methoden sehen die Schüler Anregungen, wie sie Informationen aus Texten herausarbeiten können.

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,15; S = 0,933;

Lerngruppe 2: \bar{x} 2,1; S = 1,101

Der Aussage „*Wenn ich in Zukunft mit einem Text arbeite, mache ich auch mal was anderes als Stichpunkte*“ stimmen sie jedoch weniger zu.

Lerngruppe 1: \bar{x} 2,75; S = 1,164

Lerngruppe 2: \bar{x} 2,9; S = 1,197

Nach Ansicht der Schüler wird das Textverständnis nicht wesentlich dadurch unterstützt, dass sie andere Formen der Aufbereitung von Informationen angewandt haben. Sie sind weder der Meinung, den Text intensiver gelesen zu haben, noch stimmen sie eindeutig zu, den Text aufgrund der Methode besser verstanden zu haben. Sie meinen eher, dass sie den Text besser verstehen, weil sie es ihren Mitschülern erklärt haben.

These 2.12 *Das Verständnis chemischer Sachverhalte wird aus Sicht der Schüler eher durch die Unterrichtsmethode, also dadurch **wie** sie arbeiten, bestimmt. Arbeitstechniken (wie Methoden zur Aufbereitung von Informationen) beeinflussen das Verstehen von Chemie nach Meinung der Schüler weniger.*

Unterschiede zwischen den Lerngruppen zeigen sich bei Items, die die veränderte Schüler- bzw. Lehrerrolle betreffen. Während die Schüler aus LG 1 der Aussage, dass sie die Chemie besser verstanden hätten, weil sie es anderen erklärt haben, eindeutig zustimmen (\bar{x} 1,63; S = 0,684), fällt die Zustimmung bei Schülern der LG 2 weniger deutlich aus (\bar{x} 2,3; S = 1,337). Dieses Ergebnis wird dadurch ergänzt und bestätigt, dass die Schüler aus LG 2 den Aussagen „*Ich verstehe Chemie besser, wenn der Lehrer alles erklärt, als wenn ich es selbst erarbeiten muss.*“ bzw. „*Ich verstehe Chemie besser, wenn es der Lehrer erklärt, als wenn es mir ein Mitschüler erklärt.*“ stärker zustimmen als die Schüler aus Lerngruppe 1. So zeigt sich hier – wie auch bereits in der Auswertung von Modul 1 – welches unterschiedliches Rollenverständnis in beiden Lerngruppen herrscht. These 1.10 wird bestätigt.

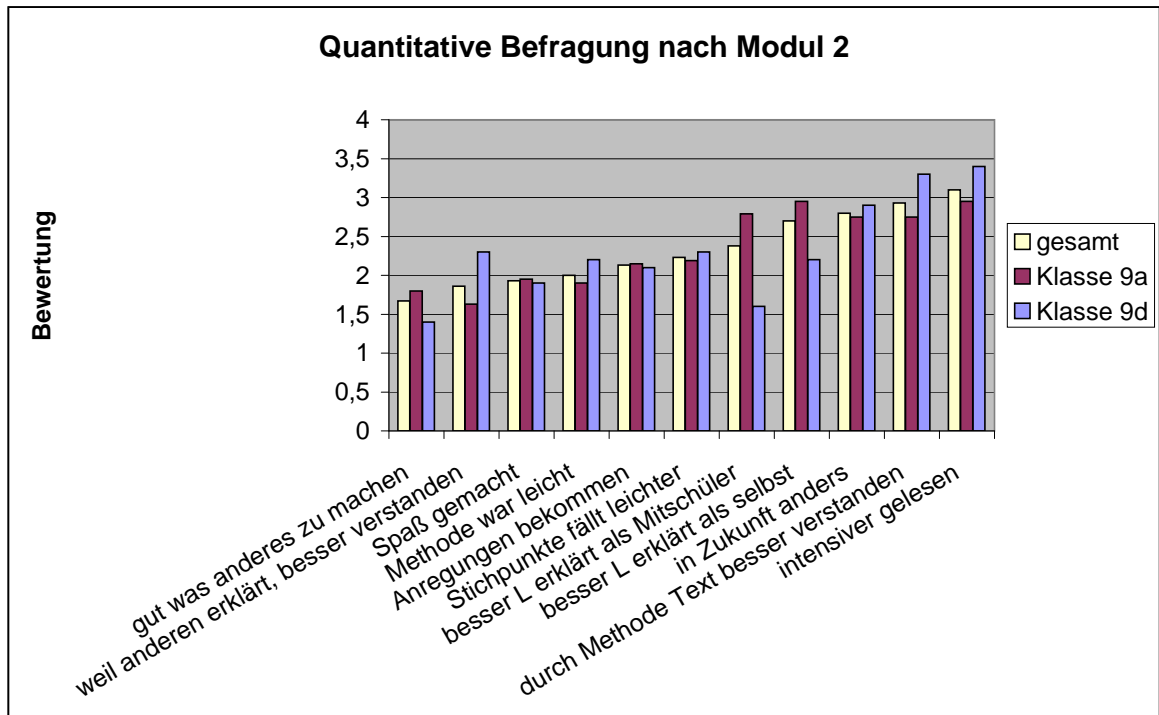


Abbildung 7.7: Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 2

7.2.3 Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews

Acht Monate nach Durchführung des Unterrichtsmoduls wurden die Schüler in Gruppen interviewt. Dabei beantworteten sie im Hinblick auf dieses Unterrichtsmodul folgende Fragen:

- An welche Methoden, Informationen aus Texten aufzubereiten, erinnern sich die Schüler?
- Nutzen sie diese Methoden heute noch? Warum bzw. warum nicht?
- Wie sind sie bei der Arbeit vorgegangen? (Erinnerung an die Unterrichtsmethode)
- Woran erinnern sich die Schüler aus inhaltlicher Sicht?
- Wie bewerten die Schüler die Arbeit in diesem Unterrichtsmodul? (Welche Aspekte spielen dabei eine Rolle?)

Auch nach längerer Zeit erinnern sich die Schüler noch an alle Arbeitsmethoden, die in dem Unterrichtsmodul thematisiert wurden (Tabelle 7.14). Darüber hinaus nennen sie auch Mindmap, Clustering und Grafiken – Methoden, die im Modul nur durch das Zettelmindmap thematisiert wurden. Besonders häufig werden das

Fließschema und die Frage-Antwort-Karten genannt. Das Diagramm als typische Methode, naturwissenschaftliche Zusammenhänge darzustellen, wird kaum genannt.

Methode	Anzahl der Nennungen
Fließschema	7
Frage-Antwort-Karten	7
Tabelle	5
Stichpunkte	4
Diagramm	2
Zeitstrahl	2
Mindmap	1
Clustering	1
Grafiken	1
Zettel-Mindmap (im Plenum)	1

Tabelle 7.14: Erinnerungen der Schüler

Auf die Frage, welche dieser Methoden die Schüler ihrer Meinung nach bei der Arbeit mit Texten im Unterricht nach der Durchführung des Moduls anwenden, wird die „Tabelle“ mit 10 Nennungen am häufigsten genannt, gefolgt von „Stichpunkten“ (8), „Fließschema“ und „Mindmap“ (je 3); „Diagramm“ (2) und „Zeitstrahl“ (1). Dabei fällt auf, dass die Methode des Mindmapping von den Schülern genannt wird, obwohl sie im Unterrichtsmodul nicht geübt wurde. Diese Methode wenden die Schüler demzufolge aufgrund des bereits entwickelten Methodenrepertoires an. Berücksichtigt man, dass das Mindmapping-Verfahren erst seit wenigen Jahren diskutiert und angewendet wird, so zeigen die Antworten der Schüler, dass bestehende Handlungsmuster durchaus verändert werden können. Schüler wenden neue Methoden an, wenn deren Anwendung beständig gefordert und geübt wird.

Die Frage, inwieweit das Verhalten der Schüler durch das Unterrichtsmodul verändert werden konnte, soll im Folgenden thematisiert werden. Die Antworten der Schüler zu diesem Aspekt lassen sich drei Kategorien zuordnen:

1. Das Projekt ändert mich im Hinblick auf die Arbeitstechniken, die ich anwende, nicht mehr.
2. Ich wurde zum Nachdenken angeregt, jetzt entscheide ich mich bewusster oder begründet für eine Methode.
3. Ich arbeite jetzt anders mit Texten.

Die genannten Kategorien lassen sich durch Schülerantworten belegen, die in Tabelle 7.15 dargestellt sind.

1: Das Projekt ändert mich im Hinblick auf Arbeitstechniken nicht mehr	2: Ich wurde zum Nachdenken angeregt	3: Ich arbeite jetzt anders mit Texten
Sa2: Also so in der Situation, wenn man einen Text kriegt, dann denke ich zum Beispiel kaum dran, was ich anders machen kann, dann mach ich halt die Stichpunkte. So richtig ändert das Projekt einen da eigentlich nicht mehr.	Sa1: Ich denke mal, durch das Chemie-Projekt macht man das halt bewusster. Da hat man halt noch mal mehr kennen gelernt, was wir davor schon alles gemacht hatten.	Jd1: Ich hab auch teilweise jetzt mal Tabellen gemacht, wo ich einen Text gelesen hab und gedacht habe, da ist ne Tabelle gut, da hab ich auch mal eine Tabelle gemacht. Cd1: Wo sich's anbietet halt. Md1: So gerade bei Zuordnungen halt.
	Sa3: Na ich glaub auch jeder hat schon mal ungefähr so was gemacht oder kannte das schon, aber hat es nur nicht so richtig angewendet. Sa3: Aber wenn man dann weiß, wo was besser ist, wann ich nun am besten ein Diagramm benutze oder wann Stichpunkte oder wann ne Tabelle, ich wusste jedenfalls nicht bei welchem Weg was besser wäre, aber jetzt weiß ich's.	
Sd4. Nee, da denk ich eigentlich nicht mehr dran zurück. Sa43: Ich hab von Anfang an mit Stichpunkten gearbeitet und ich komm damit am besten zurecht. Ich schreib mir halt nacheinander alles raus, was drinne steht und dann ordne ich das.	Sa41: Naja, ich denke mal, so bewusst hat man das [Mindmap, Tabelle] nicht gemacht. Du hast es zwar schon irgendwo gemacht, aber so ganz bewusst gewusst, was de jetzt machst, haste nicht, aber gemacht schon.	
	Sd2: Es ist schon so, dass man Anregungen gekriegt hat, wie man anders lernen kann, jetzt mit den Karten und so, ich mein, das hat man schon mal gemacht und da hat man halt gesagt, na ja, das kann ich auch so lernen, wenn es halt da steht, aber man merkt schon, wenn man das halt so macht, dass es dann einfacher geht, also bei mir.	

Tabelle 7.15: Schülerantworten zu Veränderungen in ihrem Verhalten

Die Antworten der Schüler machen deutlich, dass die Anwendung von Methoden zur Aufbereitung von Informationen stärker in das Bewusstsein der Schüler gerückt ist. Die Schüler geben an,

- dass sie sich bewusster für eine Methode entscheiden,
- dass sie gelernt haben, welche Methode sich wofür gut eignet und
- dass es, „*wenn man das halt so macht, dass es dann einfacher geht*“.

These 2.13 *Das Handeln der Schüler wird durch das Unterrichtsmodul nicht grundlegend verändert. Dennoch wird zumindest die Reflexion über Lern- und Arbeitsmethoden initiiert.*

Die Schüler benennen Gründe dafür, dass sich an ihrem Verhalten wenig ändert: Es ist zu spät, Arbeitsmethoden in Klasse 9 zu thematisieren, da die Schüler bis dahin bereits ihre eigene Methode entwickelt hätten.

Ich denke, das hätte eher in den jüngeren Klassen sein müssen, dass man da sagt, okay, jetzt machen wir mal ein Brainstorming oder ein Fließschema, ne Tabelle, Zeitstrahl und jetzt nur Stichpunkte. Ich denke mal jetzt ist es ein bisschen sinnlos, also nicht sinnlos, aber zu spät.

Ich finde auch, dass man das ein bisschen eher lernen sollte, weil irgendwie mit den Diagrammen da komm ich nicht so richtig klar, also selber, fände ich besser, wenn wir das schon mal irgendwann gemacht hätten. ... in der 5. Klasse heißt es, ja macht mal irgendwie und dann so kurz vor Schluss sagen sie, ja, so könnt ihr's auch mal machen. Das wäre vielleicht noch besser, macht es so.

Der Fokus im Unterricht liegt häufig ausschließlich auf fachlichen Inhalten, wobei Lern- und Arbeitsmethoden zu wenig berücksichtigt werden. In der Diskussion darüber, ob es sinnvoll wäre, wenn Lehrer von Schülern die Anwendung von Methoden fordern würden, stellen die Schüler fest:

S 1: ... meist kriegt man ja vom Lehrer vorgegeben: arbeitet das oder das aus dem Text raus.

*I: Aber es wird nicht vorgegeben, **wie** ihr's rausarbeiten sollt?*

S 2: Ja, das ist wahr, aber man kriegt auf jeden Fall ne Aufgabe vorgegeben, dass man das oder das rauszufinden hat und dann soll man sich halt einen Kopf machen, wie man das nun mit dem Text da zustande kriegt.

Ein zweiter Teil des Interviews fokussiert auf die *Erinnerung und Bewertung der Unterrichtsmethode* durch die Schüler. Die Erinnerungen der Schüler an verschiedene Phasen der Arbeit sind in Tabelle 7.16 abgebildet. Alle Schüler geben in den Interviews an, dass sie in Gruppen gearbeitet haben. Ebenso erinnern sich nahezu alle Interviewgruppen daran, dass sie sich fachliche Inhalte gegenseitig erklärt

Gruppe	Einzelarbeit	Expertenrunde	Schulrunde	Systematisierung
LG 1.1	keine Angaben	ja	keine Angaben	keine Angaben
LG 1.2	ja	zum Teil	ja	keine Angaben
LG 1.3	keine Angaben	ja	ja	keine Angaben
LG 1.4	ja	ja	ja	keine Angaben
LG 2.1	ja	ja	ja	keine Angaben
LG 2.2	keine Angaben	keine Angaben	ja	keine Angaben; Kritik, dass Kontrolle durch L fehlte
LG 2.3	keine Angaben	ja	ja	keine Angaben; Kritik, dass Festigung durch L fehlte
LG 2.4	keine Angaben	ja	ja	keine Angaben

Tabelle 7.16: Erinnerungen an Unterrichtsmethode

haben. Die selbständige Arbeit wird von nur drei Interviewgruppen erinnert. Die systematisierende Stunde spielt in der Diskussion der Schüler keine Rolle.

These 2.14 *Die Gruppenarbeit bestimmt die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schüler wesentlich. (Damit bestätigen sich die Tendenzen, die sich bereits in der schriftlichen Befragung angedeutet haben.)*

Die Arbeit im Unterricht, der als Gruppenpuzzle organisiert ist, wird von den Schülern durchgehend positiv bewertet. Die Schüler führen dafür folgende Argumente an:

1. Übernahme von mehr Verantwortung

Ich fand das gut, weil dann eben einer, der zu dem Thema am besten Bescheid wusste, dass der alleine in so einer Gruppe war, weil der dann im Prinzip gezwungen war, das alles zu vermitteln.

2. Gewinn an Selbstsicherheit

Man wird auch selber sicherer, finde ich ... man weiß dann, die warten da drauf, ja, jetzt musst du mir das erzählen, da sitzt de da, hm, man muss sich richtig einen Kopf machen, ja, jetzt muss ich denen das jetzt sagen.

3. Bewusstwerden der eigenen Fähigkeiten

Na und so konnte man auch gleich testen, ob man es selbst verstanden hat oder wie viel halt hängen geblieben ist. Das war eigentlich ganz gut.

4. besseres Verständnis

S 1: Schon, wenn es Schüler, also Gleichaltrige erklären, ist es was anderes als wenn der Lehrer da vorne von irgendwas faselt, wovon man keinen Plan hat.

S 2: Weil es ja auch meistens so ist, wenn der Lehrer das einem noch mal erklärt, der erklärt es dann immer auf die selbe Art wie er es vorher erklärt hat und auf die Weise hat man es eben nicht verstanden.

S 3: Das war auch schön, weil man das dann auch irgendwie selber verarbeitet hat. ... Das war, wo wir das in der richtigen Gruppe gemacht haben, noch nicht so richtig einleuchtend gewesen, und wo ich das den anderen dann erzählt habe, da hab ich das immer mehr verarbeitet und immer mehr verstanden.

5. Erhöhung der eigenen Aktivität und der Intensität bei der Auseinandersetzung mit chemischen Sachverhalten

S1: Mir hat es besser gefallen als die Präsentation. Aus der Präsentation hab ich nicht so viel mitgenommen wie aus den Gruppen mit dem Arbeitsblatt ... weil man das, was man hat, gleich auf die Aufgaben beantworten musste.

S2: Ja, du hast was zu tun und nicht wie beim Vortrag, wo du einfach da sitzt und dich berieseln lässt.

6. Soziale Aspekte

S1: Auf irgendeine Art und Weise ist eben das soziale Umfeld von Gruppenarbeit gut, dass halt die Außenseiter integriert werden.

Die von den Schülern angeführten Argumente belegen, dass durch die Arbeit im Gruppenpuzzle ein Kompetenzgewinn in verschiedenen Bereichen erreicht werden kann. Die Argumente lassen sich Kompetenzbereichen zuordnen, die u.a. auch durch das Thüringer Kompetenzmodell beschrieben werden. So tragen 1) bis 3) zur Ausbildung von Selbstkompetenz bei. 4) und 5) sind eng mit der Entwicklung von Sachkompetenz verbunden. Für die Entwicklung von Sozialkompetenz sprechen die Argumente 2) und 6).

These 2.15 *Die Arbeit im Gruppenpuzzle trägt zur Entwicklung von Kompetenzen in verschiedenen Bereichen bei.*

Negative Aspekte und Befürchtungen für die Arbeit im Gruppenpuzzle werden von den Schülern durchweg hypothetisch formuliert, z.B. „wenn man dann jemanden hat, der das selber nicht so richtig verstanden hat, von dem das dann so erklärt zu kriegen, da ist die Chance, dass man's versteht gleich null.“ Alle positiven Aspekte hingegen schildern, was die Schüler tatsächlich erlebt haben. Es kann also davon ausgegangen werden, dass es sich bei den negativen Aspekten um theoretische Befürchtungen handelt, die die Schüler als solche nicht erfahren haben.

7.2.4 Zusammenfassung

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der Auswertung dieses Unterrichtsmoduls drei Bereichen zuordnen:

1. Effekte, die damit verbunden sind, dass Techniken der Aufbereitung von Informationen im Unterricht thematisiert werden
2. Bedeutung der Methode „Gruppenpuzzle“ im Gesamtdesign des Moduls
3. Ergebnisse, die aus methodischen Veränderungen in Konsequenz von Modul 1 resultieren

Zu 1: Die Beobachtung der Schüler wie auch die Auswertung der Tonaufzeichnungen zeigen, dass Schüler sich intensiv mit fachlichen Inhalten auseinandersetzen, wenn neben fachlichem Wissen auch Methoden zur Aufbereitung von Informationen zum Unterrichtsinhalt werden. Dabei bleiben fachliche Themen in der Diskussion der Schüler dominierend, während die Schüler der Diskussion von Methoden wenig Zeit einräumen. Die Aufgabe, einen fachlichen Inhalt durch eine bestimmte Methode aufzubereiten, stellt eine Gesprächssituation dar, die die Verständigung über fachliche Inhalte zwingend erfordert.

Durch das Unterrichtsmodul wird das Methodenrepertoire weniger Schüler erweitert. Das Handeln der Schüler kann durch den Unterricht im Modul nicht grundlegend verändert werden. Das Anfertigen von Stichpunkten, das Erstellen einer Tabelle oder eines Diagramms bleiben aus Sicht der Schüler nach wie vor wesentliche Methoden im Umgang mit Informationen. Wie sich bereits in der Auswertung von Modul 1 angedeutet hat, ist es schwierig, bereits entwickelte Handlungsmuster von Schülern zu verändern, indem Methoden einmalig thematisiert werden.

Vorrangig trägt das Unterrichtsmodul jedoch dazu bei, dass die Reflexion möglicher Methoden zur Aufbereitung von Informationen initiiert und vertieft wird.

Zu 2: Die Arbeit in Gruppen ist ein bestimmender Faktor bei der Bewertung des Unterrichts durch die Schüler. Ähnlich wie in Modul 1 wird das positive Erleben des Unterrichts im Modul damit begründet, dass die Schüler in Gruppen arbeiten konnten.

Die Schüler geben an, die chemischen Inhalte besser verstanden zu haben. Diesen Effekt führen sie eher auf die Arbeit im Gruppenpuzzle als auf die Methoden zur Aufbereitung von Informationen zurück. Bestätigt wird dieses Ergebnis durch die Auswertung weiterer Daten (Analyse von Beobachtung, Tonaufzeichnungen und Arbeitsergebnissen der Schüler): Wenn Schüler die Ergebnisse ihrer Arbeit kommunizieren müssen, erfordert das, dass sich alle Schüler intensiv mit den Unterrichtsinhalten auseinandersetzen und trägt gleichzeitig zur Verbesserung der Arbeitsergebnisse bei.

Zu 3: Die Arbeit in kleinen Diskussionsgruppen bietet Vorteile im Vergleich zur Arbeit im Plenum, wie im lehrerzentrierten Unterricht oder in der Präsentation von Ergebnissen einer Gruppenarbeitsphase vor der gesamten Klasse. Die Schüler können intensiver miteinander interagieren. Von „lehrenden Schülern“ verlangt das, fachliche Inhalte verständlich darzustellen und auf Nachfragen oder Verständnisprobleme ihrer Mitschüler zu reagieren.

Sowohl lernende als auch lehrende Schüler erleben die Gruppe als ein Forum, in dem sie Unsicherheiten äußern und Nachfragen ohne Bedenken stellen können.

7.3 Modul 3:

Das naturwissenschaftliche Experiment

Die ersten Unterrichtsstunden dieses Moduls dienen primär der Einführung der Schüler in die Thematik und der Entwicklung einer wissenschaftlichen Fragestellung für die Durchführung eines Versuches. Sie sind vorwiegend lehrerzentriert organisiert. In den darauffolgenden Stunden arbeiten die Schüler selbständig daran, einen Versuch zu entwickeln und durchzuführen, mit dem sich untersucht lässt, wie das Gähverhalten von Hefeteig durch die Zugabe von Panosorb und Sorbinsäure beeinflusst wird. Bei der Auswertung dieses Moduls wird nur der Unterricht berücksichtigt, in dem die Schüler den Arbeitsauftrag zur Planung des Experimentes bearbeiten und (unter Berücksichtigung des Materials „Das naturwissenschaftliche Experiment“ bzw. „Das Protokoll“) selbständig einen Versuch vorbereiten, durchführen und auswerten. Um zu beschreiben, wie die Schüler bei der Planung, Durchführung und Auswertung des Versuches vorgehen, werden die Tonaufzeichnungen der Arbeit von je zwei Arbeitsgruppen aus Lerngruppe 1 und 2 während der Phase der Planung der Experimente, die Nutzung der Lernhilfen durch die Schüler sowie die Protokolle, die die Schüler erstellt haben, analysiert. Dabei sind folgende Fragen von Interesse:

- Welche Möglichkeiten eröffnet die selbständige Planung von Versuchen?
- Welche Probleme ergeben sich für die Schüler bei der selbständigen Planung?
- In welcher Ausprägung finden sich typische Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens im Vorgehen der Schüler wieder?

Im Ergebnis der Auswertung des Schülerfragebogens im Anschluss an das Modul sowie der Analyse der Gruppeninterviews werden Aussagen darüber abgeleitet, wie Schüler den Unterricht im Modul bewerten und ob bzw. welche nachhaltigeren Effekte auf das Schülerhandeln verzeichnet werden können.

7.3.1 Analyse der Unterrichtsbeobachtung und des Schülermaterials

Auswertung der Tonaufzeichnungen während der Planung der Experimente

Den Schülern aller Arbeitsgruppen wird innerhalb weniger Minuten nachdem sie den Arbeitsauftrag erfasst haben klar, wie der Versuch prinzipiell zu organisieren ist: „*Da müssen wir doch im Grunde genommen puren Hefeteig, also Hefeteig ohne irgendwas, dann Hefeteig mit Sorbinsäure und dann noch Panosorb*“ oder „*Wir müssen mehrere Teige backen. Wir brauchen ja einen ohne, einen mit Sorbin und einen mit diesem Panosorb.*“

In der zweiten Phase der Arbeit beschäftigen sich die Gruppen mit der Feinplanung des Versuches, wobei sie in der Gruppe eine konkrete Versuchsanleitung entwickeln. In dieser Phase werden *Probleme*, die sich für die Schüler ergeben sowie die *Chancen*, die diese Art des Arbeitens eröffnet, deutlich.

Es lässt sich beobachten, dass die Schüler viel Zeit brauchen, um einen Versuch im Detail zu entwickeln. Während die Gruppen nach etwa 2 bis 5 Minuten das grundlegende Ziel des Versuches formulieren, brauchen sie etwa 25 bis 30 Minuten bis sie sich auf die Einzelheiten der Durchführung einigen und eine entsprechende Anleitung formulieren.

These 3.1 *Schüler brauchen ausreichend Zeit, um die detaillierte Durchführung eines Versuches zu verstehen.*

Weiterhin wird deutlich, dass **typisch chemische Techniken naturwissenschaftlichen Arbeitens nicht zum aktiv einsetzbaren Handlungsrepertoire der Schüler gehören**. Es mangelt den Schülern an der Erfahrung, geeignete Geräte aus eigener Entscheidung zweckbestimmt einzusetzen. Die Frage wann, aber vor allem wie das Teigvolumen bestimmt werden kann, stellt für die Arbeitsgruppen ein großes Problem dar, wie folgende Interviewausschnitte belegen:

Gruppe 1

S 1: Nach dem Gehen müssen wir sehen, wie sich das Volumen verändert hat. Da müssen wir dann den Umfang messen – einmal quer und einmal breit mit einem Maßband.

S 2: Man müsste gleich große Gefäße nehmen und dann gucken, ob die Proben hoch gehen.

S 3: Die müssen dann aber ein bisschen größer sein.

S 1: Na, dann bringen wir drei gleich große und eine große Schüssel mit

S 2: Hm, aber es gibt ja auch Bechergläser.

Gruppe 2

S 1: Und wie macht man das [dass man das Volumen bestimmt]? Wiegen tun wir's ja auch nicht. Wie macht man das?

S 2: Keine Ahnung, mit Wasserverdrängung.

L schlägt vor, den Schülern geeignete Gefäße (Messzylinder, Bechergläser) zu zeigen.

Die Schüler bleiben bei dem Gedanken der Wasserverdrängung oder „den Teig reinzustopfen“.

Eine Schülerin wirft ein, dass man das Volumen doch nicht vorher bestimmen müsse, interessant sei doch das Endergebnis. Die Schülerin scheint weiter davon auszugehen, dass der Teig NACH dem Gehen in das Gefäß zum Volumen messen „gestopft“ wird, denn sie befürchtet (zu Recht), dass der Teig wieder kleiner wird, wenn er nach dem Gehen in einen Messzylinder oder ein Becherglas überführt wird.

„Du kannst doch nicht vorher das Volumen messen. . . . Du kannst doch aus dem Teig keine Kugel machen und andererseits, wenn du's da rein stopfst, das geht doch wieder ein.“

Die Schüler schlagen zunächst vor, das Volumen auf mathematischem Weg durch Vermessen des Teiges oder physikalisch durch Wasserverdrängung zu bestimmen. Der Vorschlag, Volumina im Messzylinder (oder etwas weniger genau im Becherglas) zu bestimmen, entwickelt sich nur in der Diskussion einer Gruppe.

Einen weiteren Problembereich stellt der **Umgang mit Mengen** dar. Obwohl im Arbeitsauftrag ausdrücklich darauf hingewiesen wird, die eingesetzten Mengen zu reduzieren, müssen alle Schülergruppen in der Planungsphase noch einmal durch die Lehrperson darauf aufmerksam gemacht werden, dass die eingesetzten Mengen an Chemikalien der Versuchssituation anzupassen sind und die Schüler von einem Ansatz mit weniger als 500 g Mehl pro Teigprobe ausgehen sollen. Daneben stellt auch die Ermittlung der Menge an Panosorb bzw. Hefe durch Prozentrechnung ein Problem für viele Schüler dar. (Der Arbeitsauftrag enthält den Hinweis, 0,6% Panosorb bzw. 8% Hefe bezogen auf das Mehl einzusetzen.)

Gruppe 1

S 1 zu S 2: N., rechne schon mal die Sorbinsäure aus. Ich kann keine Prozentrechnung.

Gruppe 2

S an Lehrer: Steht hier irgendwo, wie viel Sorbinsäure wir dazu geben müssen?

L: Ja: 0,6% bezogen auf das Mehl.

S: Wie rechnet man denn das?

Gruppe 3

S 1: Schreib auf: 500 g Panosorb!

S 2: Nee, wir brauchen 0,6% vom Mehl, 0,6% von 500 g und 8%

S 1: He?

S 2: 8% bezogen auf das Mehl – bei der Hefe – 8% bezogen auf das Mehl.

S 3: 40 g.

*S 2: Nee, das sind keine 40 g. Mach mal $0,08 * 500$.*

*S 1: $0,08 * 500$ sind 40.*

S 3: Sag ich doch, ihr glaubt mir ja nichts.

Außerdem werden **sprachliche Probleme** offensichtlich, wenn Schüler die Versuchsanleitung verbalisieren. Die Schüler äußern Unsicherheiten und überlegen häufig gemeinsam, um eine angemessene und korrekte Formulierung zu finden.

Gruppe 1

S 1: Also wir schreiben jetzt: wir bereiten ... Hefeteig, Hefeteig – was sagt man dazu? Anrühren? Zubereiten.

Also – Hefeteig zubereiten und 3 gleiche Mengen in Schüsseln geben, in 3 Schüsseln, jeweils entweder nichts, Sorbinsäure oder Panosorb zugeben.

Gruppe 2

S 1: Man benötigt oder wie sagt man das?

S 2: Für diesen Vorgang benötigen wir

S 1: Man benötigt, man!

S 2: Man benötigt 40 g Hefe.

These 3.2 *Das Verhalten der Schüler zeigt Defizite im Hinblick auf grundlegende Schritte bei der Planung von Experimenten, die auf mangelnde Erfahrungen zurückzuführen sind. Sie haben Probleme bei der Wahl angemessener Geräte, bei der Festlegung von Chemikalienmengen und beim Gebrauch entsprechender Fachsprache.*

Neben Problemfeldern, die sich ergeben, wenn Schüler Versuche selbständig planen, werden gleichzeitig auch *Chancen* deutlich, die sich durch diese Art der Arbeit eröffnen.

In der Diskussion miteinander **durchdenken die Schüler den Versuch detailliert und entwickeln Fragen**, die in einer „geradlinigen“, durch die Lehrperson gesteuerten Planung entweder von vornherein durch Vorgaben beantwortet sind oder gar nicht gestellt werden. In diesem Unterrichtsmodul haben die Schüler die Chance, ihren Fragen mit Hilfe der Mitschüler nachzugehen. Solche Fragen sind z.B.: *Müssen wir den Teig überhaupt backen? Welche Zutaten können weggelassen werden? Reicht es, den Ansatz nur auf Mehl und Hefe zu reduzieren? Wann müssen wir das Volumen ablesen? Wie kann man das Volumen überhaupt bestimmen?*

Damit eng verbunden ist die Möglichkeit, Problemlösungen oder Thesen während der gemeinsamen Arbeit zu entwickeln, zu hinterfragen, zu diskutieren, zu begründen oder zu verwerfen. Dabei sind **mehr Schüler aktiver in den Lern- und Arbeitsprozess eingebunden**, als das in einem Unterrichtsgespräch möglich ist. Die Schüler identifizieren sich stark mit dem Problem und diskutieren ernsthaft und konstruktiv, wie die folgenden Interviewausschnitte belegen:

Gruppe 1

S 1: Mal eine Frage: Brauchen wir den puren Hefeteig überhaupt?

S 2: Ja, weil wir sehen müssen, wir brauchen ja ein Vergleichsmittel.

Gruppe 2

S 1: Wir müssen jetzt noch ne Vermutung aufschreiben.

S 2: Na wir vermuten einfach, dass das Panosorb nicht funktioniert.

S 3: Warum?

S 4: Ich würde sagen, dass das Panosorb besser ist.

S 2: Dass bei der Sorbinsäure der Teig nicht aufgeht.

S 1: Der wird schon aufgehen, aber da braucht man mehr.

S 2: Wir vermuten, dass der unbehandelte Teig auf jeden Fall der ist, der am wenigsten aufgeht, der am wenigsten Volumen gewinnt.

S 1: Nee, der geht am meisten auf!

Darauf folgt eine heftige Diskussion und gegenseitige Begründung, warum welche Vermutung stimmen könnte. Schließlich erkennt S 2, dass S 1 Recht haben muss.

S 2: Ach, so.

Ein Schüler fasst schließlich zusammen: *Der unbehandelte geht am meisten auf, der mit Sorbinsäure am wenigsten und der mit Panosorb in der Mitte.*

Die selbständige Planung des Versuches führt zu einer **Diskussion in der Gruppe, in der** – im Sinne naturwissenschaftlichen Arbeitens – **Ideen geäußert, hinterfragt, begründet und weiterentwickelt werden**. Das Gespräch der Schüler, in dem sie eine begründete Vermutung aufstellen sowie die Gedanken der Schüler dazu, wie sich das Volumen der Teige bestimmen lässt (den Teig mit dem Maßband vermessen – den Teig in gleich großen Gefäßen gehen lassen und die Volumina vergleichen – den Teig in Bechergläser geben, um die Volumenveränderung tatsächlich messen zu können) zeigen beispielhaft, wie Schüler erste unreife Ideen weiterentwickeln, bis sie sich schließlich auf eine akzeptable Lösung einigen.

Und schließlich **fördert** die Aufgabe, die Versuchsanleitung selbst zu formulieren, die **muttersprachliche Kompetenz** der Lernenden. Die Kommunikation in der Gruppe kann weitgehend auf alltagssprachlichem Niveau geführt werden. Das Erstellen

einer Versuchsanleitung oder eines Protokolls hingegen erfordert einen formaleren Sprachgebrauch, um chemisches Handeln angemessen zu verbalisieren. Dabei sind die Schüler in diesem Unterrichtsmodul nicht rezeptive Leser vorgegebener Versuchsanleitungen, sondern aktive Verfasser von Handlungsanweisungen.

These 3.3 *Wenn Schüler einen Versuch selbständig planen, setzen sich (fast) alle Schüler intensiv mit dem Problem des Versuches auseinander, d.h. sie entwickeln eigene Fragen und Ideen, die in der Gruppe kritisch diskutiert, begründet und weiterentwickelt werden. Darüber hinaus trägt die Aufgabe, eine Versuchsanleitung selbst zu formulieren, zur Entwicklung von Sprachkompetenz bei.*

Auswertung der Protokolle

Beim Erstellen der Protokolle orientieren sich die Schüler an dem Arbeitsmaterial „Das Protokoll“, in dem wesentliche Bestandteile eines Protokolls in allgemeiner Form zusammengefasst werden. Die Protokolle, die von den Arbeitsgruppen erstellt wurden, können hinsichtlich folgender Fragen analysiert werden:

- Notieren die Schüler zu Beginn eine Fragestellung? Verwenden sie eine eigene Formulierung oder übernehmen sie die Fragen aus dem Arbeitsauftrag?
- Werden begründete Vermutungen formuliert? Sind Vermutung bzw. Begründung korrekt?
- Wie werden Geräte und Chemikalien angegeben?
- Wie ist die Durchführung formuliert?
- Welche Beobachtungen notieren die Schüler? Notieren sie Messwerte?
- Wie erfolgt die Auswertung des Versuches?
- Erfolgt eine Fehlerbetrachtung?

Das Ergebnis der Analyse ist in Tabelle 7.17 dargestellt:

Die Beobachtung der Schüler wie auch die Tonaufzeichnungen zeigen, dass sich die Schüler beim Erstellen der Protokolle stark am Arbeitsmaterial orientieren. Ohne ihr Vorgehen im Zusammenhang zu reflektieren, arbeiten die Schüler die vorgegebenen Schwerpunkte eines Protokolls nacheinander ab. So überrascht es nicht, dass sich die wesentlichen Bestandteile eines Protokolls im Ergebnis fast aller Gruppen wieder finden.

Alle Gruppen formulieren im Vorfeld des Versuches eine Fragestellung, wobei sie häufig die Fragen unverändert übernehmen, die auf dem Arbeitsblatt vorgegeben

Teil des Protokolls	Ausführung/Kategorie	LG 1	LG 2
Fragestellung	abgeschrieben	3	1
	teils abgeschrieben, teils eigen	1	-
	eigen	1	1
	eigen, umfassen nur Teil der Fragestellung	-	2
Vermutung	vermutete Volumina richtig	3	3
	ohne Volumenschätzung	2	1
	Begründung korrekt	3	1
	Begründung z.T. korrekt	-	2
	ohne/falsche Begründung	2	1
Geräte/Chemikalien	korrekt; mit Mengenangaben	3	3
	korrekt; ohne Mengenangaben	2	1
Durchführung	korrekt	2	3
	z.T. unkonkret	2	-
	in Vergangenheit	1	1
Beobachtung	mit Messwerten tabellarisch	4	2
	mit Messwerten im Satz/Text	1	1
	ohne Messwerte	-	1
Auswertung	Beschreibung der Beobachtung in Worten	1	-
	Bezug zur Vermutung	3	3
	Bezug zur Frage	-	1
	weder auf Frage noch Vermutung bezogen	-	-
	keine	1	-
Fehlerbetrachtung	keine	2	-

Tabelle 7.17: Auswertung der erstellten Protokolle

sind. Die Fragestellung von zwei der insgesamt neun Gruppen erfasst das Ziel des Versuches nicht in vollem Umfang, wie folgendes Beispiel zeigt: „*Werden die Hefen bei der Verwendung von Panosorb weniger gehemmt als bei Sorbinsäure?*“ Hier wird der Vergleich zu unbehandeltem Teig ausgeblendet.

Alle Gruppen stellen eine Vermutung zum Versuchsverlauf auf. Die Qualität unterscheidet sich zwischen den Gruppen. Die meisten Gruppen vermuten richtig, welche Volumina zu erwarten sind und begründen ihre Vermutung korrekt (z.B. „*Sorbinsäure behindert die Wirkung der Hefe, Panosorb tut das weniger. Purer Hefeteig geht am meisten auf, mit Panosorb etwas weniger, der mit Sorbinsäure erreicht das geringste Volumen.*“). Nur wenige Gruppen formulieren Begründungen für die zu erwartende Volumenänderung, die irrelevant sind („*Theorie: Die Zeit / Temperatur / Materialien / Arten der Zutaten müssen gleich sein bis auf die Verwendung von Panosorb und Sorbinsäure. Hefe ist ein einzelliger Organismus, vermehrt sich durch Zellspaltung, wird als Treibmittel in der Bäckerei verwendet.*“).

Die Angabe von Geräten und Chemikalien sowie der Durchführung erfolgt im Wesentlichen durch alle Gruppen korrekt. Die Mengen der benötigten Chemikalien werden von einem Teil der Schüler bei Geräten, von anderen bei der Durchführung mit angegeben. Zwei Gruppen formulieren die Durchführung in der Vergangenheit. Sie verstehen die Durchführung offensichtlich als Beschreibung dessen, was sie getan haben und nicht als Handlungsanleitung.

Mit Ausnahme einer Gruppe notieren alle Schüler als Beobachtung die Messwerte, die sie für das Teigvolumen vor und nach der Gärzeit ermittelt haben. Die Ergebnisse entsprechen bei allen Gruppen den zu erwartenden Werten, wenn sich auch die Volumendifferenzen von Gruppe zu Gruppe erheblich unterscheiden.

Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist es üblich und notwendig, die im Experiment ermittelten Werte im Hinblick auf die anfängliche Fragestellung und die vermuteten Ergebnisse auszuwerten. Sechs der neun Gruppen nehmen in der Auswertung Bezug auf ihre Vermutung, nur eine Gruppe berücksichtigt sowohl Vermutung als auch Fragestellung: *„Unsere Vermutungen hinsichtlich der Volumenzunahme haben sich bestätigt, wie unsere Messergebnisse gezeigt haben. Die Aussage der Firma Nutrinova, dass Panosorb Hefen weniger hemmt als Sorbinsäure wurde belegt.“* Das Protokoll einer Gruppe enthält keine Auswertung und eine andere Gruppe formuliert in der Auswertung die unter „Beobachtung“ notierten Messergebnisse in Sätzen. Eine Fehlerbetrachtung wird von sieben der neun Gruppen durchgeführt.

Die Auswertung der Protokolle lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

These 3.4 *Die Schüler sind prinzipiell in der Lage, Protokolle zu selbständig geplanten und durchgeführten Versuchen zu erstellen, in denen sich wesentliche Aspekte naturwissenschaftlichen Vorgehens wieder finden. Dabei sind allgemeine, anleitende Hinweise eine sinnvolle Hilfe für die Schüler.*

Ungenauigkeiten treten in einzelnen Gruppen bei der Formulierung von Vermutung bzw. Auswertung auf, also in den Kategorien eines Protokolls, die es erfordern, begründete Überlegungen anzustellen und Zusammenhänge herzustellen.

7.3.2 Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach Durchführung des Moduls

Zur abschließenden Bewertung der Unterrichtseinheit benennen die Schüler in einem Fragebogen positive und negative Aspekte des Unterrichts in diesem Modul und äußern Veränderungswünsche. Weiterhin begründen sie in Form offener Antworten, ob und warum ihnen das Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“ bzw. die daraus abgeleiteten Hinweise zum Erstellen eines Protokolls eine Hilfe waren. Ergänzend geben die Schüler ihre Zustimmung bzw. Ablehnung im Hinblick auf

Aussagen zur Evaluation des Unterrichtsmoduls auf einer Skala von 1 (stimme voll zu) bis 5 (stimme überhaupt nicht zu) an.

Die Auswertung der Fragebögen (Tabelle 7.18) zeigt, dass die Mehrzahl der Schüler es als ausgesprochen positiv empfunden hat, dass ein Experiment durchgeführt wurde. Etwa die Hälfte der Schüler betont dabei ausdrücklich, die Selbständigkeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung. *„[Gut war] das selbst einen Versuchsweg entdecken.“*

Weiterhin wird auch in diesem Modul wieder die Sozialform Gruppenarbeit als ein wesentlicher Grund für die positive Bewertung des Unterrichts benannt. Ebenso betonen die Schüler, dass es angenehm war, selbständig zu arbeiten: *„Man saß nicht einfach nur auf dem Stuhl und hat von der Tafel abgeschrieben, sondern kreativ den Unterricht gestaltet und gut mitarbeiten können.“*

Neben dem Experiment und der Sozialform spielt in dieser Unterrichtsreihe der Realitätsbezug der Inhalte mehr als in den vorangegangenen Modulen eine Rolle. Die Schüler nennen hier die Teigherstellung, zu wissen welche Konservierungsstoffe wo enthalten sind und die Übermittlung der Versuchsergebnisse an die Firma, die das Panossorb zur Verfügung gestellt hat. *„[Der Unterricht war gut,] denn es war sehr interessant, wo überall Konservierungsstoffe vorhanden sind.“* Oder: *„Es war gut, dass unsere Arbeit auch einen Zweck hatte und nicht wie üblich nur im Unterricht gebraucht wurde.“*

Von einzelnen Schülern wird die Exkursion als ein alternativer Weg, Informationen zu beschaffen, positiv hervorgehoben.

Kategorie	LG 1	LG 2	gesamt
dass ein Experiment durchgeführt wurde	11	4	15
dass in Gruppen gearbeitet wurde	9	4	13
selbständige Arbeit (im Allgemeinen)	6	4	10
Selbständigkeit beim Experimentieren, sowohl in der Planung als auch in der Durchführung	4	3	7
Realitätsbezug/Sinnhaftigkeit der Inhalte:	2	5	7
- Teig backen			
- Wissen, was wo drin ist			
- Ergebnisse an Nutrinova übermitteln			
Exkursion	2	1	3

Tabelle 7.18: Positive Aspekte der Arbeit in Modul 3

Negative Aspekte werden nur von wenigen Schülern genannt (Tabelle 7.19). Die Schüler bewerten den Zeitdruck störend oder kritisieren organisatorische Faktoren der Gruppenarbeit, wie Lautstärke, Streit in der Arbeitsgruppe oder die freie Gruppeneinteilung.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
keine Angaben	11	12	23
Zeitdruck	6	-	6
selber planen	1	-	1
Organisation der GA	1	4	5
zu wenig Chemie	-	1	1

Tabelle 7.19: Negative Aspekte der Arbeit in Modul 3

Die Veränderungsvorschläge der Schüler entsprechen den zuvor geäußerten Kritikpunkten. Die Mehrzahl macht keine Angaben, einzelne fordern mehr Zeit. Zwei Schüler würden es bevorzugen, wenn die Gruppen von der Lehrperson eingeteilt werden, zwei andere Schüler wünschen sich, häufiger so zu arbeiten.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
keine Veränderungswünsche	15	10	25
mehr Zeit	3	4	7
Gruppen einteilen	1	1	2
häufiger so arbeiten	-	2	2

Tabelle 7.20: Veränderungswünsche für Modul 3

These 3.5 *Die Schüler bewerten das Unterrichtsmodul durchgehend positiv. Sie begründen das damit, dass ein Experiment durchgeführt wurde, dass sie selbständig arbeiten konnten und mit dem Alltagsbezug der Inhalte.*

Neben der Bewertung des gesamten Unterrichtsmoduls waren die Schüler aufgefordert anzugeben, ob ihnen das **Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“** eine Hilfe war und ihre Antwort zu begründen. Wie Tabelle 7.21 zeigt, sind die Antworten der Schüler je nach Lerngruppe verschieden. Sie werden deshalb im Folgenden differenziert betrachtet.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
nein	1	9	10
ja	15	6	21
S verwechseln Arbeitsblatt	2	1	3

Tabelle 7.21: Bewertung des Arbeitsmaterials „Das naturwissenschaftliche Experiment“

Die Mehrzahl der Schüler aus Lerngruppe 1 gibt an, dass ihnen das Arbeitsmaterial eine Hilfe gewesen sei. Die angeführten Begründungen sind jedoch nur wenig aussagekräftig, da die Antworten der Schüler häufig sehr allgemein gehalten sind. Die

Aussagen lassen nicht erkennen, ob die Schüler sicher wissen, von welchem Arbeitsmaterial sie reden und welche konkrete Hilfe ihnen das Material war. So geben sie beispielsweise an, dass ihnen das Arbeitsblatt eine Hilfe gewesen sei, „weil es uns Denkanstöße gegeben hat“ oder „man somit besser Bescheid wusste.“

Die Antworten anderer Schüler sind konkreter. Sie geben an, dass ihnen das Arbeitsblatt eine Hilfe war, weil „man erkannt hat, wie ein Experiment aufgebaut ist; man danach wusste, wie man das Experiment angehen sollte; man eine Vorstellung hatte, wie ein Experiment durchzuführen ist.“

Ein anderes Bild ergibt sich in Lerngruppe 2. Hier gibt die Mehrzahl der Schüler an, dass ihnen das Arbeitsblatt nichts genutzt habe, weil es nicht direkt etwas mit ihrem Versuch zu tun habe (weil „ich keinen Bezug zu meinem eigenen Experiment aufstellen konnte; ich nicht ganz verstanden habe, was das mit Kuchen backen zu tun hatte“). Den Schülern fällt es schwer, aus dem vorgegebenen Beispiel naturwissenschaftliches Vorgehen zu abstrahieren und auf den eigenen Versuch zu übertragen.

These 3.6 *Das Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“ war vielen Schülern keine konkrete Hilfe. Probleme resultieren daraus, dass Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens nicht deduktiv vorgegeben sind, sondern induziert und auf einen anderen Zusammenhang übertragen werden sollen.*

Weiterhin wurden die Schüler gefragt, ob ihnen die Hinweise zum Erstellen eines Protokolls eine Hilfe waren. Diese Frage wird von allen Schülern bejaht. Die Begründungen lassen sich in vier Gruppen kategorisieren (vgl. Tabelle 7.22). Zum einen sehen die Schüler in dem Arbeitsblatt eine **Vorlage**, an der sie sich **beim Erstellen eines Protokolls** orientieren können. („Das Protokoll war mir eine Hilfe, weil ... wir uns daran orientieren konnten, ... ich nun eine genaue Arbeitsfolge als Vorlage hatte.“)

Zweitens bietet es den Schülern **Orientierung für das eigene Vorgehen**, wobei aus den Äußerungen der Schüler nicht abgeleitet werden kann, ob es sich um das Vorgehen beim Erstellen eines Protokolls oder um das Vorgehen beim Experimentieren handelt. „Es war mir eine Hilfe, weil ... die ganzen Schritte ordentlich aufgelistet waren, bei denen man nacheinander die Schritte abarbeiten konnte.“

Drittens sehen die Schüler in den Hinweisen eine **Wiederholung** dazu, wie ein Protokoll aufgebaut sein muss. Vereinzelt geben sie an, durch das Arbeitsmaterial erst gelernt zu haben, „was in ein Protokoll muss“.

Die Antworten der Schüler lassen die Schlussfolgerung zu, dass Schüler allgemeine Hilfen, wie sie durch das Arbeitsblatt „Das Protokoll“ gegeben werden, bereitwillig und gerne für die eigene Arbeit nutzen. Damit wird These 3.4 bestätigt, die sich aus der Auswertung der Tonaufzeichnungen der Planungsphase und der Protokolle ergibt.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
Vorlage	8	6	14
Handlungsorientierung	3	3	6
Wiederholung	1	6	7
gelernt, was ins Protokoll muss	2	1	3

Tabelle 7.22: Bewertung des Arbeitsmaterials „Das Protokoll“

Im quantitativen Teil des Fragebogens wurden die Schüler befragt, inwieweit ihnen konkrete Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens in diesem Modul bewusst geworden sind (das Ziel des Versuches, die einzelnen Schritte der Durchführung, das Aufstellen einer Hypothese, der Abgleich von Ergebnissen und Hypothese). Sie haben ihre Zustimmung zu entsprechenden Aussagen auf einer Skala von 1 (stimme voll zu) bis 5 (stimme überhaupt nicht zu) markiert. Die Auswertung der Antworten ist in Abbildung 7.8 dargestellt.

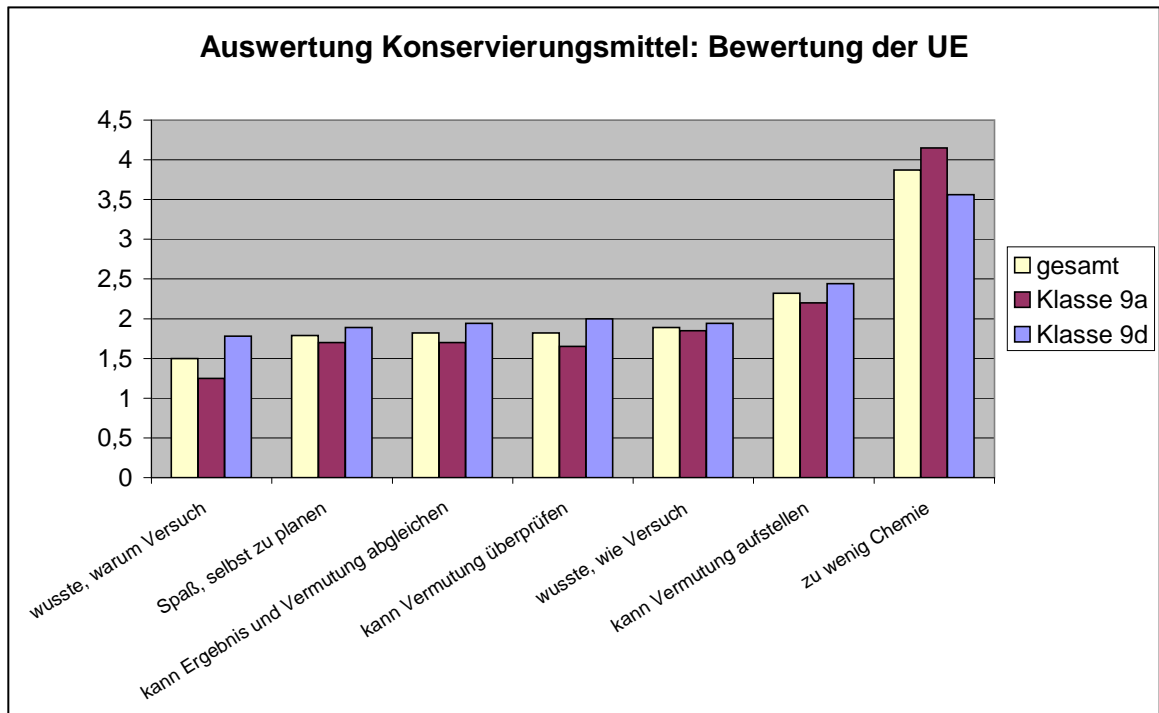


Abbildung 7.8: Auswertung der quantitativen Befragung nach Modul 3

Generell lässt sich hier feststellen, dass sich die Mittelwerte der Antworten der Schüler beider Lerngruppen wenig unterscheiden. Die Auswertung der Antworten zeigt, dass den Schülern in diesem Unterrichtsmodul bewusst war, warum sie den Versuch zur Untersuchung des Gehverhaltens von Hefeteig durchführen.

Die Schüler sind ebenfalls der Meinung, dass sie an dem konkreten Versuch verstanden haben, was es heißt, eine Vermutung aufzustellen, sie zu überprüfen sowie das Ergebnis des Versuches mit der Vermutung abzugleichen. Dieses Ergebnis geht

einher mit der Auswertung der Protokolle, die gezeigt hat, dass fast alle Gruppen eine korrekte Vermutung formulieren und diese in die Auswertung der Ergebnisse einbeziehen.

Weiterhin bestätigen die quantitativen Ergebnisse auch die offenen Antworten der Schüler, dass es ihnen Spaß macht, Versuche selbständig zu planen und durchzuführen (vgl. These 3.5).

7.3.3 Auswertung entsprechender Passagen der Gruppeninterviews

Etwa fünf Monate nach Durchführung wurden die Schüler in einem Gruppeninterview zu ihren Erinnerungen an dieses Unterrichtsmodul befragt. Dabei standen folgende Schwerpunkte im Mittelpunkt:

- Inwieweit erinnern die Schüler den methodischen Schwerpunkt dieses Moduls? Welche Rolle spielen dabei die Arbeitsmaterialien „Das naturwissenschaftliche Experiment“ bzw. „Das Protokoll“?
- In welchem Maße sind die thematisierten Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens heute für die Schüler von Bedeutung?
- An welche Elemente der methodischen Gestaltung des Unterrichts erinnern sich die Schüler?
- An welche Inhalte der Unterrichtseinheit erinnern sie sich?
- Wie bewerten die Schüler die Arbeit in diesem Unterrichtsmodul?

Die entsprechende Kategorisierung der Schülerantworten ist in folgender Tabelle im Überblick dargestellt:

Bezüglich der Erinnerungen der Schüler an den methodischen Schwerpunkt des Unterrichtsmoduls, Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens zu reflektieren und auf die Planung, Durchführung und Auswertung eines Versuches anzuwenden, kann folgendes festgestellt werden:

Fast alle Gruppen können keine Angaben dazu machen, welcher methodische Schwerpunkt – nach dem verständnisintensiven Lesen von Texten in Modul 1 und der Aufbereitung von Informationen in Modul 2 – im Mittelpunkt des dritten Unterrichtsmoduls stand. Nur die Schüler einer Gruppe erinnern sich, dass es „*ums Experimentieren*“ ging.

Die Hälfte der Gruppen erinnert sich nicht an das Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“, mit dem exemplarisch wesentliche Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens erarbeitet wurden. In den anderen Gruppen erinnern sich

<i>Interviewschwerpunkt</i>	<i>Antwortkategorie</i>	<i>Anzahl der Nennungen (bei 8 Gruppen)</i>
Um welche Arbeitstechnik ging es?	keine Angaben	3
	keine Erinnerung	4
	Experimentieren	1
Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“	keine Erinnerung	4
	Erinnerung an Handlungen Helmonts	2
	teilweise Erinnerung an Handlung	2
Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens	keine Erinnerung	7
	teilweise Erinnerung	1
Bestandteile eines Protokolls	keine Angaben	5
	keine Erinnerung	2
	Erinnerung korrekt	1

Tabelle 7.23: Auswertung der Gruppeninterviews zu Modul 3

die Schüler zumindest an das konkrete Vorgehen von van Helmont, d.h. sie erinnern sein konkretes praktisches Tun. Dass aber aus dem konkreten Beispiel wesentliche Aspekte naturwissenschaftlichen Vorgehens induziert wurden, bleibt in der Erinnerung der Schüler unberücksichtigt. So werden Schritte beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nur in einer Gruppe fragmentarisch wiedergegeben. *„Erstmal was man rausfinden will, also was eigentlich die Thematik ist. Dann sollte man sich überlegen, also wie könnte man zum Erfolg kommen, also wie könnte man, also die Durchführung und dann was da rauskommt und das dann auswerten.“*

Zu dem Arbeitsmaterial „Das Protokoll“ macht mehr als die Hälfte der Schüler keine Angaben. Nur eine Gruppe gibt die Struktur eines Protokolls korrekt wieder: *„Aufgabenstellung, na ja, Aufgabenstellung ist vielleicht vorgegeben, dann Vorüberlegungen, Geräte und Arbeitsmittel, Durchführung, Beobachtung, Auswertung so was und Ergebnisse und Fehlerbetrachtung.“*

Die Auswertung der Gruppeninterviews lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

These 3.7 *Die Arbeitstechnik des naturwissenschaftlichen Experimentierens wird nicht in dem Maße als Schwerpunkt wahrgenommen, wie das verständnisintensive Lesen oder Methoden zur Aufbereitung von Informationen.*

These 3.8 *Die Schüler erinnern sich besser an konkrete Handlungen beim Experimentieren als an die übergeordnete, theoretische Ebene des wissenschaftspropädeutischen Vorgehens. Die Reflexion naturwissenschaftlicher Arbeitsmethoden tritt hinter dem praktischen Tun zurück.*

Auf die Frage, ob die Schüler, wenn sie heute im naturwissenschaftlichen Unterricht experimentieren, die genannten Aspekte berücksichtigen, antworten die Schüler aus drei Interviewgruppen, dass sie schon lange nicht mehr experimentiert hätten. Die

Schüler der fünf anderen Gruppen geben an, dass ihnen meist vorgegeben wird, wie ein Experiment durchgeführt werden soll. *„Naja, in Chemie, da wird es meistens vorgegeben, da kriegen wir meistens genau, was man wann machen muss.“*

These 3.9 *Die Schüler haben im Unterricht nicht ausreichend Gelegenheit, das Vorgehen beim naturwissenschaftlichen Experimentieren selbst zu erleben. Wesentliche Schritte, die naturwissenschaftliches Arbeiten ausmachen, werden von ihnen in der Regel nur nachvollzogen, aber nicht selbst durchdacht oder geplant.*

Im Hinblick auf die methodische Organisation des Unterrichts erinnern sich die Schüler mit Ausnahme einer Gruppe daran, dass sie auf Exkursion gegangen sind, um zu erkunden, welche Konservierungsstoffe und –methoden zur Haltbarmachung von Lebensmitteln eingesetzt werden (Tabelle 7.24).

Weiterhin erinnern sich die Schüler in der Hälfte aller Gruppen daran, dass sie *„Hefeteig gebacken“* haben. Dabei steht für die Lernenden eher die Alltagshandlung *„Backen“* im Vordergrund. Die aus naturwissenschaftlicher Sicht interessante Fragestellung – den Einfluss von Konservierungsstoffen auf das Gehverhalten von Hefeteig durch ein naturwissenschaftliches Experiment zu untersuchen – ist weniger von Bedeutung. Nur in zwei Gruppen erinnern sich die Schüler spontan daran, dass es darum ging, das Gehverhalten des Teiges zu beobachten.

Im Vergleich zu den Erhebungen in den ersten beiden Unterrichtsmodulen tritt die Methode der Gruppenarbeit in den Hintergrund. Nur von einer Gruppe wird noch explizit erwähnt, dass in Gruppen gearbeitet wurde.

<i>Kategorie</i>	<i>Anzahl der Nennungen</i>
Exkursion	7
Backen	4
Erfahrungen der Exkursion	3
Gehverhalten beobachtet	2
Gruppenarbeit	1

Tabelle 7.24: Auswertung der Erinnerungen zur Unterrichtsmethode

In Tabelle 7.25 ist dargestellt, inwieweit sich die Schüler an die Inhalte des Unterrichtsmoduls erinnern.

Die Darstellung macht deutlich, dass sich die Schüler aller Gruppen – wenn auch unterschiedlich konkret – an die allgemeinen Inhalte der Unterrichtseinheit erinnern. Mit Ausnahme einer Gruppe ist den Schülern das Ziel der durchgeführten Versuche bekannt. Durch zwei Gruppen wird das Ziel in fachlich angemessener Sprache geäußert: *„Das war das mit dem Kuchenbacken – wie Sorbinsäure im Teig wirkt, also welche Auswirkungen das auf das Volumen hat.“* Drei Gruppen geben das Anliegen der Versuche zwar an sich korrekt, aber in Alltagssprache wieder: *„Wir haben*

<i>Interviewschwerpunkt</i>	<i>Antwortkategorie</i>	<i>Anzahl der Nennungen</i>
Erinnerung an Inhalte der UE	Konservierungsstoffe und/oder -methoden	6
	Einfluss der Konservierungsstoffe auf Gehverhalten	1
	Hefeteig, Vgl. von drei Konservierungsstoffen	1
Erinnerung an Ziel des Versuches	keine Angaben	1
	korrekt, fachlich angemessen	2
	korrekt, in Alltagssprache	3
	korrekt, aber nicht direkt auf Versuch bezogen	1
	allgemein gehalten	1
Erinnerung an das Ansetzen drei verschiedener Teige	drei Teige	7
	nur Panosorb und ohne	1
Versuchsergebnisse	keine Angaben	5
	korrekt	3

Tabelle 7.25: Erinnerungen an die Inhalte von Modul 3

... so Teig hergestellt und geguckt, ... wenn was drinne ist und wenn nicht und wie hoch der Teig geht.“ In anderen Gruppen äußern sich die Schüler sehr allgemein bzw. nicht mit unmittelbarem Bezug zu dem Versuch und dem Ziel der Versuche: *„Wir sollten da irgendsoein Ding beweisen. Da war so ne Firma, die hat irgendwas gemacht, irgendwas ganz ganz tolles, was wir beweisen sollten, dass das auch wirklich funktioniert.“*

Fast alle Gruppen erinnern sich auch daran, dass sie drei Teige angesetzt haben. Zu den Versuchsergebnissen machen viele Schüler keine Angaben. Die Schüler, die sich jedoch erinnern, können die Ergebnisse korrekt beschreiben.

Die Arbeit in diesem Unterrichtsmodul bewerten die Schüler in allen Interviewgruppen positiv. Als Begründung wird häufig der Bezug der Unterrichtsinhalte zum Alltag angeführt: *„dass das direkt am praktischen Beispiel war, das wir da halt reingegangen sind in die Läden und wir uns da umgeguckt haben, das fand ich gut.“* *„Es war viel Praktisches dabei, was halt auch Spaß macht.“* Damit wird These 3.11 durch die Ergebnisse der Gruppeninterviews bestätigt.

These 3.10 *Die Schüler erinnern die Inhalte dieses Unterrichtsmoduls gut. Es kann angenommen werden, dass die Ursachen im Alltagsbezug des Themas liegen bzw. darin, dass die Schüler das Experiment selbständig entwickelt und sich dabei intensiv mit den Inhalten auseinandergesetzt haben. Möglicherweise wurde die Erinnerung der Schüler auch dadurch positiv beeinflusst, dass ein Experiment durchgeführt wurde.*

7.3.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Auswertung dieses Moduls lassen sich unter folgenden Kategorien zusammenfassen:

1. Fähigkeiten der Schüler beim naturwissenschaftlichen Experimentieren

2. Defizite im naturwissenschaftlichen Handeln der Schüler

3. Effekte des Unterrichts im Hinblick auf den methodischen Schwerpunkt des Moduls

Zu 1: Die erhobenen Daten zeigen, dass Schüler in der Lage sind, einen Versuch zur Untersuchung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung selbständig zu entwickeln und durchzuführen. Wichtig ist dabei, dass ihnen ausreichend Zeit zur Verfügung steht, um den Versuch detailliert zu durchdenken und dass sie die Möglichkeit haben, Rückmeldung über ihre Ideen einzuholen. Anleitende Impulse durch die Lehrperson sind kaum notwendig.

Außerdem gelingt es den Schülern weitgehend, den Versuch in angemessener Form durch ein Protokoll zu dokumentieren. Dabei erweisen sich konkrete Hinweise zum Erstellen eines Protokolls als hilfreiche Arbeitsgrundlage.

Zu 2: Durch die Analyse der Planungsphase werden insbesondere folgende Defizite im Denken und Handeln der Schüler deutlich: Die Schüler sind in der Wahl angemessener Versuchsgeräte ebenso unerfahren wie in der Festlegung von Mengen für den Versuchsansatz. Sie sind ungeübt in Verfahren einfacher Mengenerrechnungen. Unsicherheiten treten auf, wenn beim Formulieren einer Vermutung begründete Zusammenhänge dargelegt und in der Auswertung Zusammenhänge zwischen Versuchsergebnissen, Frage des Versuches und Vermutung hergestellt werden.

Zu 3: Insgesamt zeigen die Aussagen der Schüler in Fragebogen und Gruppeninterview, dass sie die Arbeit im Unterrichtsmodul als ausgesprochen positiv erleben. Das liegt vor allem daran, dass sie ein Experiment selbständig durchführen können und der Inhalt des Unterrichts in direktem Bezug zum Alltagshandeln steht.

Im Hinblick auf den arbeitsmethodischen Schwerpunkt der Unterrichtseinheit konnten die Schüler kaum erreicht werden. Im Vordergrund stehen für sie die konkreten praktischen Arbeiten, während die Reflexion über Elemente naturwissenschaftlichen Experimentierens für die Mehrzahl der Schüler keine Bedeutung hat. Damit erweist sich der Weg, naturwissenschaftliches Vorgehen mit dem Arbeitsblatt „Das naturwissenschaftliche Experiment“ induktiv zu erschließen, als wenig erfolgreich.

Die selbständige Planung von Versuchen hingegen eröffnet Möglichkeiten, Versuche im Sinne eines naturwissenschaftlichen Vorgehens zu durchdringen, denn unter den Schülern entwickelt sich eine fundierte Diskussion über Ziel, vermuteten Ausgang und Durchführung des Versuches. Dabei setzen sich die Schüler detailliert mit dem Versuch auseinander und es ergibt sich für sie eine Vielzahl von Fragen, die kaum berücksichtigt werden können, wenn Schüler vom Lehrer vorgegebene Versuchsanordnungen lediglich nachvollziehen.

Die Befragung der Schüler zeigt, dass Schüler nur selten Gelegenheit haben, Versuche von der Fragestellung oder Planung bis zur Auswertung selbständig durch-

zuführen. Meist ist das Vorgehen durch die Lehrperson vorbestimmt. Diese Praxis steht im Widerspruch zu den erhobenen Daten, die darauf hinweisen, dass es für die Ausbildung naturwissenschaftlicher Kompetenz wichtig ist, dass Schüler selbst naturwissenschaftlich handeln und es im Chemieunterricht nicht dabei bleibt, naturwissenschaftliches Handeln nachzuvollziehen.

7.4 Analyse der abschließenden schriftlichen Befragung

Nach Durchführung aller Unterrichtsmodule wurden die Schüler in einer schriftlichen Befragung abschließend zu allen Modulen befragt. Dabei sollten sie in einem offenen Teil

- spontane Erinnerungen dazu äußern, woran und wie sie in den Projekten gearbeitet haben,
- ihre Rolle als Lernende in dem Projekt im Vergleich zum normalen Unterricht beschreiben und einschätzen und
- Gründe für und gegen die Durchführung der Projekte nennen.

In einem geschlossenen Teil markierten die Schüler ihre Zustimmung bzw. Ablehnung zu Aussagen, die die Unterrichtsmodule betreffen auf einer Skala von 1 (stimme voll zu) bis 5 (stimme überhaupt nicht zu).

7.4.1 Auswertung der Daten

Tabelle 7.26 stellt die Auswertung der *Erinnerungen der Schüler* in quantifizierter Form dar:

In der Erinnerung an Modul 1 sind Aussagen zur Arbeitstechnik des verständnisintensiven Lesens annähernd ebenso häufig wie Angaben zu fachlichen Inhalten des Unterrichts. Aussagen zur Unterrichtsmethode werden am wenigsten häufig gemacht. Zu Modul 2 machen die Schüler weniger Angaben bezüglich der Arbeitsmethode (Aufbereitung von Informationen). Im Vordergrund stehen fachliche Inhalte. Angaben, die im Zusammenhang mit der methodischen Organisation des Unterrichts stehen, sind auch hier am wenigsten häufig.

Auch die Auswertung der Aussagen zu Modul 3 zeigt, dass inhaltliche Aspekte besonders häufig genannt werden. Im Gegensatz zu Modul 1 und 2 spielt die Erinnerung an Arbeitstechnik oder –methode hier kaum eine Rolle. Dagegen machen die Schüler häufiger Angaben zur Unterrichtsorganisation.

	<i>LG 1</i>	<i>LG 2</i>	<i>gesamt</i>
Erinnerungen an Modul 1: Erdöl			
fachliche Inhalte	12	16	28
Aussagen, die die Arbeitsmethode betreffen	12	12	24
Erinnerungen, die die Unterrichtsorganisation bzw. -methode betreffen	3	7	10
Erinnerungen an Modul 2: Alkohol			
fachliche Inhalte	8	13	21
Aussagen, die die Arbeitsmethode betreffen	5	9	14
Erinnerungen, die die Unterrichtsorganisation bzw. -methode betreffen	2	5	7
Erinnerungen an Modul 3: Konservierungsmittel			
fachliche Inhalte	16	22	38
Aussagen, die die Arbeitsmethode betreffen	1	3	4
Erinnerungen, die die Unterrichtsorganisation bzw. -methode betreffen	13	12	25

Tabelle 7.26: Erinnerungen an die Unterrichtsmodule

Ein Vergleich der Erinnerungen an alle Module macht deutlich, dass **fachliche Inhalte** in den Aussagen der Schüler **dominieren**. Während relativ viele Schüler die methodischen Schwerpunkte erinnern, die im Mittelpunkt der Unterrichtsmodule 1 und 2 standen, spielt die Erinnerung an das **Vorgehen beim naturwissenschaftlichen Experimentieren kaum eine Rolle**. Dagegen werden Aspekte der Unterrichtsorganisation in Modul 3 (wie z.B. Exkursion oder das selbständige Experimentieren) häufiger genannt als in der Erinnerung an Modul 1 und 2.

Ihre *Rolle als Lernende* in den Modulen im Vergleich zum „normalen Unterricht“ definieren die Schüler vorwiegend über ein **höheres Maß an Selbständigkeit, Verantwortung und stärkere Aktivität**. *„Ich denke, ich wurde mehr gefordert, denn man kann nicht einfach nichts tun. Auf jeden Fall habe ich selbständiger arbeiten müssen und nicht nur die vom Lehrer gestellten Aufgaben beantwortet.“* *„Ich denke, dass ich bei so einem Projekt mehr Verantwortung trage als im normalen Unterricht, da ich alles alleine zusammen suchen muss und keine (eingeschränkte) Kontrolle vom Lehrer vorhanden ist.“*

Außerdem geben die Schüler an, dass sie die **Chemie besser verstehen**: *„Ich verstehe den Stoff besser, die Arbeit macht mir mehr Spaß. Das, was man sich selbst erarbeitet, bleibt länger im Kopf als das aus dem normalen Unterricht.“*

Die Kategorien der Antworten der Schüler sind in Tabelle 7.27 zusammengefasst. In engem Zusammenhang mit der Beschreibung ihrer veränderten Schülerrolle steht für die Schüler die positive Bewertung der Arbeit in den Modulen, wobei kein Schüler den Unterricht negativ bewertet. *„Als Schüler fand ich diesen Unterricht total toll! Es war eine Abwechslung zu dem sonst eher trockenen Chemieunterricht. Hier konn-*

Schülerrolle im Vergleich zum „normalen“ Unterricht	LG 1	LG 2	gesamt
sehr selbständig gearbeitet	10	12	22
man trägt mehr Verantwortung	7	11	18
aktiver, intensiver gearbeitet, mehr mitgearbeitet	6	7	13
man versteht bzw. merkt es sich besser	5	1	6
hat Spaß gemacht	4	2	6
Gruppenarbeit; soziale Aspekte	2	4	6
man hat sich mit dem Thema verbunden gefühlt	1	-	1

Tabelle 7.27: Aussagen zur Schülerrolle

te man das alles selbst erarbeiten, durchführen und ausarbeiten. Ich finde, bei solch einer selbständigen Arbeit bleibt wesentlich mehr hängen als im üblichen Unterricht.“
 Oder: *„Ich finde diese Arbeit in Projekten besser, weil man sich die Infos zusammen mit Klassenkameraden selbst erarbeitet und es sich dadurch besser einprägt. In den Projekten arbeite ich dadurch besser mit, muss ich ja dann auch, weil ich zu der Gruppe gehöre und sie nicht einfach allein arbeiten lassen kann!“*

	LG 1	LG 2	gesamt
Gründe für die positive Bewertung des Unterrichts in den Modulen			
man lernt/versteht mehr	7	2	9
es hat mehr Spaß gemacht	6	5	11
selbständig gearbeitet	4	9	13
war eine Abwechslung	3	6	9
hab was „für später“/„für's Leben“ mitgenommen	2	4	6
habe eine bessere Vorstellung von/besserer Einstellung zu Chemie	2	2	4
Lernmethoden haben was gebracht	1	5	6
Gruppenarbeit / soziale Aspekte	1	4	5
war interessant	1	2	3
Gründe für die positivere Bewertung des „normalen Unterrichts“			
keine Angabe	19	6	25
ist nicht besser	2	-	2
es steht mehr im Heft	-	3	3
L hilft bei Unsicherheit	-	3	3
man kann sicher sein, nichts falsches zu lernen	-	2	2
es ist weniger anstrengend	-	2	2
man erfährt in kürzerer Zeit mehr	-	3	3

Tabelle 7.28: Gründe für die Bewertung des Unterrichts

Gründe für die *positive bzw. negative Bewertung* der Arbeit in den Modulen wurden mit dem Fragebogen gesondert erhoben. Die Antwortkategorien sind in Tabelle 7.28 dargestellt. Sie stimmen zum großen Teil mit den Aussagen der Schüler zur Beschreibung und Bewertung der veränderten Schülerrolle überein: Der Unterricht hat mehr Spaß gemacht und die Schüler haben mehr gelernt bzw. die Chemie besser

verstanden. „... es hat Spaß gemacht und ich denke, auf diese Weise behält man den Stoff auch besser.“ Ein höheres Maß an Selbständigkeit oder eine stärkere Aktivität im Lernprozess sind für die positive Bewertung der Module ebenfalls von Bedeutung. „Es war gut, dass wir die Projekte gemacht haben, weil ... man sich so auf den Unterricht gefreut hat und Zusammenhänge besser verstehen konnte. Außerdem hat man viel Neues gelernt und man hat was gemacht und sich nicht nur berieseln lassen.“

Die Unterrichtsinhalte spielen für die Bewertung der Module keine, Lern- und Arbeitstechniken nur eine untergeordnete Rolle.

Die Schüler aus Lerngruppe 1 machen keine Angaben dazu, warum ihr normaler Unterricht dem Unterricht in den Modulen vorzuziehen sei. Die verschiedenen Antworten der Schüler aus Lerngruppe 2 betreffen Unsicherheiten, die aus der veränderten (weniger dominierenden) Rolle der Lehrperson resultieren.⁸

*Ich finde es besser, „normalen“ Unterricht zu machen, weil ...
 ... bei Unsicherheiten der Lehrer nachhilft
 ... nicht die Gefahr besteht, etwas Falsches zu Lernen
 ... man hier was für den Hefter hat, was man immer wieder nachschlagen kann, sich sicher sein kann, dass man nichts Falsches lernt (wenn der Lehrer alles richtig sagt)*

Die Auswertung des *quantitativen Teils der Befragung* bestätigt im Wesentlichen die qualitativ gewonnenen Ergebnisse (Abbildung 7.9). Die Schüler würden es begrüßen, wenn der Unterricht häufiger so organisiert wäre, wie in den Projekten (\bar{x} 1,41; $S = 0,715$). Dieses Ergebnis wird auch dadurch bestätigt, dass die Schüler der Aussage „Es reicht erstmal mit den Projekten“ kaum zustimmen (\bar{x} 4,28; $S = 0,916$). Für die positive Bewertung des Unterrichts ist die methodische Organisation des Unterrichts wichtiger als Unterrichtsinhalte.

Weiterhin geben die Schüler auch hier an, selbständiger als im herkömmlichen Unterricht gearbeitet (\bar{x} 1,68; $S = 0,764$) und mehr Verantwortung im Lernprozess übernommen zu haben (mehr Verantwortung für sich selbst \bar{x} 1,981; $S = 1,074$; bzw. mehr Verantwortung für ihre Mitschüler \bar{x} 2,08; $S = 0,971$). Auch der Aussage, dass sie intensiver („mehr mitgearbeitet“) gearbeitet haben, stimmen die Schüler zu (\bar{x} 2,2; $S = 0,583$).

In der Tendenz eher indifferent ist die Meinung der Schüler dazu, dass sie methodische Kompetenz erworben hätten („Ich habe gelernt, wie man lernt“ \bar{x} 2,65; $S = 0,893$).

⁸ Damit werden die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Unterrichtseinheiten bestätigt, dass die veränderte Rolle als Lernender bzw. der Lehrperson durch die Schüler beider Lerngruppen unterschiedlich bewertet wird, in Abhängigkeit von dem bisher erlebten Unterrichtsstil im Chemieunterricht.

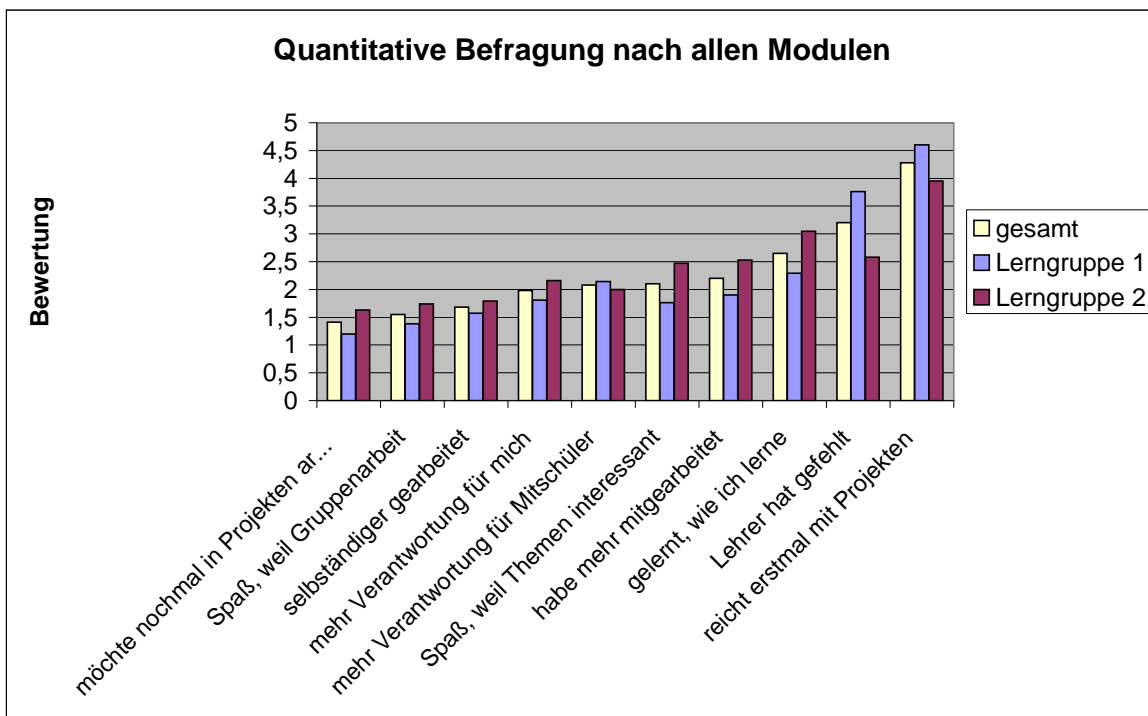


Abbildung 7.9: Ergebnisse der schriftlichen Befragung nach allen Modulen

Der Vergleich der Antworten beider Lerngruppen zeigt, dass sich die Bewertung der Items in Abhängigkeit von der Lerngruppe nicht wesentlich unterscheidet – mit Ausnahme von zwei Fällen: Lerngruppe 1 stimmt den Items zur veränderten Rolle des Lehrers und zur wiederholten Durchführung ähnlich organisierter Unterrichtseinheiten stärker zu. Wie bereits nach Auswertung der einzelnen Unterrichtssequenzen zu erwarten war, hat den Schülern in Lerngruppe 2 die Hilfe und Überprüfung durch den Lehrer mehr gefehlt (LG 1: \bar{x} 3,76; LG 2: \bar{x} 2,58).

7.4.2 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die methodischen Überlegungen zur Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente in der Erinnerung der Schüler eine untergeordnete Rolle spielen. Während Arbeitstechniken, die sowohl für die Arbeit in geistes- als auch naturwissenschaftlichen Fächern relevant sind, vergleichsweise besser erinnert werden, ist die typisch naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens in der Wahrnehmung der Schüler stark unterrepräsentiert.

Der Unterricht in den Modulen wird durch die Schüler ausschließlich positiv bewertet. Das liegt vorwiegend in der veränderten methodischen Organisation des Unterrichts begründet, was für die Schüler mit erhöhter Selbständigkeit, Verantwortung und Aktivität verbunden ist.

In Abhängigkeit des gewohnten (durch den Chemielehrer geprägten) Unterrichtsstils

bewerten die Schüler Unterrichtseinheiten, in denen sie selbst mehr Verantwortung für den Lernprozess übernehmen und weniger stark vom Lehrer gelenkt werden, unterschiedlich.

7.5 Analyse der Abschlussinterviews

Etwa fünf Monate nach Abschluss der Erprobungen wurden in beiden Lerngruppen Gruppeninterviews durchgeführt. Neben der Diskussion der Arbeit in den einzelnen Unterrichtsmodulen (vgl. Kapitel 7.1.3, 7.2.3 und 7.3.3) waren folgende Schwerpunkte von Interesse:

- Welche Erinnerungen verbinden die Schüler spontan mit dem Unterricht in den Modulen?
- Konnte ihre Einstellung zum Fach Chemie (im Vergleich zum normalen Unterricht in diesem Fach) verändert werden?
- Welche Veränderungen haben die Schüler in ihrer Rolle als Schüler bzw. im Verhalten der Lehrperson wahrgenommen und wie bewerten sie diese?
- Welche Relevanz hat der erlebte Unterricht für den Alltag der Schüler?

Die erste Auswertung der *spontanen Erinnerungen* der Schüler zeigt, dass die Schüler mit den Unterrichtsmodulen am häufigsten Unterrichtsmethoden, also die Art und Weise, wie sie gearbeitet haben, in Verbindung bringen (29 Nennungen). Unterrichtsinhalte werden weitaus weniger und meist auch nur wenig differenziert genannt (17 Nennungen), wogegen der methodische Ablauf meist korrekt erklärt wurde. Am niedrigsten liegt die Zahl der Nennungen bei den Lern- und Arbeitsmethoden, die im Zentrum der jeweiligen Module standen (12).

Anzahl der Nennungen	<i>gesamt</i>	<i>zu Modul 1</i>	<i>zu Modul 2</i>	<i>zu Modul 3</i>	<i>ohne direkte Zuordnung</i>
Inhalte	17	4	6	7	0
Methoden	29	9	3	13	4
Arbeitstechniken	12	7	3	0	2

Tabelle 7.29: Spontane Erinnerungen der Schüler an die Module

Die Kategorisierung und Auszählung der Schülerantworten zeigt, dass Schüler die *Inhalte* alle Module erinnern. Aufgrund der Zahlen entsteht der Eindruck, die Schüler würden besonders die Inhalte des dritten Unterrichtsmoduls (Konservierungsstoffe) erinnern. Eine differenzierte Betrachtung der Schülerantworten ergibt jedoch, dass sie das dritte Unterrichtsmodul eher oberflächlich mit Hefe bzw. der Herstellung von

Hefeteig in Verbindung bringen. Dabei wird zwar der Begriff „Konservierungsstoff“ gebraucht ohne aber genauer zu spezifizieren, dass und welcher Zusammenhang zwischen Konservierungsmitteln und Hefeteig von ihnen untersucht wurde.

Konkrete fachliche Inhalte werden nur aus den Einheiten Erdöl und Alkohol erinnert, wobei sich die Erinnerung hinsichtlich der Alkohole auf die Inhalte der Expertengruppe beschränkt, die die Herstellung von Wein bzw. die alkoholische Gärung bearbeitet hat. Eigenschaften der Alkohole, weitere Vertreter oder Verwendungsmöglichkeiten werden nicht genannt. Zum Thema Erdöl erinnern die Schüler verschiedene Aspekte. Hier werden Vorkommen, Eigenschaften, Entstehung, Erdölgewinnung und Cracken als ein Prozess der Veredelung genannt.

Die spontanen Erinnerungen an *Unterrichtsmethoden* betreffen besonders häufig die „*Exkursion in Lebensmittelgeschäfte*“ bzw. das „*Backen von Hefeteig*“. Dabei ist interessant, dass der Hefeteig nicht gebacken, sondern nur zubereitet wurde, um das Gehverhalten zu beobachten. Die Schüler pauschalisieren das eigentliche wissenschaftspropädeutische Vorgehen zur Untersuchung des Gehverhaltens jedoch meist durch den Begriff „Backen“. Das weist darauf hin, dass Lernziele im Hinblick auf fachliche Inhalte und naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden kaum umgesetzt werden konnten.

Etwas weniger häufig erinnern die Schüler, dass sie zum Thema Erdöl Vorträge für ihre Mitschüler erarbeitet haben. Die Arbeit im Gruppenpuzzle (Modul 2) wird nur dreimal erwähnt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Schüler den Begriff Gruppenarbeit weitere dreimal in allgemeiner Verwendung gebrauchen, ohne dass die Zuordnung zu einem der Unterrichtsmodule erfolgt.

Lern- und Arbeitstechniken werden in der spontanen Erinnerung wenig benannt. Am häufigsten erinnern die Schüler das verständnisintensive Lesen. Wogegen nur zwei Interviewgruppen Methoden zur Aufbereitung von Texten erwähnen. Auffallend ist, dass in *keiner der Gruppen* das Vorgehen bei der Durchführung und Planung naturwissenschaftlicher Experimente thematisiert wird.

Die Auswertung der spontanen Erinnerungen bestätigt Tendenzen, die auch im Ergebnis der Auswertung der einzelnen Module beschrieben werden können:

In der Wahrnehmung und Bewertung des Unterrichts durch die Schüler kommt der Unterrichtsmethode größere Bedeutung zu als Unterrichtsinhalten oder auch Lerntechniken (vgl. These 2.7). Dabei ist selbständiges Arbeiten und praktisches Handeln im Unterricht für die Schüler von großer Wichtigkeit (vgl. Thesen 1.7 und 3.5).

Es fällt den Schülern schwer, Phänomene aus dem Alltag auf die Ebene einer naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise zu transferieren (vgl.

These 3.8).

Der Schwerpunkt „naturwissenschaftliches Arbeiten“ wurde als solcher von den Schülern kaum wahrgenommen (vgl. These 3.7).

Die Aussagen der Schüler dazu, ob beziehungsweise wie sich ihre *Einstellung zum Chemieunterricht durch das Projekt verändert* hat, lassen sich im Wesentlichen durch die Kategorien Veränderung der affektiven Einstellung, veränderte Motivation, Praxisbezug und Sozialkompetenz zusammenfassen.

Die Schüler bewerten die Erfahrungen in den Unterrichtsmodulen ausnehmend positiv. Sie geben an, dass der Chemieunterricht in den Modulen mehr Spaß gemacht habe. „[Der Chemieunterricht hat] *wesentlich mehr Spaß gemacht. Ich hab auch mehr verstanden als wenn ein Lehrer da vorne steht und dir das erklärt.*“

Dabei wird die positivere Wahrnehmung des Chemieunterrichts durch verschiedene Faktoren begründet: Die Schüler geben an, dass der Unterricht mehr Spaß gemacht hat, weil sie **mehr verstanden** haben. Das wiederum wird häufig darauf zurückgeführt, dass sie in den Modulen **selbständig und sehr aktiv** gearbeitet und sich damit ihrer Meinung nach auch **intensiver mit chemischen Inhalten auseinandergesetzt** haben, als im normalen Unterricht. In diesem Zusammenhang wird die Sozialform der Gruppenarbeit sehr positiv bewertet.

Eigentlich war es was ganz anderes, es war nicht langweilig, ... man musste selber aktiv sein und dann was machen.

Man hat sich ja irgendwo selbst was erarbeitet und wenn du dir selbst was erarbeitest, dann merkst du dir das wesentlich besser, als wenn dir das ein Lehrer vorne vorkaut.

Normaler Unterricht ist immer langweilig, weil wir nur drinne sitzen und nichts machen. In den Projekten ist bei mir mehr hängen geblieben.

Die Arbeit in Gruppen ist nach Einschätzung der Schüler ein guter Weg, Chemie zu verstehen. Diese Unterrichtsform gibt ihnen die Möglichkeit, sich zunächst selbst mit chemischen Inhalten auseinander zu setzen, um dann mit dem Lehrer darüber zu reden. So fällt es ihnen leichter, den Gedanken der Lehrperson zu folgen und diese nachzuvollziehen. Sie fühlen sich fachlich kompetenter, nachdem sie sich Grundlagen selbst angeeignet haben: „*Wenn man es selber erstmal erarbeitet, dann weiß man ja selber ungefähr, worum es geht und wenn der Lehrer das dann noch mal erklärt, dann kann man dem auch besser folgen als wenn man gar keine Ahnung hat und der einem da was erzählt.*“

Einige Schüler nennen im Zusammenhang mit den Unterrichtsmodulen eine veränderte Motivation. Sie fühlen sich weniger durch die Aufgaben der Lehrperson motiviert (extrinsische Motivation) als dadurch, dass sie Verantwortung dafür entwickeln, selbst Chemie lernen und ihren Mitschülern lehren zu wollen (intrinsische Motivation). Eine Schülerin beschreibt das folgendermaßen:

Man kriegt nicht so viel Druck von den Lehrern, aber man hat einen inneren Druck, weil man das . . . man will ja auch, dass einem das vermittelt wird, dann gehen die anderen davon aus, dass man denen das vermittelt.

Wenn man sich selbst Druck macht, dann ist das finde ich der beste Druck, weil dann wirst du auch ehrgeizig, dann willst du das ja von dir aus schaffen und nicht weil der Lehrer sagt: Du musst das machen. Dann ist das auch eigentlich effektiver und du behältst das dir auch.

Weiterhin bewerten die Schüler die Arbeit in den Modulen positiv, weil sie in den Unterrichtsinhalten relevante Bezüge zum Alltag erkennen: „*Ich finde auch, es ist viel für das Allgemeinwissen hängen geblieben. Man kann das immer wieder brauchen.*“

Eine Gruppe hebt insbesondere Aspekte des sozialen Lernens hervor. Sie hätten gelernt, im Team zu arbeiten und sich dabei zu helfen und zuzuhören. Außerdem fühlten sich die Schüler dafür verantwortlich, den Mitschülern Wissen zu vermitteln und dieses verständlich darzustellen.

Dann finde ich waren wir ja eigentlich auch oft in Gruppen, . . . sodass man da auch ein Stück Teamarbeit gelernt hat . . . und das fand ich ziemlich gut, denn da hast du dir gegenseitig geholfen, musstest dir gegenseitig zuhören, weil das finde ich eigentlich ein ziemliches Problem, wir können uns gegenseitig nicht zuhören und abwarten bis der eine ausgesprochen hat und das musste man ja jetzt machen.

Mit der Expertenrunde hat man vielleicht die Verantwortung gehabt, dass das die anderen verstehen, denn man musste denen das ja beibringen.

Diese Aussagen bestätigen die Ergebnisse der Auswertung der Module. Die Schüler erleben den Unterricht in den Modulen ausgesprochen positiv, was hauptsächlich auf die methodische Organisation, nur bedingt auf Unterrichtsinhalte und kaum auf Lern- und Arbeitstechniken zurückzuführen ist (vgl. Thesen 1.7 und 2.7).

Sie erleben neben einem Kompetenzzuwachs im fachlichen Bereich auch die Entwicklung von Sozial und Selbstkompetenz (vgl. These 1.8).

Zusammenfassend kann weiterhin festgestellt werden, dass Schüler in dem erprobten Unterricht ihrer Einschätzung nach

- stärker aktiv sind,
- selbständiger arbeiten,
- aus der Arbeit miteinander profitieren,
- mehr Verantwortung für sich und ihre Mitschüler übernehmen und
- stärker intrinsisch motiviert sind.

Weiterhin beschreiben und bewerten die Schüler aus ihrer Sicht *Veränderungen im Verhalten der Lehrperson*. Dabei kann im Gespräch mit allen Interviewgruppen festgestellt werden, dass sich in den Lerngruppen ein angenehmes Lehrer-Schüler-Verhältnis entwickelt hat, das durch die Schüler folgendermaßen charakterisiert wird:

- Die Lehrperson ist im Umgang mit den Schülern „*lockerer*“. Dadurch fühlen sich die Schüler wohler als sonst im Unterricht. *„Der ganze Unterricht war ganz locker, mit der Lehrerin konnte man locker reden. . . . Die hat einem halt auch mal einen Tipp gegeben und hat auch mehr Späße gemacht. . . . aber man hat halt trotzdem was gemacht und das ist gut. Man macht was, aber es ist halt schöner Unterricht.“*
- Die Lehrperson ist weniger dominierend als sonst im Unterricht üblich. Auch die stärkere Zurückhaltung der Lehrperson wird in den meisten Fällen positiv bewertet: *„Ich fand es eigentlich schön, dass der Lehrer in der Stunde mal nicht die Hauptrolle gespielt hat, sondern dass man da eben auch so alleine in den Grüppchen da was gemacht hat.“*
- Die Schüler fühlen sich durch die Lehrperson ernst genommen: *„Sie konnte mit uns besser umgehen, hat uns ernst genommen.“*

Die stärkere Zurückhaltung der Lehrperson wird von einigen Schülern auch kritisch gesehen. Unterschiede in der Bewertung sind hier von der Lerngruppe abhängig. Die Interviews mit den Schülern der Lerngruppe 1 zeigen, dass die Schüler sich ausreichend durch die Lehrperson unterstützt fühlen. *„Wenn man sie gefragt hat, hat sie ja Antwort gegeben. Also ich denke das war schon ausreichend. Außerdem konnte man ja auch die anderen in der Gruppe fragen.“*

Wogegen die Schüler in allen Interviewgruppen der zweiten Lerngruppe angeben, dass ihnen die Rückmeldung durch die Lehrperson wichtig sei und gefehlt habe. Eine abschließende Zusammenfassung durch den Lehrer sei für sie notwendig. *„Die Absicherung hat mir manchmal gefehlt, zum Schluss dann zum Thema . . . Also wir haben halt was gemacht und dann wussten wir halt nicht, ist es richtig oder nicht.“*

Die Schüler nehmen die veränderte Rolle der Lehrperson in offenen Unterrichtsformen wahr. Das resultierende Lehrer-Schüler-Verhältnis während der Durchführung der Unterrichtsmodule charakterisieren die Schüler überwiegend positiv.

Unterschiede im Umgang mit der veränderten Lehrerrolle sind zwischen den beiden Lerngruppen auszumachen (vgl. These 1.10).

Ein letzter Schwerpunkt der Interviews betrifft die Relevanz des erlebten Unterrichts für den Alltag der Schüler bzw. Lernziele, die über fachliche Inhalte hinaus erreicht werden konnten. In der Auswertung ergeben sich fünf Antwortkategorien.

Die Schüler geben an, dass sie **Arbeitstechniken** gelernt haben. In fünf Interviewgruppen benennen sie die Arbeit mit Texten. Drei Gruppen geben an, dass sie sich vorstellen können, Techniken zur Aufbereitung von Informationen bei der Vorbereitung von Vorträgen nutzen. Das Vorgehen beim naturwissenschaftlichen Experimentieren spielt keine Rolle.

In der Hälfte der Interviewgruppen geben die Schüler an, in den Modulen die Relevanz der Chemie für den Alltag erlebt zu haben, weil **für das Alltagshandeln sinnvolle Inhalte** thematisiert wurden. *„Und bei dem Hefeteig ... das ist so Chemie für den Alltag, dass man Chemie eigentlich auch auf den Alltag bezogen hat. Da wird dir auch gezeigt, dass du es auch irgendwo brauchst, weil sonst denkt man, ja schön, ist zwar alles interessant, aber wozu brauchst du's?“*

„Das Hauptanliegen ist ja bei manchen Schülern, so ist es bei mir jedenfalls, ja warum brauch ich jetzt Chemie. Das nützt mir doch gar nichts ... aber das fand ich jetzt wirklich realitätsbezogen. Das braucht hier wirklich jeder.“

Einige Schüler sind der Meinung, dass sie nicht nur theoretisches Fachwissen erworben, sondern auch **im Alltag anwendbare Handlungsweisen** gelernt haben: *„Ich kann jetzt Hefeteig backen.“* oder: *„Ich hab selber ausprobiert, wie man Wein macht.“*

Weiterhin geben die Schüler an, dass sie durch den Unterricht in den Modulen **für chemische Aspekte im Alltag sensibilisiert** wurden und damit die Grundlage dafür gelegt wurde, dass ihnen chemische Hintergründe in entsprechenden Alltagssituationen stärker bewusst werden: *„Wenn man jetzt die Zutaten liest, dass man dann jetzt weiß, was eigentlich ein Konservierungsmittel ist und was nicht. Z.B. Wenn da jetzt Sorbinsäure drauf steht.“* *„Ich guck jetzt immer auf die Lebensmittel, ob ich die Konservierungsstoffe kenne.“*

Die Aussagen der Schüler deuten darauf hin, dass sie durch den Unterricht in den Modulen auch **Selbst- und Sozialkompetenz** entwickelt haben: *„Man hat irgendwie gelernt, offener zu werden, wenn man sich nicht traut irgendwie was selbst zu machen ein Experiment oder so was.“* *„... dass man lernt, wie man sich selber mitteilt, das fand ich Klasse.“*

Zusammenfassend kann bei der Auswertung der Interviews festgestellt werden, dass durch den Unterricht in den Modulen verschiedene Lernziele erreicht wurden. Der erlebte Chemieunterricht ist für die Schüler über den Unterricht hinaus auch für den Alltag relevant und trägt neben der Ausbildung von Fachkompetenz auch zur Ausbildung von Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz bei (vgl. These 1.8).

Kapitel 8

Zusammenfassung und Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit wird dokumentiert und beschrieben, wie Schüler in offenen Unterrichtsformen im Chemieunterricht lernen, wenn neben fachlichen Inhalten verstärkt auch Lern- und Arbeitstechniken thematisiert werden. Aus wissenschaftlicher Sicht stellt das Forschungsprojekt eine empirisch fundierte Untersuchung von Unterricht dar, wie er sich aus den veränderten Ansprüchen, die aus Bildungsstandards oder aktuellen Lehrplänen resultieren, ergeben kann. Für den praktizierenden Lehrer können die entwickelten Unterrichtsmodule sowie die beschriebenen Erfahrungen Impulse für die tägliche Arbeit sein.

Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse im Hinblick auf die Akzeptanz von Lern- und Arbeitstechniken, die Bedeutung der methodischen Öffnung des Unterrichts und den Zusammenhang zwischen Lehrer- und Schülerrolle zusammenfassend beschrieben und resultierende Konsequenzen für die Gestaltung von Chemieunterricht abgeleitet.

Mit der Durchführung der konstruierten Unterrichtsmodule wurde die Reflexion methodischen Handelns bei den Schülern initiiert. Es konnte erreicht werden, dass *Lern- und Arbeitstechniken* von Schülern bewusster wahrgenommen werden.

Die Akzeptanz und Anwendung der Technik des verständnisintensiven Lesens und von Methoden zur Aufbereitung von Informationen, insbesondere aber die Wahrnehmung von Aspekten naturwissenschaftlichen Arbeitens bleibt jedoch hinter den Erwartungen zurück. Die Auswertung der Daten zeigt, dass bestehende Handlungs-routinen nicht durch das einmalige intensive Thematisieren dieser Techniken aufgebrochen und nachhaltig verändert werden können. Ursachen hierfür sind zum einen darin zu sehen, dass die Schüler im 9. Schuljahr Handlungsabläufe bereits entwickelt und verfestigt haben, so dass sie einer Veränderung dieser für sie erfolgreichen Routinen wenig aufgeschlossen gegenüber stehen. Zum anderen spielen unterrichtsorganisatorische Aspekte eine Rolle: der „normale Unterricht“ lässt zu wenig Zeit, um Texte tatsächlich verständnisintensiv zu lesen bzw. angemessen aufzubereiten.

Auch die Gelegenheiten, chemische Fragestellungen selbständig zu durchdringen und zu bearbeiten, sind im normalen Schulalltag eher selten.

Insbesondere die Auswertung von Modul 2 lässt den Schluss zu, dass Lern- und Arbeitstechniken neben chemischem Fachwissen von den Schülern nicht als gleichberechtigte Unterrichtsinhalte betrachtet werden. Sie finden es zwar sinnvoll, Arbeitstechniken zu thematisieren, verwenden aber auf die Umsetzung kaum Zeit.

Durch die Auswertung der Daten konnte belegt werden, dass die Technik des verständnisintensiven Lesens und die Methoden zum Aufbereiten von Informationen, Arbeitstechniken also, die sowohl für Geistes- als auch Naturwissenschaften bedeutsam sind, erfolgreicher thematisiert werden können als Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens. Dem praktischen Handeln beim Experimentieren kommt in der Wahrnehmung der Schüler eine größere Bedeutung zu als der theoretischen Reflexion des Vorgehens.

Für die Gestaltung von Chemieunterricht bedeutet das, dass naturwissenschaftliche Kompetenz vermutlich eher erfolgreich ausgebildet wird, wenn Schüler selbst naturwissenschaftlich handeln, während theoretische Betrachtungen oder das Nachvollziehen der Planung und Durchführung von Experimenten wenig zur Ausbildung naturwissenschaftlicher Kompetenz beitragen.

Die Beobachtung der Schüler während der Erprobungen zeigt, dass diese sich intensiv mit chemischen Inhalten auseinandersetzen, wenn die Erarbeitung von Fachwissen mit der Anwendung von Arbeitstechniken im Unterricht verknüpft wird. So werden in Modul 2 durch die Verknüpfung von Inhalten und Methoden Diskussionsanlässe geschaffen, in Modul 3 durchdringen Schüler bei der selbständigen Planung den Versuch detailliert.

Im Hinblick auf Arbeits- und Lernmethoden kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das einmalige explizite Thematisieren von Arbeitsmethoden ein erster Schritt ist, um Schülern unbewusste Handlungsmuster bewusst zu machen und die Reflexion über methodisches Handeln anzuregen. Nachhaltige Veränderungen in der Arbeitsweise der Schüler können durch das einmalige explizite Thematisieren jedoch nicht bewirkt werden. Deshalb muss naturwissenschaftlicher Unterricht häufiger als bisher Räume für naturwissenschaftliches Arbeiten und bewusstes methodisches Handeln schaffen.

Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwieweit die frühzeitige Intervention (nicht erst in Klasse 9) und die immer wiederkehrende Einforderung des bewussten Einsatzes von Arbeitstechniken die Methodenkompetenz von Schülern erfolgreich beeinflussen und bestehende Verhaltensmuster verändern können.

Während des Unterrichts in den Modulen nehmen die Schüler mit mehr Freude am Chemieunterricht teil als sonst. Die Schüler bewerten den erlebten Unterricht in allen

Modulen positiv. Dabei ist die Arbeit in offenen Unterrichtsformen ein entscheidendes Argument, d.h. die positive Bewertung des Unterrichts wird insbesondere durch die größere Selbständigkeit begründet, die mit der Arbeit in Gruppen verbunden ist. Unterrichtsinhalte treten demgegenüber als Bewertungskriterium zurück. Damit finden sich die Ergebnisse von Woest bestätigt (vgl. Kapitel 3.1.4).

Weiterhin deutet die Auswertung der Schüleraussagen darauf hin, dass die Organisation des Unterrichts in offeneren Lernformen ebenso wie die Thematisierung von Lern- und Arbeitstechniken dazu beiträgt, dass Schüler im Chemieunterricht nicht nur fachliche Kompetenz erwerben, sondern darüber hinaus Lernziele im sozialen und methodischen Bereich erreichen. **Wie** Schüler arbeiten, beeinflusst entscheidend, **was** Schüler lernen. Daraus folgt, dass neben Inhalten auch Methoden und Arbeitstechniken in der Diskussion – vor allem aber in der Gestaltung von Unterricht – berücksichtigt werden müssen, wenn von Bildungsstandards und veränderten Zielen für den naturwissenschaftlichen Unterricht die Rede ist. Eine Veränderung der Methodenkultur im Chemieunterricht ist unumgänglich. Dabei ist – den Erfahrungen dieses Projektes gemäß – solchen Methoden der Vorzug zu geben, durch die ein Lernumfeld geschaffen wird, in dem Schüler selbständig arbeiten, selbst aktiv werden und miteinander interagieren können.

Als ein weiteres Moment, das die Akzeptanz anderer Lernwege durch die Schüler beeinflusst, konnte der Unterrichtsstil, den die Schüler bis dahin im Chemieunterricht erlebt haben, ausgemacht werden. Im Vergleich des Verhaltens beider Lerngruppen werden Interdependenzen von Lehrer- und Schülerrolle deutlich. Konkrete Zusammenhänge können aber im Rahmen dieser Arbeit nicht spezifiziert werden. Weitere Untersuchungen müssten zeigen, inwiefern Lehrerhandeln und Lehrereinstellungen die Veränderung des Schülerverhaltens beeinflussen. Im Ergebnis dieses Forschungsvorhabens kann jedoch festgestellt werden, dass verändertes Lernverhalten von Schülern im Unterricht nur dann erreicht werden kann, wenn auch die Definition der Lehrerrolle zur Disposition steht und sich die Lehrperson in ihrer selbst definierten Lehrerrolle verändert.

Literaturverzeichnis

- [1] A CAMPO; LANGLET; KREMER; PHILIPP: Lernen und Können im naturwissenschaftlichen Unterricht: Denkanstöße und Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik (Sek I). In: *MNU* 56 (2003), Nr. 5, S. III–XVI (Einhefter)
- [2] AEBLI, Hans: Autonomes Lernen. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Grundlagen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 1987, S. 179–188
- [3] AEBLI, Hans: Lernmotivation und Motivlernen. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Grundlagen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 1987, S. 133–176
- [4] AEBLI, Hans: Zur Didaktik des Lernenlernens. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Grundlagen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 1987, S. 189–207
- [5] AEBLI, Hans: Mit Schülern lesen. In: AEBLI, Hans (Hrsg.): *Zwölf Grundformen des Lehrens*. Stuttgart : Klett-Cotta, 2003, S. 113–147
- [6] ASSELBORN, W.; KREMER, M.: Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Chemieunterricht. In: *MNU* 53 (2000), Nr. 3, S. III–XVI (Einhefter)
- [7] BECKER, H.-J.: Warum immer „stofflicher“ Alltag? Chemie auch im „reflektierten“ Alltag. In: *NiU-PC* 35 (1987), Nr. 25, S. 225–226
- [8] BECKER, H.-J.: Lehrerverhalten als Aufgabe der Fachdidaktik. In: *PdN* 38 (1989), Nr. 5, S. 39–42
- [9] BECKER, H.-J.: Verbraucherdialoge im Chemieunterricht - Beispiel „Formaldehyd in Kosmetika“. In: *Chimica didactica* 18 (1992), Nr. 2, S. 129–147
- [10] BECKER, H.-J.: Trendbericht Chemiedidaktik 2003. In: *Nachrichten aus der Chemie* 52 (2004), März, S. 344–349
- [11] BECKER, H.-J.; GLÖCKNER, W.; HOFFMANN, F.; JÜNGEL, G.: *Fachdidaktik Chemie*. Köln : Aulis Verlag, 1992

- [12] BECKER, Matthias: *Evaluation „ParCIS“: Partnerschaft zwischen Chemischer Industrie und Schule zur Förderung von Lern- und Medienkompetenz in einem fachübergreifenden Chemieunterricht*. WWW-Dokument. www.biat.uni-flensburg.de/biat.www/projekte/ParCIS/ParCIS.htm.
Version: 2004
- [13] BEHRENDT, J.; JUST, E.: Alltagsorientierter Chemieunterricht – erprobter Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. In: *NiU* 8 (1997), Nr. 37, S. 9–16
- [14] BÜNDER, W.; DEMUTH, R.; PARCHMANN, I.: Basiskonzepte – Welche chemischen Konzepte sollten Schüler kennen und nutzen? In: *PdN-ChiS* 52 (2003), Nr. 1, S. 2–7
- [15] BORTZ, J.; DÖRING, N.: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin : Springer, 2003
- [16] BRODBECK: Kompetenz - Gedanken zu einem Begriff. In: *ThILLM: Was ist neu am Thüringer Lehrplan* (1999)
- [17] BUND-LÄNDER-KOMMISSION FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG: *Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“*. Bonn : Materialien Heft 60, 1997
- [18] BYBEE, R.: Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 21–43
- [19] CHRISTMANN, Ursula; GROEBEN, Norbert: Psychologie des Lesens. In: FRANZMANN, Bodo (Hrsg.): *Handbuch Lesen*. München : Saur, 1999, S. 145–223
- [20] COLLINS; BROWN; NEWMAN: Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics. In: RESNICK, Lauren B.: *Knowing, Learning and Instruction. Essays in Honor of Robert Glasser* Bd. 89. Hillsdale, NJ : Erlbaum, 1989, S. 453–494
- [21] DANSEREAU, D. et al.: Development and Evaluation of Learning Strategy Training Program. In: *Journal of Educational Psychology* 71 (1979), Nr. 1, S. 64–73
- [22] DECI, Edward L.; RYAN, Richard M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: *ZfPäd* 2 (1993), S. 223–238
- [23] DEMUTH; PARCHMANN; RALLE; GRÄSEL: *Projektskizze*. WWW-Dokument. www.chemie-im-kontext.de

- [24] DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM: *Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen : Leske + Budrich, 2001
- [25] DUBS, Rolf: Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 69–82
- [26] EGGELING, Volker: Textmarkierungen. In: HORST, Uwe; OHLY, Karl-Peter (Hrsg.): *Lernbox Lernmethoden – Arbeitstechniken*. Seelze : Friedrich Verlag, 2000, S. 82
- [27] EILKS, Ingo: Kooperatives Lernen im Chemieunterricht II. In: *MNU* 56 (2003), Nr. 2, S. 111–114
- [28] EILKS, Ingo: Kooperatives Lernen im Chemieunterricht I. In: *MNU* 56 (2003), Nr. 1, S. 51–55
- [29] EILKS, Ingo; RALLE, Bernd: Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung: Ein Modell für eine begründete und praxisnahe Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. In: *Chemkon* 9 (2002), Nr. 1, S. 13–18
- [30] EILKS, Ingo; RALLE, Bernd: Forschungs- und Handlungsperspektiven für die Chemiedidaktik am Beginn des 21. Jahrhunderts. In: *Chemkon* 10 (2003), Nr. 4, S. 171–175
- [31] FACHGRUPPE CHEMIEUNTERRICHT: Stellungnahme der GDCh zu den Ergebnissen und Auswirkungen der 3. Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) und der OECD-Studie Bildung auf einen Blick. In: *Chemkon* 5 (1998), Nr. 1, S. 41f
- [32] FREIMANN, Thomas: Mind-Maps – Mit Methode mehr Durchblick. In: *NiU-Chemie* 53 (1999), Nr. 10, S. 27–29
- [33] FREIMANN, Thomas: Bildung? Grundbildung. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 12–14
- [34] GAGE; BERLINER: *Pädagogische Psychologie*. Weinheim : BELTZ, 1996
- [35] GDChP: *Stellungnahme der GDChP zu den vorliegenden Bildungsstandards in den Fächern Chemie und Physik für den Mittleren Schulabschluss*. WWW-Dokument. www.uni-essen.de/nwu-essen/GDChP/gdchp_home.htm. Version: 2004

- [36] GEORGE, Richard: Experimente im Schulunterricht: Teil 1: Ernst oder Unterhaltung. In: *Chimica didactica* 14 (1998), S. 89–105
- [37] GEORGE, Richard: Experimente im Schulunterricht: Teil 2: Ideologie oder Notwendigkeit. In: *Chimica didactica* 14 (1998), S. 164–186
- [38] GRAMM, A.; ANTON, M.; BARKE, H.-D. et al.: Anmerkungen zur Stellungnahme der GDCh zu den Ergebnissen der 3. Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) und der OECD-Studie Bildung auf einen Blick. In: *Chemkon* 5 (1998), Nr. 3, S. 151–153
- [39] GRÄBER; ERDMANN; SCHLIEKER: *Partnerschaft Chemische Industrie und Schule*. WWW-Dokument. www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/ipnblatt/ip101/fr_ip101.htm. Version: 2001
- [40] GRÄBER; KLEUKER: *Kooperative Lernformen*. WWW-Dokument. www.sinus-transfer.de/index. Version: 1998
- [41] GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA; EVANS: *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002
- [42] GRÄBER; NENTWIG; NICOLSON: Scientific Literacy von der Theorie zur Praxis. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 135–145
- [43] GRÄBER, W.: *ParIS: Partnerschaft Industrie und Schule: Forschung*. WWW-Dokument. www.projekt-paris.uni-kiel.de/paris/index.php?id=5. Version: 2004
- [44] GRÄBER, W.; ERDMANN, T.; SCHLIEKER, V.: Currywurst, Pommes grün-weiß. In: *IPN-Blätter* (2002), Nr. 3, S. 1–2
- [45] GRÄBER, W.; NENTWIG, P.: *2. Internationales IPN-Symposium Scientific Literacy - From Theory to Practice*. WWW-Dokument. www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/ipnblatt/ip199/fr_ip199.htm. Version: 1999
- [46] HAMANN, Marcus: Kompetenzenwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: *MNU* 57 (2004), Nr. 4, S. 196–203

- [47] IPN KIEL (PROJEKTKOORDINATION): *BLK-Modellversuchsprogramm SINUS – Abschlussbericht*. WWW-Dokument. www.blk-bonn.de/papers/abschluss_sinus_programmtraeger.pdf. Version: 2001
- [48] IPN KIEL (PROJEKTKOORDINATION): *Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. WWW-Dokument. blk.mat.uni-bayreuth.de/programm/konzeption.html. Version: 2001
- [49] JÜRGENS, Eiko: *Die „neue“ Reformpädagogik und die Bewegung Offener Unterricht*. Sankt Augustin : Academia-Verlag, 1995
- [50] JÜRGENS, Eiko: Offener Unterricht im Spiegel empirischer Forschung. In: *PR (Frankfurt)* 51 (1997), S. 677–697
- [51] JUST, Eberhard: Alltagsorientierung im Chemieunterricht. In: *NiU-Chemie* 8 (1997), Nr. 37, S. 4–8
- [52] KLEIN, Armin: TIMSS-Konsequenzen. In: *ChemSch* 45 (1998), Nr. 6, S. 380–383
- [53] KLEINING, Gerhard: Umriß einer Methodologie qualitativer Sozialforschung. In: *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 34 (1982), S. 224–253
- [54] KLIEME; PRENZEL; TENORTH: *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Bonn : BMBF, 2003
- [55] KLIEME, E.; STEINERT, B.: Einführung der KMK Bildungsstandards. In: *MNU* 57 (2004), Nr. 3, S. 132–137
- [56] KMK: *Entwurf für Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für das Fach Chemie*. WWW-Dokument. www.kmk.org/schul/Bildungsstandards/Chemie_MSA_16-12-04.pdf. Version: 2004
- [57] KOCH, Lutz: Allgemeinbildung und Grundbildung, Identität oder Alternative? In: *ZfE* 7 (2004), Nr. 2, S. 183–191
- [58] LAMNEK, S.: *Qualitative Sozialforschung. Band 1: Methodologie*. Weinheim : Psychologie Verlags Union, 1993
- [59] LEHMEIER, Heinz: Benötigt die handlungswissenschaftlich begründete Pädagogik eine eigene Forschungsmethode? In: *ZfPäd* 41 (1995), Nr. 3, S. 631–650
- [60] LINDEMANN, H.; BRINKMANN, U.: Alltagschemie - als Orientierungshilfe zur Gestaltung von Chemieunterricht. In: *NiU-Chemie* 5 (1994), Nr. 24, S. 29–33

- [61] MANDL, Heinz et al.: Textverständlichkeit - Textverstehen. In: TREIBER, B.; WEINERT, F.E. (Hrsg.): *Lehr-Lernforschung*. München : Urban & Schwarzenberg, 1982, S. 66–88
- [62] MAYRING, Philipp: *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim : BELTZ Psychologie Verlags Union, 1999
- [63] MELLE, I.; PARCHMANN, I.; SUMFLETH, E.: Kerncurriculum Chemie. In: *MNU* 57 (2004), Nr. 3, S. 160–166
- [64] MNU: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert. In: *MNU* 51 (1998), Nr. 6, S. 352f
- [65] OERTER, Rolf: Welche Realität erfasst Unterrichtsforschung? In: *Unterrichtswissenschaft* (1979), Nr. 1, S. 24–43
- [66] OHLY, H.-U.; PETER, K. (Hrsg.): *Lernbox: Lernmethoden – Arbeitstechniken*. Seelze : Friedrich Verlag, 2003
- [67] OSTERMEIER, C.: *SINUS - Transfer*. WWW-Dokument. www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/ipnblatt/ip403/fr_ip403.htm.
Version: 2003
- [68] PARCHMANN; GRÄSEL; RALLE et al.: *ChiK Zwischenbericht*. WWW-Dokument. www.uni-saarland.de/fak5/forschung/projekte. Version: 2003
- [69] PARCHMANN, I.: „Inputs“ oder „Outcomes“ – Diskussion der Zielperspektive von Bildungsstandards und deren Umsetzung im Projekt Chemie im Kontext. In: *PdN-ChiS* 52 (2003), Nr. 1, S. 10–12
- [70] PARCHMANN, I.; RALLE, B.; DEMUTH, R.: Chemie im Kontext. Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. In: *MNU* 53 (2000), Nr. 3, S. 132–137
- [71] PFEIFER, Peter: Was heißt „naturwissenschaftliches Arbeiten“? In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 7–11
- [72] PRENZEL, M.: Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellversuch von Bund und Ländern. In: *Unterrichtswissenschaft* (2000), Nr. 2, S. 103–126
- [73] PRENZEL, M.; DUIT, R.: Zum Stand des BLK-Modellversuchs „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. In: *GDCP* 29 (2001), S. 99–101

- [74] PRENZEL, M.; PARCHMANN, I.: Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 15–17
- [75] RAMPILLON, Ute: *Lerntechniken im Fremdsprachenunterricht*. München : Hueber, 1996
- [76] RAMSEGER, J.: *Offener Unterricht in der Erprobung*. Weinheim : Juventa, 1985
- [77] REINMANN; ROTHMEIER; MANDL: *Individuelles Wissensmanagement: Strategien für den persönlichen Umgang mit Informationen am Arbeitsplatz*. Göttingen : Hüber, 2000
- [78] SCHAEFER, Gerhard: Scientific Literacy im Dienste der Entwicklung allgemeiner Kompetenzen. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 83–103
- [79] SCHIEFELE, U.; WILD, K.-P. (Hrsg.): *Interesse und Lernmotivation – Untersuchung zur Entwicklung, Förderung und Wirkung*. Münster : Waxmann, 2000
- [80] SHAMOS, Morris: Durch Prozesse ein Bewusstsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In: GRÄBER; NENTWIG; KOBALLA (Hrsg.): *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen : Leske + Budrich, 2002, S. 45–68
- [81] SIMONS, Robert Jan: Lernen, selbständig zu lernen. In: MANDL, H.; FRIEDRICH, H. (Hrsg.): *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention*. Göttingen : Hogrefe, 1992, S. 251–264
- [82] STÄUDEL, L.; WERBER, B. (Hrsg.): *Lernbox: Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren*. Seelze : Friedrich Verlag, 2001
- [83] STÄUDEL, L.; WERBER, B.; FREIMANN, T.: *Lernbox: Naturwissenschaften Verstehen & Anwenden*. Seelze : Friedrich Verlag, 2003
- [84] STÄUDEL, Lutz: Naturwissenschaftliches Arbeiten. In: *NiU-Chemie* 14 (2003), Nr. 76/77, S. 4–6
- [85] STÄUDEL, Lutz: Chemieunterricht nach SINUS. In: *PdN-ChiS* 53 (2004), Nr. 8, S. 27–32
- [86] TENORTH, H.-E.: Bildungsstandards und Kerncurriculum. Systematischer Kontext, bildungstheoretische Probleme. In: *ZfPäd* (2004), Nr. 5, S. 650–660

- [87] TENORTH, H.-E.: Stichwort „Grundbildung“ und „Basiskompetenzen“. In: *ZfE* 7 (2004), Nr. 2, S. 169–182
- [88] THILLM: *Thüringer Lehrplan für das Gymnasium - Chemie*. Saalfeld : SATZ+DRUCK Centrum Saalfeld, 1999
- [89] THILLM: *Was ist neu an den Thüringer Lehrplänen*. Bad Berka : ThILLM, 1999
- [90] THILLM: *Material 86: Bewertung nach dem Kompetenzmodell*. Bad Berka : ThILLM, 2003
- [91] VOGLHUBER, Helga: *Voneinander und miteinander lernen*. WWW-Dokument. imst.uni-klu.ac.at/schwerpunktprogramme/s4/_content/links/bericht-voglhuber.pdf. Version: 2003
- [92] WILD, Elke: Lernen lernen: Wege einer Förderung der Bereitschaft und Fähigkeit zum selbstregulierten Lernen. In: *Unterrichtswissenschaft* (2003), Nr. 1, S. 2–5
- [93] WOEST, Volker: *Offener Chemieunterricht: Konstruktion – Erprobung – Bewertung*. Alsbach/Bergstraße : Leuchtturm, 1995
- [94] WOEST, Volker: *Den Chemieunterricht neu denken*. Alsbach/Bergstraße : Leuchtturm, 1997
- [95] WOEST, Volker: Chemiedidaktik – quo vadis? In: *Chem.Sch.* 46 (1999), Nr. 4, S. 238–239
- [96] WOEST, Volker: Chemieunterricht – Unterricht in Chemie? In: *ChemSch* 46 (1999), Nr. 2, S. 107–108
- [97] WOEST, Volker: Methode, Berater oder Experte: Die Förderung naturwissenschaftlichen Lernens durch die Rolle der Lehrperson. In: *NiU-Chemie* 15 (2003), Nr. 77, S. 89–92
- [98] WOLFF, Dieter: *Lernstrategien: ein Weg zu mehr Lernerautonomie*. WWW-Dokument. www.ualberta.ca/german/idv/wolff1.htm. Version: 2003

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen angefertigt habe.

Jena, 18. September 2005

Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen, die zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen haben. Prof. Dr. Volker Woest stand jederzeit für die Diskussion konzeptioneller und inhaltlicher Fragen zur Verfügung, seine Anregungen und konstruktive Kritik waren mir eine wertvolle Hilfe. Dafür möchte ich mich bedanken.

Weiterhin geht mein Dank an Dagmar Pennig für den beständigen fachlichen Meinungsaustausch und die tägliche moralische Unterstützung.

Ich danke Frau Dr. Gruber, Frau Weingärtner und den Schülerinnen und Schülern des Friedrich-Schiller-Gymnasiums Eisenberg für die konstruktive Zusammenarbeit bei der Erprobung der Unterrichtsmodule sowie allen an der Pilotstudie und den Voruntersuchungen beteiligten Lehrerinnen, Lehrern und Lernenden.

Meinem Mann, Jens Bojko, der mir bei allen T_EXnischen Fragen zu Seite stand, möchte ich hiermit herzlich danken.

Petra Bojko

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Petra Bojko, geb. Tiedmann
Geburtsdatum: 14. 03. 1974
Geburtsort: Meiningen
Anschrift: 0 77 43 Jena, Lutherstr. 151,
Tel.: 03641/82 87 60, e-mail: petra.bojko@uni-jena.de
Fam. Stand: verheiratet, 1 Kind

Schulischer Werdegang

09/1980 – 08/1990 Polytechnische Oberschule Wernshausen
09/1990 – 08/1992 Staatliches Gymnasium Schmalkalden
10/1992 – 05/1998 Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Studiengang Chemie und Englisch für Lehramt an Gymnasien
09/1998 – 08/2000 Staatliches Studienseminar Jena,
Lehramtsanwärterin für das Lehramt an Gymnasien
seit 09/2000 Friedrich-Schiller-Universität Jena, Didaktik der Chemie,
wissenschaftliche Mitarbeiterin und Promotionsstudium
06/2001 – 10/2002 Mutterschutz und Elternzeit

Abschlüsse

1990 Abschluss der 10. Klasse (mittlere Reife)
1992 Abitur (allgemeine Hochschulreife)
1998 1. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien
für die Fächer Chemie und Englisch
2000 2. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien
für die Fächer Chemie und Englisch

Auslandsaufenthalte

07/1993 – 09/1993 Au pair und Sprachschule in London
09/1994 – 04/1995 Studium an der Oxford Brookes University, England (Englisch)

Veröffentlichungen

2005 P. Bojko, V. Woest: *Informationen aufbereiten. Arbeit mit Texten in einem Gruppenpuzzle „Alkohole“.*
NiU – Chemie (16) 2005, Nr. 88/89. S. 60–65.
2004 P. Bojko, V. Woest: *Schüler lernen von Schülern - Aufgaben für die Arbeit in kooperativen Lernformen am Beispiel „Duft- und Aromastoffe“.*
NiU – Chemie (15) 2004, Nr. 82/83. S. 57-61.
2003 P. Bojko: *Offene Wege in die Organische Chemie – „Aromastoffe“ im Lernzirkel.*
In GDCP 2003.
2002 P. Bojko: *Neue Wege in die Organische Chemie.*
In GDCP 2003.

Ausbildung von Methodenkompetenz im Chemieunterricht

Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Unterrichtsmodulen zur Ausbildung von Kompetenzen im Umgang mit Texten und bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten

Anhang

zur Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt dem Rat der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät der
Friedrich-Schiller-Universität Jena
von Petra Bojko, geb. Tiedmann
geboren am 14.03.1974 in Meiningen

1	Material der Pilotstudie	3
1.1	Arbeitsaufträge Gruppe 1 bis 6	3
1.2	Inhaltsverzeichnisse der Gruppenhefter	9
1.3	Regeln für die Gruppenarbeit	15
1.4	Laufzettel für die Stationsarbeit	17
2	Modul 1: Verständnisintensives Lesen am Thema „Erdöl“	22
2.1	Arbeitsmaterial „Lesen von Texten“	23
2.2	Text Gruppe 1	25
2.3	Text Gruppe 2	27
2.4	Text Gruppe 3	29
2.5	Text Gruppe 4	31
2.6	Text Gruppe 5	33
2.7	Text Gruppe 6	36
2.8	Arbeitsauftrag für das Lesen der Texte	38
2.9	Arbeitsauftrag nach dem Lesen der Texte	39
2.10	Arbeitsblatt für die Zuhörer der Vorträge	39
3	Modul 2: Methoden zur Aufbereitung von Informationen am Thema „Alkohole“	43
3.1	Arbeitsmaterial Expertengruppe 1: Die Alkoholische Gärung	44
3.2	Arbeitsauftrag Expertengruppe 1	46
3.3	Arbeitsmaterial Expertengruppe 2: Eigenschaften von Alkoholen	47
3.4	Arbeitsauftrag Expertengruppe 2	49
3.5	Arbeitsmaterial Expertengruppe 3: Wo spielen Alkohole eine Rolle? Verwendung und Wirkung von Alkoholen	50
3.6	Arbeitsauftrag Expertengruppe 3	52
3.7	Arbeitsauftrag Unterrichtsrunde	53
4	Modul 3: Naturwissenschaftlich experimentieren	54
4.1	Exkursionsauftrag	55
4.2	Material zur Herleitung der Fragestellung	56
4.3	Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“	57
4.4	Arbeitsmaterial: Vorlage zum Erstellen eines Protokolls	58
4.5	Arbeitsblatt zur Durchführung des Versuches	59
4.6	Lernhilfen	61
5	Empirische Instrumente zur Analyse des Chemieunterrichts in Thüringen	62
5.1	Schülerfragebogen	62
5.2	Leitfaden für die Lehrerinterviews	66
6	Empirische Instrumente zur Begleitung der Pilotstudie	68
6.1	Fragebogen vor Durchführung der Pilotstudie	68

6.2	Arbeitsprotokolle der Schüler (Gruppenarbeitsphase).....	68
6.3	Fragebogen zur Bewertung des Materials (Stationsarbeit)	70
6.4	Schriftliche Schülerbefragung nach Durchführung der Pilotstudie	71
7	Empirische Instrumente zur Begleitung der Hauptstudie	73
7.1	Modul 1:	73
7.1.1	Beobachtungsleitfaden für die Gruppenarbeit.....	73
7.1.2	Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 1	74
7.2	Modul 2:	76
7.2.1	Beobachtungsleitfaden für Experten- und Unterrichtsrunde.....	76
7.2.2	Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 2	77
7.3	Modul 3:	79
7.3.1	Beobachtungsleitfaden	79
7.3.2	Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 3	80
7.4	Abschließende schriftliche Befragung zu allen Modulen	82
7.5	Leitfaden für die abschließenden Gruppeninterviews.....	84

1 Material der Pilotstudie

1.1 Arbeitsaufträge Gruppe 1 bis 6

Arbeitsauftrag Gruppe 1: „Das riecht doch wie...“

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind etherische Öle?
- (2) Der menschliche Geruchssinn:
 - Wie sind unserer Riechorgane aufgebaut?
 - Wie funktioniert der Geruchssinn?
- (3) Welche Eigenschaften haben Duft- und Aromastoffe?
- (4) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Struktur der Stoffe und Ihrem Geruch?

***Hinweis:** Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.*

Teil 2:

Mit der Nase durch den Tag

Bearbeitet *eine* der folgenden Aufgaben!

Düfte und Aromen umgeben uns immer und überall. Das beginnt schon morgens nach dem Aufstehen: der frische Geruch und Geschmack der Zahncreme – ein bisschen Deo (damit man gut riechend durch den Tag kommt) – leckerer Kaffee-, Kakao- oder Brötchenduft zum Frühstück – Der „Gestank“ der Straße und der Autos, wenn man das Haus verlässt...

- (1) Geht einmal „mit offener Nase durch den Tag“. Achtet auf alle Gerüche, denen ihr im Laufe des Tages begegnet (die ihr sonst vielleicht gar nicht oder nur im Unterbewusstsein wahrnehmt).
Verfasst einen kurzen Text, in dem ihr den Tag vom Aufstehen bis zum Schlafengehen aus Sicht der Nase beschreibt!

ODER

- (2) Auch die Räume eurer Schule haben einen ganz bestimmten Eigengeruch: Wie riecht es zum Beispiel im Chemieraum, in der Sporthalle, im Speisesaal wenn ihr die Räume gerade betretet oder auf den Gängen wenn ihr morgens in die Schule kommt oder in einem Klassenraum, wenn davor eine Klasse eine Arbeit geschrieben hat?
Zeichnet und beschriftet eine Geruchslandkarte eures Schulhauses

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „Eigenschaften von Aromastoffen“ und dem Phänomen der „Geruchswahrnehmung“ beschäftigt. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Stellt einen kurzen Text (ca. ½ A4-Seite) zusammen, der die menschliche Geruchswahrnehmung beschreibt.
- (2) Bastelt ein Puzzle zu den Geruchsorganen der Menschen. (Lasst diese Puzzle von eurer Lehrerin für alle Schüler vervielfältigen.)
- (3) Gebt einen Überblick über die Ergebnisse eurer Versuche zum Nachweis der Aldehydgruppe sowie zu Eigenschaften von Aromastoffe. Das kann z.B. in Form eines Posters oder eines Informationsblattes geschehen.
- (4) Legt an eurer Station auch die Ergebnisse von Teil 2 (eine Geschichte oder ein Geruchskarte) aus.

Arbeitsauftrag Gruppe 2: „Das schmeckt doch nach...“

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Was sind Duft- und Aromastoffe? Was sind etherische Öle?
- (2) Wie funktioniert der menschliche „Geschmackssinn“?
- (3) Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schmecken und Riechen?
- (4) Welche geschmacksbeeinflussenden Stoffe werden Lebensmitteln zugesetzt?
- (5) Wie müssen diese gekennzeichnet werden?

Hinweis: Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.

Teil 2:

Durch die Texte und Versuche könntet ihr erfahren, dass der Geschmack von Lebensmitteln auf verschiedene Weise beeinflusst werden kann. Insbesondere im Zeitalter von Fast Food und Fertigprodukten werden Lebensmittel durch Zusätze aufgepeppt. Findet heraus, wie es sich nun in der Praxis mit aromatischen und duftenden Zusätzen zu Fertigprodukten (Tütensuppen, Tiefkühlkost, Dosengerichten, Snacks...) verhält:

- (1) Schaut euch die Etiketten der Produkte, die ihr zu Hause verwendet, genau an! Welche geschmacksbeeinflussenden Stoffe sind dort angegeben? Welche Produkte enthalten Aromastoffe, Geschmacksverstärker, Duftstoffe usw.?
- (2) Geht auch in einen Supermarkt und „studiert“ die Etiketten verschiedener Produkte auf Zusatzstoffe!
- (3) Informiert euch (z.B. bei der Verbraucherzentrale oder im Internet) über die Kennzeichnungspflicht von geschmacksbeeinflussenden Stoffen und darüber, was sich hinter den E-Nummern verbirgt!
- (4) Diskutiert eure Beobachtungen in der Gruppe und überlegt gemeinsam, was mit der Zugabe der verschiedenen Stoffe beim Verbraucher bewirkt werden soll.

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „Geschmack“ und „geschmacksbeeinflussende Zusätze in Lebensmitteln“ beschäftigt. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Baut einen Versuch zum Geschmackstest auf, der den Zusammenhang zwischen Schmecken und Riechen verdeutlicht.
- (2) Baut einen Versuch auf, in dem Lebensmittel mit natürlichem Aroma (z.B. Naturjoghurt mit frischen Früchten) mit einem Produkt verglichen wird, dem Zusatzstoffe zugegeben sind (Joghurt mit Aroma- und Farbstoffen)
- (3) Entwickelt für beide Versuche Geschmacksprotokolle, die von den Testpersonen ausgefüllt werden müssen! (Lasst diese von der Lehrerin vervielfältigen.)
- (4) Erstellt ein Poster zum Thema „Lebensmittelzusatzstoffe und Geschmack“ in dem ihr wichtige Ergebnisse aus Teil 1 und 2 darstellt!

Arbeitsauftrag Gruppe 3: Die Geruch(t)eküche

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Welche Kategorien von Aromastoffen gibt es?
- (2) Was erfahrt ihr über die Geschichte von Aromastoffen? Wann und wozu wurden Düfte und Aromen früher eingesetzt? Wie kam es zur Herstellung synthetischer Aromastoffe?
- (3) Wie kann man Fruchttester künstlich herstellen? Welche chemische Reaktion steckt dahinter? Welche Ausgangsstoffe benötigt man? Wie läuft diese Reaktion ab?
- (4) Lassen sich Fruchttester in Lebensmitteln nachweisen?

Hinweis: Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.

Teil 2:

Häufig werden Fruchttester Süßwaren und alkoholfreien Erfrischungsgetränken zugesetzt.

- (1) Studiert die Etiketten von Getränkeflaschen und Süßwaren und findet heraus, in welchen Produkten Ester als Aromastoffe enthalten sind!
- (2) Versucht Kontakt zu Lebensmittelchemikern bekannter Firmen herzustellen (Zetti, Storck, Nestlé, Coca-Cola...) und findet heraus, welche Ester in diesen Firmen eingesetzt werden.
- (3) Vielleicht könnt ihr auch in Erfahrung bringen, woher (von welchen Produzenten) die jeweiligen Firmen die Aromastoffe beziehen, wieviel davon pro Jahr verbraucht wird ...

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „synthetische Aromastoffe“ beschäftigt. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Stellt möglichst anschaulich und für eure Mitschüler gut verständlich dar, was bei der Reaktion der Veresterung passiert! (Ihr könnt die Reaktion z.B. mit eigenen Modellen nachbauen, eine Fotogeschichte erstellen, Vorher-Nachher-Riechproben aufbauen Eurer Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.)
- (2) Stellt die Ergebnisse von Teil 2 in einem Poster zusammen!
- (3) Entwickelt ein Frage – Antwort – Kartenspiel!
Formuliert mindestens 15 Fragen zur Geschichte von Aromastoffen, zur Veresterung, zur Verwendung von Estern als Aromastoffe.

Eine Karte könnte zum Beispiel so aussehen:

Vorderseite:

Welches sind die Ausgangsstoffe bei einer Veresterung:

- a) Ester und Wasser
- b) Alkohol und Carbonsäure
- c) Seife und Natronlauge

Rückseite

b) Alkohol und Carbonsäure

Arbeitsauftrag Gruppe 4: Gewinnung von Aromastoffen

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Welche historischen und modernen Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe gibt es?
- (2) Worauf beruhen diese Methoden? Wie funktionieren sie?
- (3) Was sind Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden?
- (4) Leitet aus euren Erfahrungen beim Experimentieren ab, was man berücksichtigen muss, um möglichst hochwertige Aromaöle aus Naturstoffen zu gewinnen? Welche Methode eignet sich zur Gewinnung welcher Aromen?
- (5) Begründet, warum gute Parfums meist sehr teuer sind!

Hinweis: *Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.*

Teil 2:

Überlegt euch zunächst, in welchen Produkten, die ihr im Alltag verwendet, natürliche Aromastoffe eingesetzt werden könnten.

Überprüft, ob eure Vermutungen richtig sind, indem ihr zu Hause und auch im Supermarkt die Etiketten von Produkten auf Duft- und Aromastoffe hin „studiert“.

Tragt eure Erfahrungen zusammen und versucht, die einzelnen Produkte zu ordnen und in Gruppen zusammenzufassen.

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „Gewinnung natürlicher Aromastoffe“ beschäftigt. Damit auch eurer Mitschüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Stellt eine Broschüre her, in der das Thema „Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe“ anschaulich dargestellt wird! Inhalt sollte sein:
 - Ein Überblick über Methoden zur Gewinnung natürlicher Aromastoffe
 - Erläuterung der jeweiligen Methode (Prinzip, Vor- und Nachteile)
 - Beispiele (Ausgangsstoffe, Produkte, Duftproben)
 - Anwendung (Ergebnisse Teil 2)
- (2) Entwickelt ein Kreuzworträtsel in dem ihr Fakten und Begriffe erfragt, die das Thema betreffen und die in der Broschüre vorkommen. Erfragt mindestens 20 Begriffe! (Ihr könnt entweder ein Kreuzworträtsel als Gruppe entwickeln, es kann aber auch jeder ein eigenes Rätsel entwerfen.)

Arbeitsauftrag Gruppe 5: Extraktion

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Erläutert die „Extraktion“ als Verfahren zur Stofftrennung!
- (2) Welchen Einfluss hat das Lösemittel auf die Ausbeute und auf die Art des Produktes?
- (3) Welchen Einfluss haben Phasengrenzflächen (oder auch Zerteilungsgrad auf das Ergebnis der Extraktion?
- (4) Welche Möglichkeiten gibt es, Lösemittel vom Extrakt zu trennen?
- (5) Welche Überlegungen müssen angestellt werden, um das Ergebnis einer Extraktion zu optimieren?

Hinweis: *Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.*

Teil 2:

Mit den Versuchen habt ihr gewissermaßen „chemische“ Extraktionen durchgeführt. Doch Extrakte finden sich in jedem Haushalt und extrahiert wird ebenfalls meist täglich in den eigenen vier Wänden.

- (1) „Durchstöbert“ Küchen- und Wohnzimmerschränke auf der Suche nach Extrakten und Stoffen die extrahiert werden können.
- (2) Beobachtet euch und eure Familien aufmerksam und überlegt, wann zu Hause Extraktionen durchgeführt werden.
- (3) Welche theoretischen Grundlagen (hinsichtlich Lösemittel, Temperatur, Zerteilungsgrad) spiegeln sich in diesen Alltagshandlungen wider?

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „Extraktion“ beschäftigt. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Entwickelt einen Versuch zur Extraktion eines von euch gewählten Aromas!
Das bedeutet ihr müsst „rumprobieren“ und testen.
 - Entscheidet euch zunächst für einen Ausgangsstoff.
 - Überlegt nun, welche Lösemittel theoretisch geeignet wären, den Aromastoff herauszulösen.
 - Überprüft in Versuchen, womit sich der Versuch am besten durchführen lässt.
 - Variiert ebenfalls Zerteilungsgrad und eventuell die Temperatur so, dass ihr ein optimales Ergebnis erreicht.
 - Wägt auch ab, inwieweit sich ein viel komplizierterer Aufbau oder ein höherer Zeitaufwand auszahlen oder nicht.
- (2) Erstellt eine Versuchsanleitung (Arbeitsblatt) zu dem entwickeltem Versuch!
Das Arbeitsblatt sollte enthalten:
 - eine Aufgabe (was der Versuch soll)
 - Geräte und Chemikalien
 - Durchführung (Skizze und Beschreibung des Vorgehens)
 - Theoretische Grundlagen (Erklärung der fachlichen Hintergründe für eure Mitschüler, die den Versuch an der Station durchführen werden und keine Ahnung davon haben, wie eine Extraktion funktioniert und worauf zu achten ist)
- (3) Baut den Versuch zweimal auf!

Arbeitsauftrag Gruppe 6: Vanille oder Vanillin??

Teil 1:

In eurem Gruppenordner sind verschiedene Texte und Versuchsanleitungen zusammengestellt. Bearbeitet diese unter folgenden Schwerpunkten und Fragestellungen:

- (1) Was sind natürliche, naturidentische und künstliche Aromastoffe?
- (2) Ist Vanillezucker dasselbe wie Vanillinzucker? Erklärt Gemeinsamkeiten und / oder Unterschiede hinsichtlich der Eigenschaften, der Struktur und des Geschmacks!
- (3) Welche Geschichte haben Vanille bzw. Vanillin?
- (4) Wie gewinnt man Vanille- bzw. Vanillinaroma?
- (5) 10 Päckchen Vanillinzucker kosten € 0,89, für 2 Päckchen Vanillezucker zahlt man € 0,49. (Wieviel mal teurer ist der Vanillezucker?) Warum ergeben sich solche Unterschiede im Preis?
- (6) In der Gefahrstoffverordnung findet man für Vanillin folgende Angaben:
R 22: Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
S 23/24: Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.
Auf der anderen Seite wird Vanillinzucker zum Backen und Verfeinern von Speisen eingesetzt. Wie ist dieser Widerspruch zu bewerten?

Hinweis: *Ihr müsst nicht unbedingt alle Texte genau lesen. Versucht, selbst zu entscheiden, was euch bei der Bearbeitung eurer Schwerpunkte besonders wichtig erscheint, oder was ihr für besonders interessant oder wissenswert haltet.*

Teil 2:

Synthetische Aromastoffe und ihre natürlichen Vorbilder

Viele technische Verfahren und industriell synthetisierte Stoffe haben ihre Vorbilder in der Natur. (Wissenschaftler und Forscher haben quasi Prinzipien der Natur abgeschaut und versucht nachzubauen.) Dies ist auch bei vielen Duft- und Aromastoffen der Fall.

- (1) Geht auf die Suche nach solchen „Paaren“ wie Vanillinzucker und Vanille, d.h. nach Produkten, die naturidentische Aromastoffe enthalten und ihren Vorbildern in der Natur!. Nehmt einen Fotoapparat fotografiert die jeweiligen „Paare“ oder Gruppen.
- (2) Gestaltet mit den Fotos eine Collage.

Teil 3:

Ihr seid die einzige Gruppe, die sich mit dem Themenschwerpunkt „Vanille bzw. Vanillin“ beschäftigt. Damit auch die anderen Schüler etwas darüber erfahren, werdet ihr in 2 Wochen an Stationen arbeiten. Eure Aufgabe ist es, eine Station zu eurem Thema mit Informationen und Arbeitsmaterial auszustatten:

- (1) Gestaltet einen Comic, in dem Vanille-Aroma und Vanillin-Aroma vorgestellt und miteinander verglichen werden. (Der Titel könnte z.B. lauten: Vanilla meets Vanillin).

ODER

Überlegt euch eine andere Art der Präsentation, mit der Vanille und Vanillin-Aroma umfassend vorgestellt werden. („Umfassend“ bedeutet, dass neben der Darstellung von Fakten auch möglichst viele Sinne der Zuschauer angesprochen werden sollten.)

- (2) Verfasst einen Lückentext, in dem eure Mitschüler dann an der Station Interessantes und Wissenswertes zu dem Thema ergänzen müssen. (Der Text sollte etwa 10 Lücken enthalten.) Denkt daran, dass sich der Inhalt des Lückentextes auf den Inhalt des Comics oder die Präsentation von Vanille beziehen sollte.
Lasst den Lückentext von der Lehrerin vervielfältigen!

1.2 Inhaltsverzeichnisse der Gruppenhefter

Inhaltsverzeichnis Gruppenhefter 1

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Düfte und Aromen – ein sinnliches Erlebnis (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 84) (Hinweis auf fette Öle S.63)
2. Weitere Duftstoffe – nicht alle gehören zu den Estern (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 94-96)
3. Gerüche erregen nicht nur die Nase (*Geo* April 1987, S.26f.)
4. Grundlegendes zu Duftstoffen (Körber, G. *MNU* S. 436)
5. Die Chemie des Duftes (John Emsley: *Parfum, Portwein, PVC*, S. 4-8)
6. Der Geruchssinn des Menschen (Michael Paret in *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 34ff.)
7. Die phasischen Eigenschaften des Geruchssinns (Jürgen G. Storrer in *Unterricht Biologie* 207/ September 1995 S. 46f.)
8. Duftstoffe (Münzinger, Maedler, Günkel in *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 4-6)
9. Quarks & Co. „Das Rätsel von Links und Rechts“ (www.quarks.de)
10. Strukturelle Grundlagen von Gerüchen (In *Unterricht Biologie* 207/Spetember 1995 S. 9)
11. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 12 –14

Versuchsanleitungen

- Versuch 1: Duftadaption
- Versuch 2: Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin
- Versuch 3a: Nachweis etherischer Öle in Gewürznelken mit Sudan III
- Versuch 3b: Unterscheidung etherischer und fetter Öle: Lavendelöl vs. Salatöl
- Versuch 3c: Feuergefährlichkeit etherischer Öle
- Versuch 3d: Löslichkeit etherischer Öle

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Düfte und Aromen – ein sinnliches Erlebnis (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 84)
2. Aromaforschung heute (Schreier, P., Mosandl, A. in *Chemie in unserer Zeit* (1985) S. 22)
3. Geschmacksorgane und Schmeckleistung (Unterricht Biologie 207/September 1995 S. 11f.)
4. Über Geschmack lässt sich streiten (Unterricht Biologie 207/September 1995 S. 36-39 in Auszügen)
5. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 4-5, 12-13, 18-19

Versuchsanleitungen

Versuch 1: Augen-und-Nase-zu-Test

Versuch 2: Zungenzonentest

Versuch 3a: Geschmacksschwellen in Abhängigkeit von der Temperatur

Versuch 3b: Geschmacksschwellen in Abhängigkeit von der Konzentration

Versuch 4: Aroma-Farb-Test

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Geschichtliches über Düfte (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 86)
2. Ester – eine neue Stoffklasse (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 91-93)
3. Vorwort zu „Riechstoffe und Geruchssinn“ von G. Ohloff
4. Düfte – heilig und heilend, Parfüm – ein alter Luxus (Hedewig, Roland in *Unterricht Biologie* 207/September 1995 S. 52)
5. Duftstoffe pflanzlicher Herkunft (John Emsley: *Parfum, Portwein, PVC*, S. 15-19)
6. Klassische Beispiele für die Isolierung und Synthese von Geruchsstoffen (Schreier, P., Mosandl, A. in *Chemie in unserer Zeit* (1985) S. 22)
7. Duftstoffe (Münzinger, Maedler, Günkler in *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 4f)
8. Aromen für die Schule (A. Biedermann, W. Wagner in *NiU-Chemie* (1999) Nr.49 S. 43ff.)
9. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 12

Versuchsanleitungen

- Versuch 1a: Herstellung von Bananenaroma
- Versuch 1b: Herstellung von Nelkenaroma
- Versuch 1c: Herstellung von Rumaroma
- Versuch 1d: Herstellung von Wintergrün-Aroma
- Versuch 2: Nachweis der selbst hergestellten Ester mit dem Rojahn-Test

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Gewinnung von Duft- und Aromastoffen (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 84f.)
2. Geschichtliches über Düfte (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 86)
3. Wasserdampfdestillation (Organikum: Organisch-Chemisches –Grundpraktikum. S. 50f.)
4. Vorwort zu „Riechstoffe und Geruchssinn“ von G. Ohloff
5. Aromaöle: Gewinnungsarten (www.gesund.co.at Thema der Woche 41/2002)
6. Geschichte des Parfums (John Emsley: *Parfum, Portwein, PVC*, S. 9-15)
7. Kurzer Abriss der Geschichte der Aromastoffe (Michael Paret. *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 37-40)
8. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 9-13, 41

Versuchsanleitungen

Versuch 1: Wasserdampfdestillation von Lavendelblüten, Pfefferminzblättern, Apfelschalen

Versuch 2: Mazeration von Zimt

Versuch 3: Enfleurage von Blütenblättern (Rosen- oder Lavendelblüten)

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Extraktion (*Paetec Berlin Klasse 8* S. 42)
2. Extraktion (*Chemie heute*, 1988 S. 33)
3. Extraktion (*Chemie heute*, 1995 S. 41)
4. Der Scheidetrichter (*Paetec Berlin Klasse 8* S. 43)
5. Extraktion, Extraktion von Feststoffen, Extraktion von Flüssigkeiten (Organikum: Organisch-Chemisches –Grundpraktikum. S. 54-58.)
6. Geschichte des Parfums (John Emsley: *Parfum, Portwein, PVC*, S. 9-15)
7. Kurzer Abriss der Geschichte der Aromastoffe (Michael Paret. *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 37-40)
8. Spiritus Vini : Tinkturen, Extrakte und Co (D. Schmidkunz-Eggler in *NiU-Chemie* 1999 Nr.51 S.44f.)
9. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 12

Versuchsanleitungen

- Versuch 1: Extraktion von Orangenschalen mit verschiedenen Lösungsmitteln
- Versuch 2: Alkoholische Extraktion von Zimtpulver und Zimtrinde
- Versuch 3: Extraktion mit Soxhlett

Regeln für die Gruppenarbeit

Arbeitsaufgaben

Texte

1. Trennen von Stoffgemischen unter Ausnutzung der Haftfähigkeit (*Paetec Berlin Klasse 8* S. 42)
2. Chromatographieren (*Chemie heute*, 1995 S. 41)
3. Vanillearoma (*Paetec Berlin Klasse 10* S. 87)
4. Geschichtliches über Düfte (*Paetec Berlin Klasse 8* S. 86)
5. Duftstoffe pflanzlicher Herkunft (John Emsley: *Parfum, Portwein, PVC*, S. 15-19)
6. Aromaforschung heute (Schreier, P., Mosandl, A. in *Chemie in unserer Zeit* (1985) S. 22)
7. Duftstoffe (Synthese von Vanillin) (Münzinger, Maedler, Gänkel in *NiU-Chemie* (1994) Nr.22 S. 4-6)
8. Aromen in für die Schule A. Biedermann, W. Wagner in *NiU-Chemie* (1999) Nr.49 S. 43)
9. Auf den Geschmack gekommen (Informationsbroschüre der Firma H&R Haarmann und Reimer. Holzminden) S. 2-17

Versuchsanleitungen

- Versuch 1: Extraktion von Vanille-Aroma aus einer Vanille-Schote
- Versuch 2: Dünnschichtchromatographie von Vanille und Vanillin
- Versuch 3: Nachweis der Aldehydgruppe in Vanillin

1.3 Regeln für die Gruppenarbeit

Alle Gruppen werden gleichzeitig arbeiten und experimentieren. Damit das reibungslos klappen kann und ihr euch nicht gegenseitig behindert, müssen einige „Spielregeln“ beachtet werden.

Allgemeines:

- ✘ Stört die anderen Gruppen nicht!
- ✘ Besprecht und plant in jeder Stunde, wie eure Arbeit weitergehen soll! Notiert die Planung kurz! Legt die Notizen dem Gruppenhefter bei!
- ✘ Wenn ihr wirklich meint, ihr kommt alleine nicht weiter, fragt die Lehrerin!
- ✘ Experimente müssen eine Stunde vorher angemeldet werden!
- ✘ Erkundungen müssen eine Stunde vorher angemeldet werden!
- ✘ Die Gruppenhefter werden am Ende der Stunde bei der Lehrerin abgegeben.
- ✘ Texte oder Versuchsanleitungen können nur nach Absprache mit der Lehrerin nach Hause genommen werden.
- ✘ Füllt nach jeder Stunde den Fragbogen aus, in dem ihr eure Arbeit kurz darstellt!

Zu den Texten:

- ✘ Im Inhaltsverzeichnis sind alle in der Mappe enthaltenen Texte aufgeführt.
- ✘ Es kann zum gleichen Schwerpunkt mehrere Texte geben.
- ✘ In das Material wird nichts hineingeschrieben, gemalt oder markiert!
- ✘ Sortiert die Texte nach Gebrauch wieder richtig ein.
- ✘ Ihr könnt gerne eigenes Material, das zum Thema passt, mitbringen und verwenden.

Zum Experimentieren:

- ✘ Im Inhaltsverzeichnis sind alle zum Thema möglichen Experimente aufgeführt.
- ✘ Experimente müssen eine Stunde vorher angemeldet werden.
- ✘ Jede Gruppe soll mindesten 2 Experimente durchführen. Es können selbstverständlich auch alle Versuche durchgeführt werden.
- ✘ Lest die Versuchsanleitungen **vollständig**, bevor ihr mit dem Experimentieren anfangt!
- ✘ Stellt alle benötigten Geräte und Chemikalien zusammen, bevor ihr loslegt.
- ✘ Beachtet die angegebenen Sicherheitsvorschriften!
- ✘ Schutzbrille und Kittel tragen!
- ✘ Achtet beim Aufbau der Versuche darauf, dass ihr andere nicht gefährdet!
- ✘ Plant ausreichend Zeit zum Auswaschen und Aufräumen ein!
- ✘ Notiert (protokolliert) die Ergebnisse für die Auswertung!
- ✘ Ansätze, die mehrere Tage stehen bleiben, müssen beschriftet werden (Name des Schülers, Gruppe, was ist drin).
- ✘ Folgende Versuchsaufbauten müssen von Lehrerin kontrolliert werden, bevor es losgeht:
Gruppe 4: Versuch 1 und 2
Gruppe 5: Versuch 2

Hinweise für die Gestaltung der Produkte (Teil 3)

Ein Teil Eurer Arbeit besteht darin, Material für die Stationsarbeit herzustellen. Dabei sollten einige Punkte beachtet werden.

1. Eure Mitschüler müssen damit arbeiten können, ohne dass sie bei euch nachfragen müssen.
Das bedeutet: Formuliert klare und eindeutige Aufgaben und Anweisungen!
2. Das Material ist so gestaltet, dass es Neugier weckt und die Arbeit damit Spaß macht.
3. Es soll für eure Mitschüler verständlich sein.
4. Wichtige und neue Fachbegriffe, die ihr verwendet, müssen erklärt werden.
5. Verwendet für euer Produkt nur sorgfältig herausgesuchte Informationen, die ihr selbst auch verstanden habt.
6. Verwendet vor allem keine abgeschriebenen Textabschnitte!
Erklärt und beschreibt so weit wie möglich mit euren eigenen Worten!
7. Wichtige Aspekte des Themas werden viel ausführlicher dargestellt als weniger wichtige Teile.

1.4 Laufzettel für die Stationsarbeit

Laufzettel Stationsarbeit

Allgemeines:

1. Im Klassenraum sind 6 Stationen aufgebaut.
2. Du musst **vier Stationen bearbeiten**. Welche Stationen das sind, steht in der Tabelle an der Tafel.
3. Nutze an den Stationen das Material, das deine Mitschüler in ihrer Gruppe angefertigt haben.
Wenn du Fragen hast, musst du dich an die entsprechenden Schüler wenden.
4. Notiere alle Ergebnisse auf dem Laufzettel!
5. Du hast für die Bearbeitung der Aufgaben eine Doppelstunde lang Zeit.
6. Gib den Laufzettel am Ende der Doppelstunde ab!

Aufgaben zu Thema 1: Riechen und Geruch



1. Lies das Material an der Station durch!
2. Löse das Puzzle zum „Geruchssinn des Menschen“ und klebe es auf die Rückseite dieses Blattes!
3. Beschreibe – ausgehend von der im Puzzle dargestellten Skizze – in 5 Sätzen, wie du dir die Aufnahme und Wahrnehmung von Gerüchen beim Menschen vorstellst!

4. Nenne 3 Eigenschaften etherischer Öle!
 -
 -
 -
5. Erkläre, warum Duftöl in einer Duftlampe wie ein Fetttäuge auf der Suppe schwimmt!

Aufgaben zu Thema 2: Das schmeckt doch wie...



1. Führe Versuch 1 entsprechend der ausliegenden Anleitung durch!
Notiere deine Ergebnisse in dem Protokoll, das an der Station ausliegt und hefte es an den Laufzettel.
Beantworte hier die Frage zur Auswertung:

2. Führe Versuch 2 entsprechend der ausliegenden Anleitung durch! Notiere deine Ergebnisse in dem Protokoll, das an der Station ausliegt.
Beantworte hier die Frage zur Auswertung:

3. Nenne 3 allgemeine Gruppen von Lebensmittelzusatzstoffen (z.B. Aromastoffe, nicht Himbeeraroma)! Gib für jede Gruppe 2 Gründe an, warum sie Lebensmitteln zugesetzt werden!

Gruppe	Gründe
	- -
	- -
	- -

Aufgaben zu Thema 3: Die Gerüch(t)eküche - Ester

Ester haben einen charakteristischen Geruch. Dieser ist auf eine organische Verbindung – einen sogenannten Ester – zurückzuführen. Eisbonbons oder Geleebananen riechen zum Beispiel sehr stark nach einem bestimmten Ester. Wie leicht der hergestellt werden kann, zeigt die unten stehende Tabelle.



1. Lies zunächst den Steckbrief zu Estern. Versuche dabei, dir so viel wie möglich über diese Stoffe zu merken.
2. Ergänze die folgenden Gleichungen!

Strukturformel		+	$ \begin{array}{cccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} - \text{O} - \text{H} \\ & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array} $	→ ←		+	
Wortgleichung	Essigsäure	+		→ ←		+	Wasser
Allgemeine Reaktionsgleichung		+		→ ←	Ester	+	Wasser

3. Teste und ergänze dein Wissen mit dem Kartenspiel:
 - a) Lies die Frage und versuche, die Antwort zu finden (nur im Kopf, nicht aufschreiben). Drehe dann die Karte um und überprüfe, ob deine Antwort richtig ist!
 - b) Lies die Antworten und formuliere die zugehörige Frage (im Kopf). Überprüfe dich, indem du die Karte umdrehst.
4. Lege nun die Karten zur Seite und beantworte folgende Fragen:

Wozu werden Ester hauptsächlich verwendet?

Was versteht man unter einer Veresterung?

Der systematische Name für Ananasaroma ist Butansäureethylester. Aus welchen Stoffen lässt sich dieses Aroma herstellen? Notiere Namen und Strukturformel!

Aufgaben zu Thema 4: Gewinnung von Aromastoffen



1. Löse das Kreuzworträtsel unter Zuhilfenahme der Broschüre!
2. Hefte das Rätsel an deinen Laufzettel!

Aufgaben zu Thema 5: Extrakte und Tinkturen



1. Führe den Versuch wie in der Anleitung beschrieben durch!
Notiere deine Beobachtungen!

2. Vergleiche die Ergebnisse hinsichtlich der Effektivität der Extraktion!

3. Erkläre, warum Kaffeebohnen vor der Zubereitung von Kaffee gemahlen werden (und der Kaffee nicht mit ganzen Bohnen gekocht wird)!

4. Informiere dich in dem ausliegenden Text über das Löseverhalten von polaren und unpolaren Stoffen!
Überlege, was du an Station 1 über das Löseverhalten von etherischen Ölen erfahren hast.
Erkläre nun, warum Parfums einen hohen Anteil an Alkohol (95 Vol-%) haben!

Aufgaben zu Thema 6: Vanille und Vanillin



Vanillezucker oder Vanillinzucker – ist das nicht das selbe? Gibt es einen Unterschied?

Das kannst du an dieser Station selbst herausfinden.

1. Lies zunächst den Comic aufmerksam durch.
2. Lies nun den Lückentext von Anfang bis Ende durch, ohne die Lücken auszufüllen!
3. Gehe den Lückentext nun noch einmal durch und ergänze dabei die fehlenden Begriffe!

Vanille oder Vanillin?

Die Vanillepflanze stammt aus der Familie der Orchideen. Im Handel kann man Vanille als _____(1) oder _____(2) kaufen. Die Vanilleschote wächst an _____ (3) oder _____(4).

Aus der Schote wird Vanillearoma _____(5). Vanillin ist ein _____(6) hergestellter Aromastoff. Möchte man Vanillezucker oder Vanillinzucker kaufen, so wird man feststellen, dass Vanillinzucker viel _____ (7) ist als Vanillezucker. Das liegt daran, dass _____(8).

Man kann Vanillezucker und Vanillinzucker leicht unterscheiden: Der Zucker mit echtem Vanille-Aroma sieht _____ (9) aus. Der Zucker mit synthetisch hergestelltem Vanillin ist _____ (10).

Vanillinzucker wird zum Beispiel zum _____ (11) verwendet.

In größeren Mengen kann Vanillin _____ (12) sein. Das Aroma von Vanillin kommt erst in der Mischung mit _____ (13) richtig zur Geltung.

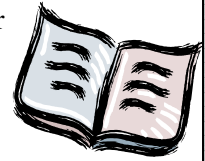
Nach einer Legende wird in Mexiko ein Liebestrank aus _____(14) und _____ (15) hergestellt.

2 Modul 1: Verständnisintensives Lesen am Thema „Erdöl“

2.1 Arbeitsmaterial „Lesen von Texten“

Arbeitsauftrag „Lesen von Texten“

Wenn du im Chemieunterricht einen Text bearbeiten musst, genügt es nicht, wenn du nur mal schnell drüber liest. Um die Inhalte zu verstehen und damit weiterzuarbeiten, musst du den Text intensiv lesen und ihn gewissermaßen systematisch bearbeiten. Dabei kann es helfen, wenn du nach folgender Schrittfolge vorgehst!



1. Schritt: Überfliegen

Lies den Text zunächst **einmal zügig** durch, um dir einen Überblick zu verschaffen. Achte dabei vor allem auf Kapitelüberschriften und Hervorhebungen. Es geht zunächst nur darum, dass du eine **grobe Vorstellung** von Inhalt und Aufbau des Textes bekommst.

2. Schritt: Vorbereitung auf den Text - Fragen an den Text

Nimm dir kurz Zeit, bevor du mit dem eigentlichen Lesen beginnst.

Überlege, **worum es in dem Text gehen wird**:

- In welchem Zusammenhang will / soll / muss ich den Text lesen?
 - Was weiß ich schon über das Thema?
 - Was will ich noch wissen? Was erwarte ich von dem Text?
- (Am Anfang kannst du deine Fragen zur Übung auf einem Zettel notieren.)

3. Schritt: gründlich (intensiv) lesen & markieren

Lies den Text nun **gründlich** durch.

Denke dabei an die Fragen, auf die der Text dir eine Antwort geben soll.

Beim intensiven Lesen des Textes können verschiedene Techniken hilfreich sein. Eine davon ist das **Markieren**.

☞ Informiere dich auf der Rückseite dieses Blattes über die Technik des Markierens!

4. Schritt: Text zusammenfassen

Um den Text zusammenzufassen bieten sich verschiedene Möglichkeiten an. Du solltest versuchen, die Methode zu finden, mit der du am besten arbeiten / lernen kannst.

Hier werden 2 Möglichkeiten vorgeschlagen:

✍ **Schlüsselworte notieren**

Schreibe die im Text markierten Schlüsselworte auf einen gesonderten Zettel. Überprüfe, ob der Inhalt des Textes damit erfasst ist, beziehungsweise ob du deine Fragen damit beantworten kannst.

ODER

✍ **Text abschnittsweise mit Sätzen zusammenfassen**

Fasse das Gelesene nach jedem Sinnabschnitt mit deinen Worten auf einem gesonderten Zettel kurz zusammen. (Später, wenn du mit der Methode schon häufiger gearbeitet hast, kannst du das auch nur gedanklich tun.)

Literatur:

Rampillon, Ute: *Lerntechniken im Fremdsprachenunterricht*. Handbuch. Hueber. Ismaning. 1996.

Stäudel, Lutz & Werber, Brigitte (Hrsg.). *Informationen beschaffen – aufbereiten – präsentieren. Methodenlernen in den Naturwissenschaften*. Friedrich Verlag. Seelze 2001.

Horst, Uwe & Ohly, Karl-Peter. *Lernbox Lernmethoden – Arbeitstechniken*. Friedrich Verlag. Seelze. 2003.

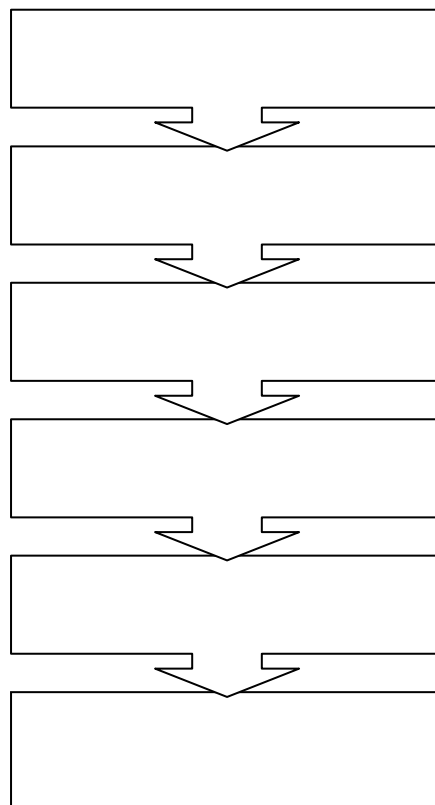
Wichtige Arbeitsschritte beim Markieren



Bringe die Arbeitsschritte beim Markieren in eine sinnvolle Reihenfolge.
Nummeriere sie in ihrer richtigen Reihenfolge mit Zahlen von 1 bis 6!

Schritte beim Markieren	Nummerierung
Unterstreiche die „Nebeninformationen“, die zur Erklärung der Schlüsselbegriffe dienen, mit dem dünnen roten Stift. Damit das Ganze übersichtlich bleibt, darf nicht zu viel unterstrichen werden!	
Kontrolliere das Unterstrichene noch einmal und finde die eigentlichen Schlüsselbegriffe heraus. Unterstreiche sie mit dem Textmarker.	
Unterstreiche die Stellen, die du für wichtig hältst, zunächst mit Bleistift. (Bleistift lässt sich leicht wegradieren. So macht es nichts, wenn du in dieser Phase zu viel unterstreichst.)	
Überfliege den Text, um einen Eindruck zu bekommen, worum es geht. (Hast du ja schon getan.)	
Fasse nun den Text zusammen, wie in Schritt 4 (auf der andern Seite) beschrieben!	
Lege Bleistift, Lineal, Textmarker und einen dünnen roten Filzstift auf deinem Arbeitsplatz bereit.	

Fasse jeden Schritt zum Vorgehen beim Markieren mit ein oder zwei Schlagworten zusammen und trage diese in der richtigen Reihenfolge in das folgende Schema ein!



2.2 Text Gruppe 1

Erdöl – ein ganz besonderer Stoff

Was ist Erdöl? Welche Eigenschaften hat es?

Jeder hat Kohle schon einmal in irgendeiner Form in der Hand gehalten – sei es als Brikett oder als Holzkohle. Jedoch nur wenige können das von Erdöl behaupten. Außerdem würden Menschen, die mit Erdöl zu tun haben, es ganz unterschiedlich beschreiben, denn Erdöl ist nicht gleich Erdöl, wie die folgende Abbildung zeigt:

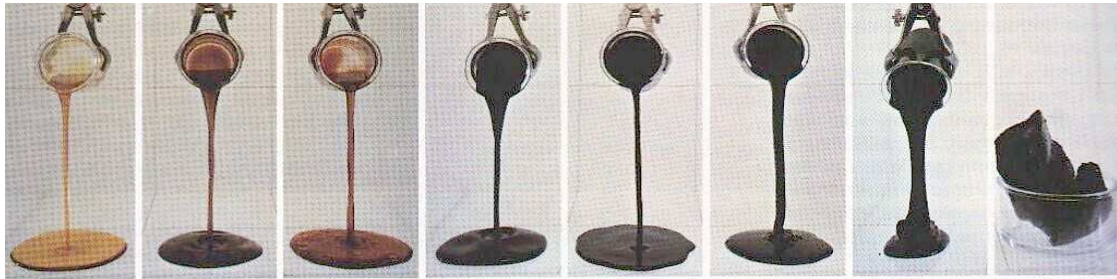


Bild 1: Achtmal Erdöl aus unterschiedlichen Lagerstätten

Warum ist das so? Wie lässt sich erklären, dass Erdöl in so unterschiedlicher Erscheinung auftritt?

Bei Erdöl handelt es sich um ein **Stoffgemisch**, man spricht auch von einem Vielstoffgemisch. Das heißt, Erdöl enthält viele verschiedene, leicht miteinander mischbare organische Verbindungen. Die Zusammensetzung des Erdöls ist je nach Herkunftsland oder Lagerstätte anders. Daher unterscheiden sich die Rohöle auch in ihren Eigenschaften wie z.B. Farbe, Geruch, Dichte, Siedebereich oder Fließverhalten (Viskosität).

Es gibt aber auch **Eigenschaften**, die für alle Erdölsorten der Welt zutreffen:

Erdöl riecht charakteristisch, so wie Petroleum.

Wie man bei Fernsehbildern von Öltankerunglücken sehen kann, schwimmt Erdöl im Wasser oben und ist in Wasser nicht löslich. Das heißt also, dass Erdöl eine geringere Dichte als Wasser (also $\rho < 1 \text{ g/cm}^3$) und hydrophobe (Wasser abstoßende) Eigenschaften hat.

Erdöl ist prinzipiell brennbar, es lässt sich jedoch nicht ohne weiteres entzünden, sondern muss erst erwärmt werden. Dabei verdampfen die Bestandteile mit niedrigeren Siedetemperaturen und bilden mit Luft ein Gemisch, das entzündet werden kann.

Bei der Verbrennung von Erdöl entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Daraus kann man schlussfolgern, dass Erdöl die Elemente Kohlenstoff und Wasserstoff enthält.



Ölpest in der Bretagne

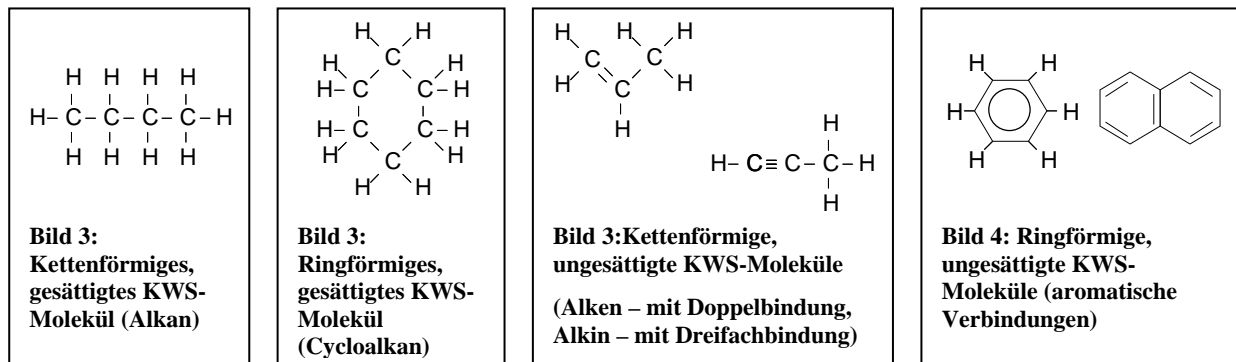
Kohlenstoff ist vierwertig, kann also 4 Bindungen eingehen, Wasserstoff ist einwertig. Durch Verknüpfen von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen können sich unterschiedlich große und in ihrer Struktur sehr unterschiedliche Kohlenwasserstoffverbindungen (Moleküle) bilden. In Abhängigkeit davon, wie die Moleküle aufgebaut sind, unterscheidet man zunächst kettenförmige und ringförmige Kohlenwasserstoffmoleküle. Innerhalb dieser Grundtypen unterscheidet man wiederum nach gesättigten Verbindungen (die nur Einfachbindungen enthalten) und ungesättigten* Verbindungen.

**Es ist möglich, dass sich zwischen zwei Kohlenstoffatomen ein, zwei oder sogar drei gemeinsame Elektronenpaare ausbilden. Man bezeichnet die so entstehenden Bindungen als*

Einfach-, Doppel- bzw. Dreifachbindung. Organische Stoffe mit mindestens einer Doppel- oder Dreifachbindung im Molekül bezeichnet man als ungesättigte Verbindungen.

Es ergeben sich folgende Gruppen an Kohlenwasserstoffen, die in Erdöl enthalten sind: Alkane (Bild 1), Isoalkane (Alkane mit verzweigten Ketten), Cycloalkane (Bild 2), Alkene, Alkine (Bild 3) und Aromaten (Bild 4).

Beispiele für die Einteilung von Kohlenwasserstoffen:



Erdöl enthält viele verschiedene Kohlenwasserstoffe mit unterschiedlicher Kettenlänge und unterschiedlicher Struktur. Es enthält Verbindungen, die aus sehr kleinen Molekülen mit unverzweigten Ketten mit weniger als 5 Kohlenstoffatomen bestehen (C₁-C₄), diese sind gasförmig. Weiterhin enthält es flüssige Verbindungen bestehend aus Molekülen mittlerer Kettenlänge (C₅-C₁₆), und Bestandteile mit längeren Ketten (> C₁₆) die fest sind. Feste und gasförmige Kohlenwasserstoffe sind in den flüssigen gelöst.

Häufig auftretende aromatische Verbindungen sind Benzen, Toluol und Xylol. In sehr geringen Anteilen findet man stickstoff- und schwefelhaltige Verbindungen im Erdöl. Der Anteil an Schwefel kann bis zu 5%, der Anteil an Stickstoff bis zu 2% betragen.

Herkunft	Eigenschaften
1. Erdöl: Kaukasus	Es ist klar, sehr leicht, schwefelfrei und so rein, dass man es in der Medizin verwenden kann
2. Erdöl: Naher Osten (Arabien)	Dichte (0,8548 g/ cm ³) und Schwefelgehalt erreichen mittlerer Werte. Man gewinnt daraus Dieseltreibstoff, Heizöle und Schmieröle.
3. Erdöl: Australien	Leichtes Öl: Deshalb lassen sich aus ihm vor allem leichte Treibstoffe (Benzin) gewinnen.
4. Erdöl: Nordsee	Es ist mittelschwer, enthält wenig Schwefel, aber Benzin, Heizöl und Bitumen.
5. Erdöl: Frankreich	Es enthält kaum Schwefel aber einen großen Anteil an flüssigen Kohlenwasserstoffen.
6. Erdöl: Frankreich	Es wird in der Nähe von Nr. 5 gefunden. Wegen seines höheren Bitumengehaltes ist es schwerer.
7. Erdöl: Venezuela	Es ist eines der schwersten Erdöle der Welt (Dichte 0,9995 g/cm ³) und enthält kaum Benzin oder Heizöl. Man gewinnt daraus Bitumen.
8. Erdöl: Sumatra	Es ist sehr reich an langkettigen Kohlenwasserstoffen und damit fest. Es ist praktisch Schwefelfrei und kann wie Holz verbrannt werden.

Tabelle: Herkunft und Eigenschaften verschiedener Erdöle

Quellen:

- (1) *Chemie 9 – Thüringen. Gymnasium. Paetec. 2001.*
- (2) *Chemie für Gymnasien - Thüringen Klasse 9. Cornelsen. Berlin. 1997.*
- (3) *ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten. Weidmann, Hamburg. 2002.*

2.3 Text Gruppe 2

Es war einmal vor langer, langer Zeit ... Entstehung und Vorkommen von Erdöl

In früheren Zeiten wurde Erdöl auch als Petroleum bezeichnet. Schon dieser Name lässt Rückschlüsse auf die Entstehung des „schwarzen Goldes“ zu: Das Wort „Petroleum“ hat seine Ursprünge in der lateinischen und griechischen Sprache: griech. *petros*: Stein, Fels; lat. *oleum*: Öl; also Steinöl.

Zur Erklärung der Entstehung von Erdöl gibt es verschiedene Theorien. Die eindeutige Klärung der Frage wird dadurch erschwert, dass Erdöl heute selten am Ort seiner Entstehung (im Muttergestein) zu finden ist. Im Laufe von Jahrmillionen ist es als flüssige Substanz in die heutigen Lagerstätten (das Speichergestein) gewandert.

Nach heutigem Wissenstand begann die Geschichte des Erdöls schon vor Hunderten Millionen bis Milliarden Jahren. Die ältesten Lagerstätten werden auf ein Alter von ca. 2 Milliarden Jahren geschätzt. Die heute wichtigsten Lager haben sich vermutlich vor 500 bis 100 Millionen Jahren gebildet.

Ausgangspunkt für die Bildung von Erdöl waren tierische und pflanzliche Kleinstlebewesen im Wasser; insbesondere Algen, die als Plankton frei schwebend im Meer lebten. (Pflanzliches Plankton, das erste Glied der Nahrungskette im Meer, wandelt Kohlenstoffdioxid und Wasser bei der Fotosynthese in energiereiche organische Stoffe um.) Abgestorbene Organismen sanken auf den Grund des Meeresbodens.

Wenn ausreichend Sauerstoff vorhanden ist, verwesen die abgestorbenen Organismen dort. Fehlt es jedoch an Sauerstoff, wird die abgestorbene Substanz von anaeroben (ohne Sauerstoff lebenden) Bakterien zu Faulschlamm umgewandelt. Durch den Eintrag von Sand und Ton (Erosion) ins Meer, wurde die organische Substanz mit Sedimenten überdeckt und dadurch der Zersetzung durch in Wasser gelösten Sauerstoff entzogen.

Im Laufe von Millionen von Jahren entstanden durch Sedimentation neue Gesteinsschichten über der Faulschlammdecke. In dem Maße wie die Sedimentation fortschritt und die Gesteinsschichten wuchsen, gerieten die Faulschlammdecken in immer größere Tiefen. Dadurch wurden sie zum einen immer höheren Drücken und (bedingt durch die Erdwärme) höheren Temperaturen ausgesetzt. Unter diesen Bedingungen bildete sich durch verschiedene chemische Reaktionen aus den organischen Resten Erdöl. Für die Entstehung von Erdöl liegt die optimale Temperatur zwischen 65°C und 120°C, so wie sie in einer Tiefe von 2000 bis 4000 m herrscht. Erdgas bildet sich größtenteils bei Temperaturen zwischen 120°C und 180°C, etwa in 4000 bis 6000 m Tiefe.

Die sedimentären Gesteinsschichten über dem „Muttergestein“ bestehen aus winzigen Körnchen, zwischen denen kleine Hohlräume liegen. Diese Hohlräume sind jedoch nie leer, sondern in den oberflächennahen Schichten mit Süßwasser (Grundwasser), in tieferen Schichten mit Salzwasser gefüllt. Erdöl und Erdgas treten am Ort ihrer Entstehung in dieses Hohlraumssystem ein und steigen in ihm nach oben, da Öl und Gas eine geringere Dichte als Wasser haben (also leichter sind). Die Reise dieser Tröpfchen kann bis an die Erdoberfläche gehen. Stoßen sie jedoch auf erdölundurchlässige Schichten (wie z. B. Ton oder Salzlager) sammelt sich das Öl oder Gas darunter. Die Ansammlung von Kohlenwasserstoffen kann jedoch nur dort zu Lagerstätten führen, wo die absperrenden Schichten kuppelförmige Aufwölbungen bilden, deren Ausdehnung groß genug ist, dass nennenswerte Mengen von Erdöl oder Erdgas Platz finden.

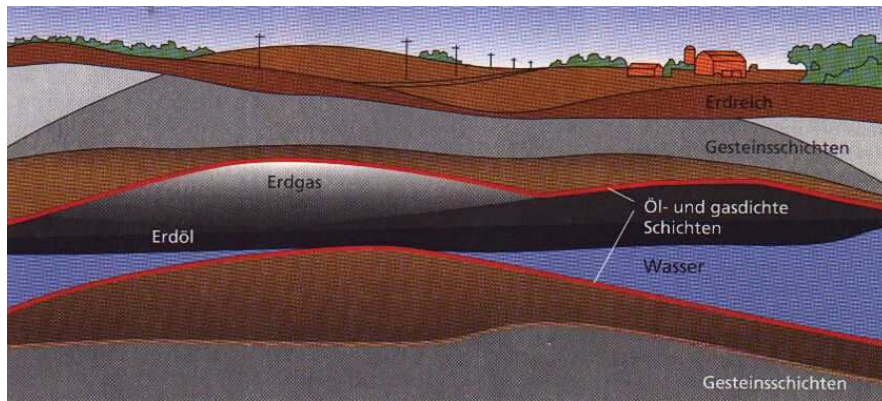


Bild 4: Erdöl- und Erdgaslagerstätten

Die 10 erdölreichsten Länder sind Saudi-Arabien, Kanada, Irak, Kuwait, Arabische Emirate, Iran, Venezuela, Russische Föderation, Libyen und Nigeria. Dort lagern mit insgesamt 139.066 Mrd. t etwa 84% der Welterdölreserven. Das größte Ölfeld der Bundesrepublik enthält etwa 100 Mio. t gewinnbares Öl. (Das größte Ölfeld Saudi-Arabiens ist etwa 115mal mächtiger.) Über 90% der deutschen Erdölförderung kommen aus Norddeutschland. Die meisten Erdölfelder erstrecken sich hier in einem breiten Band vom Emsland bei Bentheim bis zur Grenze mit Polen in der Lausitz. Weitere ölproduktive Gebiete erstrecken sich von Hamburg bis über Kiel hinaus in die Ostsee und im westlichen Schleswig-Holstein bei Heide. Eine zweite Erdölprovinz liegt zwischen der Donau und dem Alpenrand ein drittes Erdölgebiet in Deutschland mit kleineren Lagerstätten ist der Oberrheingraben zwischen Basel und Mainz.

Quellen:

- (1) *Chemie plus* – Gymnasium Klasse 9 Thüringen. Volk und Wissen. Berlin: 2002
- (2) ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. *Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten*. Weidmann, Hamburg. 2002.
- (3) Aral AG (Hrsg.). *Schmierstoffe. Grundlagen*. Aral Bochum. 2002
- (4) *Chemie 9* – Thüringen. Gymnasium. Paetec. 2001.
- (5) www.g-o.de

2.4 Text Gruppe 3

So hat alles angefangen

Kurze Geschichte der Erdölförderung

Schon vor etwa 4000 Jahren wurde Erdöl in seinen Formen als Bitumen, Erdpech oder Teer genutzt. (Bitumen, Erdpech und Teer sind feste Erdölrückstände, die entstehen, wenn Erdöl auf natürlichem Wege an die Erdoberfläche tritt und die flüssigen Bestandteile verdunsten.) Chinesen, Ägypter und Assyrer nutzten das aus dem Boden austretende Erdöl als Beleuchtungs- und Heilmittel und zur Herstellung von Mörtel. In Mesopotamien gab es schon etwa 600 Jahre vor unserer Zeitrechnung asphaltierte Straßen und auch im Inkareich waren die großen Straßen asphaltiert.

In Mitteleuropa wurde Erdöl um 1430 bekannt, findige Mönche am Tegernsee verkauften damals das so genannte Quirinöl als Heilmittel. Bukarest kann sich rühmen, als erste Stadt die Straßen nachts mit Petroleum-Straßenlampen erleuchtet zu haben, das Öl dafür wurde in gegrabenen Schächten gesammelt und in einer 1857 errichteten Destilliererei verarbeitet.

Jahrhunderte lang wurde Erdöl in technisch sehr primitiver Form gewonnen und verarbeitet. Erst mit Beginn der Industrialisierung erkannte man die überragende Bedeutung des Erdöls.

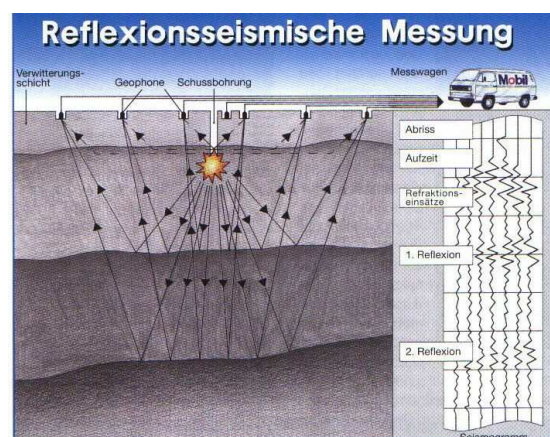
Die eigentliche Geschichte der Erdölförderung und -industrie begann um die Mitte des 19. Jahrhunderts mit einer Bohrung, die der Amerikaner Edwin L. Drake im Jahr 1859 am Oil Creek in Pennsylvania durchführte. In etwa 22 m Tiefe stieß er auf die erste größerer Ölquelle. Damit begann die industrielle Nutzung des Erdöls. In Deutschland hatte man bereits im Jahr 1858 bei Celle gebohrt – jedoch ohne Erfolg. Erst im Jahr 1876 konnte die erste systematische Erdölproduktion aufgenommen werden.



Edwin L. Drake vor seiner ersten Bohrung

Zunächst wurden Erdöl und seine Destillate bevorzugt für Beleuchtungszwecke genutzt. Als zu Beginn des 20. Jahrhunderts schließlich die Elektrizität ihren Siegeszug durch die Welt antrat, wurden die gefährlichen und stinkenden Öl- und Petroleumlampen aus den Häusern verbannt. Doch Erdöl und seine Produkte gerieten nicht etwa in Vergessenheit. Inzwischen war das Automobil entwickelt worden und die Nachfrage nach Treibstoffen, die aus Erdöl gewonnen wurden, stieg rasant. (Treibstoffe, insbesondere Benzin und Diesel haben auch heute noch den größten Anteil der aus Erdöl gewonnenen Produkte.) Es kam zu einer geradezu explosiven Steigerung seines Verbrauchs. Betrug die Welterdölförderung im Jahr 1860 rund 70.000 t, war sie im Jahr 1900 schon auf 21 Mio. t angewachsen. Heute werden weltweit jährlich etwa 3,6 Mrd. t Erdöl gefördert.

Die Suche nach den Lagerstätten erfolgt mit geophysikalischen Untersuchungsmethoden. Dabei nutzt man die physikalischen Eigenschaften der Gesteine wie Magnetismus, Dichte, Schallgeschwindigkeit, elektrischer Widerstand oder die Radioaktivität. Die zur Suche nach Erdöl am häufigsten eingesetzte Methode ist die Reflexionsseismik. Dabei werden am Erdboden z.B. durch künstliche Sprengungen Erschütterungen erzeugt, die sich in der Erdrinde wellenartig ausbreiten. Die Wellen benötigen



beim Durchlaufen durch unterschiedliche Gesteinsschichten verschieden lange Zeiten. An den Schichtgrenzen reflektieren die Wellen. Die reflektierten Wellen werden von empfindlichen Messgeräten in einem Seismogramm aufgezeichnet und mit Hilfe von Computern ausgewertet. So lässt sich ein Profilschnitt des Untergrunds erstellen, der über eventuell vorhandene Lagerstätten Auskunft gibt.

Nach dem Entdecken einer möglichen Lagerstätte erfolgt eine Probebohrung. Ein Bohrloch besitzt in Bodennähe einen Durchmesser von 70 cm und wird mit zunehmender Tiefe immer kleiner (bis zu 10 cm). Das Bohrgestänge wird mit Hilfe eines Bohrturmes in den Boden getrieben. An der Spitze des Bohrgestänges befindet sich ein Meißel, der den Boden an der Spitze des Gestänges zertrümmert und die Gesteinsschichten abträgt. Die 9 m langen Gestängerohre bestehen aus fingerdickem, hochwertigem Stahl. Spülpumpen drücken durch die innen hohlen Bohrgestänge Wasser, das sich mit dem zerschlagenen Gestein an der Spitze des Bohrers vermischt. Der entstandene Brei steigt in dem Hohlraum zwischen Bohrgestänge und Bohrloch auf. Die Wasserspülung entfernt nicht nur das losgebohrte Gesteinsmaterial (den „Bohrklein“), sondern schmiert auch den Meißel und bildet einen festen Belag an der Bohrlochwand, damit das Bohrloch nicht zusammenfällt. Auf diese Art und Weise lassen sich Löcher von mehr als einem Kilometer Tiefe bohren. Trifft man auf Öl, kann der Druck in der Lagerstätte so hoch sein, dass das Öl in einer Fontäne aus dem Bohrloch schießt. Auf diese Weise können etwa 25% des in der Lagerstätte enthaltenen Erdöls gefördert werden. Durch Pumpen und Einbringen von Wasser oder heißem Wasserdampf wird die Ausbeute auf bis zu 60% gesteigert.

Ölfelder, die unter dem Meeresspiegel liegen, werden mithilfe schwimmender oder am Meeresboden befestigter Bohrinseln erschlossen. (Bei Wassertiefen von bis zu 100 Metern stehen die Plattformen auf Stelzen. Bei größeren Tiefen setzt man "Halbtaucher" ein. Dieser Plattform-Typ besitzt lange Beine, die nicht am Meeresgrund aufsetzen, sondern am Ende mit riesigen Ballasttanks versehen sind, so dass der Schwerpunkt der Bohrplattform tief unter der Wasseroberfläche liegt.) Bohrschiffe werden eingesetzt, wenn kleine Ölfelder erschlossen werden sollen oder wenn in Tiefen von mehr als 1000 m gebohrt werden soll. Ist eine Probebohrung erfolgreich, wird eine fest installierte Förderplattform errichtet. Die Kosten für den Bau eines solchen Giganten können mehrere Milliarden Euro betragen.

Quelle:

- (1) *Chemie 9 – Thüringen*. Gymnasium. Paetec. 2001.
- (2) ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. *Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten*. Weidmann, Hamburg. 2002.
- (3) *Chemie plus – Gymnasium Klasse 9 - Thüringen*. Volk und Wissen. Berlin: 2002.
- (4) www.g-o.de
- (5) <http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/erdoel.html>

2.5 Text Gruppe 4

Vom Erdöl zum Benzin

Die Aufbereitung von Erdöl: Reinigung und Trennung

4.1 Vom Erdöl zum Rohöl

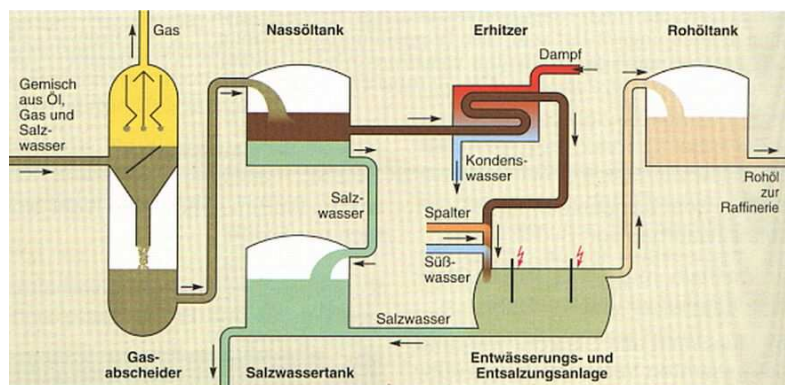
Das aus den Lagerstätten gewonnene Erdöl ist zunächst ein Gemisch aus Öl, Gasen, Salzwasser und Verunreinigungen. Dieses Gemisch wird – noch bevor es zu Erdöl verarbeitenden Anlagen transportiert wird – bereits innerhalb des Erdölförderbetriebes gereinigt.

Die Trennung der Bestandteile erfolgt in mehreren Stufen:

Die Abtrennung des Erdgases erfolgt im Gasabscheider, der unter geringem Druck steht. Hier wird das Gemisch kräftig verwirbelt. Dadurch vergrößert man die Oberfläche der Flüssigkeit und die Gase können besser entweichen. Die Gase sammeln sich am Kopf des Gasabscheiders, wo sie kontinuierlich abgesaugt werden.

Auf dem Boden des Gasabscheiders sammelt sich das Öl-Salzwasser-Gemisch. Es wird in den Nassöltank geleitet, wo sich das Gemisch aufgrund der verschiedenen Dichten von Öl und Salzwasser trennt. Das unter dem Öl schwimmende Wasser wird abgepumpt. Dennoch verbleibt ein Rest an Wasser im Erdöl. Beide Stoffe bilden eine Emulsion. (D.h. das Wasser liegt in Form kleinster Tröpfchen sehr fein verteilt im Erdöl vor.)

Diese Emulsion wird in einer Entwässerungs- und Entsalzungsanlage getrennt. Zunächst wird die Emulsion erwärmt, um sie dünnflüssiger zu machen. Durch Zugabe von „Spaltern“ wird die Grenzflächenspannung zwischen Öl und Wasser erhöht. Weiterhin wird noch Süßwasser eingeleitet, sodass das Salzwasser verdünnt und das restliche Salz aus dem Öl herausgelöst wird. Nun setzt man das Gemisch einem Wechselfeld aus. Dabei geraten die kleinen Wassertröpfchen in heftige Bewegungen, so dass sie sich zu größeren Tröpfchen vereinigen. Sie setzen sich am Boden ab und können erneut mit einer Dichtentrennung abgetrennt werden. Das gereinigte Öl nennt man Rohöl. Über Pipelines wird es zur weiteren Verarbeitung zu den Raffinerien transportiert.



Anlage zur Erdölaufbereitung

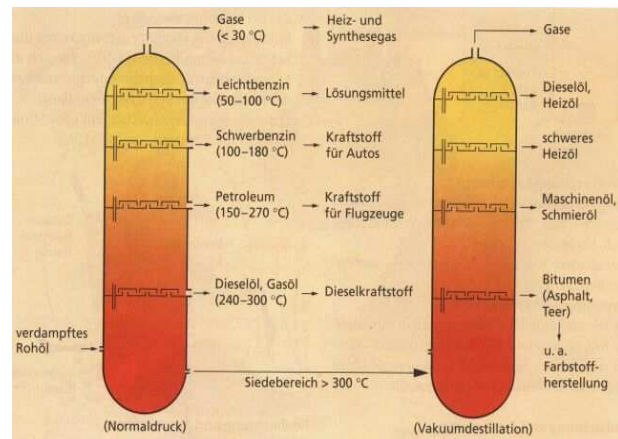
4.2 Destillation des Rohöls

Rohöl ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen. In so genannten Raffinerien (franz. *raffiner*: reinigen, veredeln) werden daraus unterschiedliche Mineralölprodukte hergestellt, z.B. Gas, Flüssiggase, Otto-, Flug-, Dieselkraftstoffe, Heizöl, Bitumen und Einsatzstoffe für die chemische Industrie. Außerdem fällt Schwefel an.

In jeder Raffinerie werden die im Öl enthaltenen Kohlenwasserstoffe zunächst nach ihrer Molekülgröße aufgetrennt. Dabei macht man sich zunutze, dass Kohlenwasserstoffe je nach Molekülgröße unterschiedliche Siedetemperaturen haben. Gemische von Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedetemperaturen lassen sich durch Destillation trennen. Dazu wird das Erdöl zunächst durch einen Röhrenofen geleitet und auf ca. 350 °C erhitzt. Dabei verdampft

es größtenteils, sodass ein Gemisch aus Flüssigkeit und Dampf seitlich unten in den Destillationsturm eintritt. Die bei diesen Temperaturen noch flüssigen KWS fließen nach unten und sammeln sich als sog. Bodenprodukt. Die verdampften Bestandteile des Erdöls steigen nach oben und durchströmen die Zwischenböden. Wie das Bild zeigt, nimmt die Temperatur im Destillationsturm von unten nach oben ab. Die KWS steigen unterschiedlich weit nach oben. Dort, wo die jeweilige Siedetemperatur unterschritten wird, kondensieren sie. Die Flüssigkeiten sammeln sich auf den Böden, von wo sie kontinuierlich nach draußen geleitet werden.

Je niedriger ihre Siedetemperaturen sind, desto höher steigen die Kohlenwasserstoffe im Destillationsturm. Ganz oben kommen die mit den niedrigsten Siedetemperaturen als Gasgemisch an (Methan, Ethan, Propan und Butan). Da die Siedetemperaturen der Kohlenwasserstoffe sehr nahe beieinander liegen, erhält man auf jedem Boden ein Gemisch mehrerer KWS mit ähnlichen Molekülgrößen. Diese unterschiedlichen Gemische bezeichnet man als Fraktionen. Man nennt dieses Verfahren zur Trennung von Erdöl deshalb auch fraktionierte Destillation.



Destillation bzw. Vakuumdestillation von Erdöl

Der bei der normalen Destillation entstehende Rückstand wird in einen zweiten Destillationsturm mit vermindertem Druck geleitet. Da viele Kohlenwasserstoffe bei Temperaturen über 350°C zerfallen würden, macht man sich die physikalische Tatsache zunutze, dass Flüssigkeiten bei vermindertem Druck früher (also bei niedrigeren Temperaturen) sieden. Im Vakuumturm verdampfen die schweren Kohlenwasserstoffe ohne zu zerfallen, kühlen sich ebenso wie bei der „normalen“ Destillation auf den verschiedenen Böden ab und werden wieder flüssig. Man erhält dabei weitere Erdölfraktionen. (Diese Art der Destillation nennt man Vakuumdestillation.)

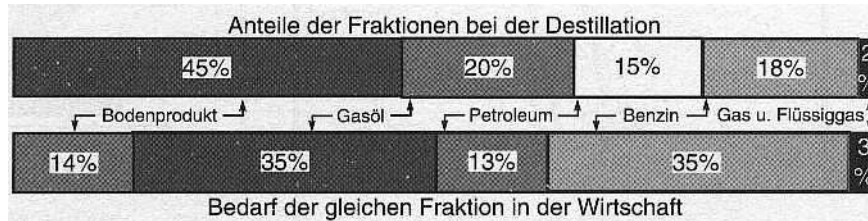
Quellen:

- (1) *Chemie 9 – Thüringen*. Gymnasium. Paetec. 2001.
- (2) ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. *Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten*. Weidmann, Hamburg. 2002.
- (3) *Chemie für Gymnasien - Thüringen Klasse 9*. Cornelsen. Berlin. 1997.
- (4) ESSO A.G., Presse- und Informationsabteilung: Mineralölverarbeitung, Hamburg

2.6 Text Gruppe 5

Was aus Erdöl alles werden kann ... Produkte der Erdölindustrie

Die folgende Abbildung zeigt, welche Produkte aus der Destillation von Erdöl gewonnen werden und welcher Bedarf im Vergleich an diesen Produkten in der Wirtschaft besteht:

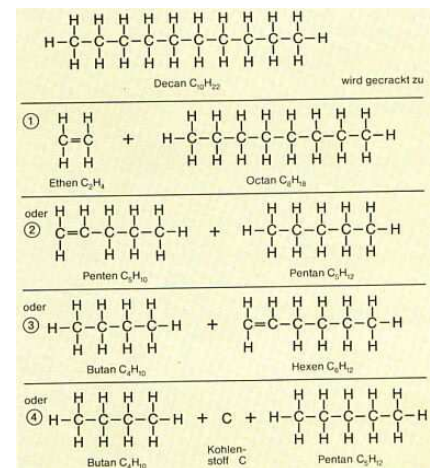


Es wird deutlich, dass die in der Destillation erzeugte Produktpalette die Nachfrage auf dem Markt nicht decken kann. Es bedarf deshalb weiterer Verfahren, mit denen man die weniger gefragten schweren Bestandteile des Rohöls in leichte umwandeln kann. So kann die Produktion von schwerem Heizöl verringert und gleichzeitig die Produktion von Benzin, Diesel und leichtem Heizöl erhöht werden, ohne zusätzliches Rohöl verarbeiten zu müssen.

Veredelung der Erdöldestillate

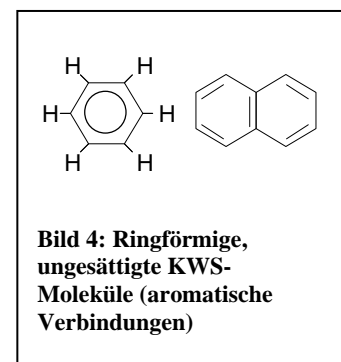
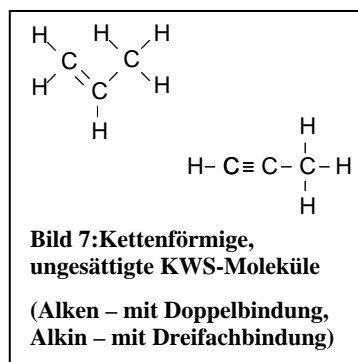
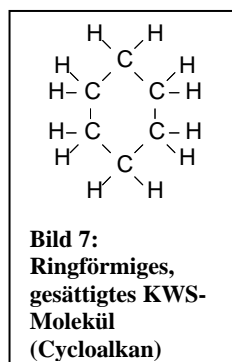
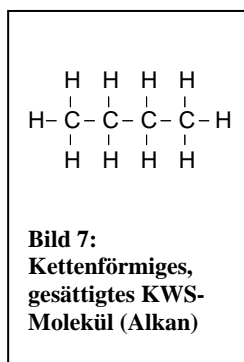
Cracken

Die Umwandlung schwerer, langkettiger Kohlenwasserstoffmoleküle in leichte, kürzere erfolgt durch Spaltung der Moleküle. Daher nennt man diesen Prozess Cracken (engl. *to crack*: zerbrechen, spalten). Das älteste und einfachste Crack-Verfahren ist das **thermische Cracken**. Dabei werden die größeren Moleküle erwärmt und kommen dabei in so starke Schwingungen, dass ab etwa 360°C die Bindungen zwischen den Kohlenstoffatomen brechen. Die nebenstehende Abbildung zeigt, dass beim Cracken von Dekan viele verschiedene gesättigte (nur Einfachbindung zwischen den Kohlenstoffatome; siehe Bild 1 und 2) und ungesättigte* (auch Doppelbindungen zwischen den C-Atomen, siehe Bild 3 und 4) Kohlenwasserstoffverbindungen sowie Ruß entstehen können.



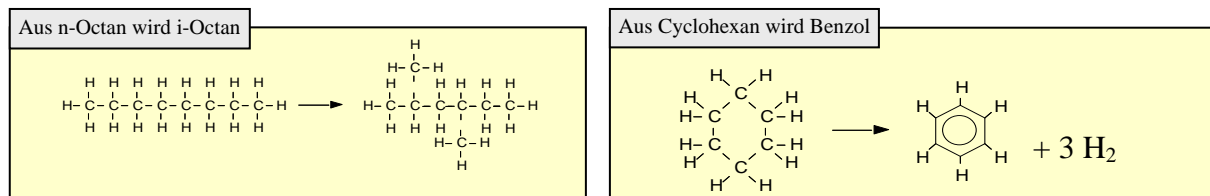
(*Es ist möglich, dass sich zwischen zwei Kohlenstoffatomen ein, zwei oder sogar drei gemeinsame Elektronenpaare ausbilden. Man bezeichnet die so entstehenden Bindungen als Einfach-, Doppel- bzw. Dreifachbindung. Organische Stoffe mit mindestens einer Doppel- oder Dreifachbindung im Molekül bezeichnet man als ungesättigte Verbindungen.)

Beispiele für die Einteilung von Kohlenwasserstoffen:



Das Reformieren (Reforming)

Die Qualität des durch Destillieren oder Cracken erzeugten Benzins reicht in der Regel für moderne Hochleistungsautomotoren nicht aus. Sie muss also verbessert werden. Das erreicht man durch das katalytische Reformingverfahren (lat. *reformare*; umgestalten, umbilden). Dabei werden die im Rohbenzin enthaltenen langkettigen Moleküle sowie wasserstoffreiche (gesättigte) Verbindungen in verzweigte Moleküle bzw. ringförmige Moleküle mit Doppelbindungen und vor allem Aromaten überführt. Produkte mit solchem Molekülbau sind motorfreundlicher. Die folgenden Gleichungen zeigen Beispiele für Vorgänge, die beim Reforming ablaufen können:



Exkurs: Oktanzahl:

Die Oktanzahl (OZ) ist eine Maßzahl für die Klopfestigkeit von Motorkraftstoffen für Ottomotoren. Dem so genannten Klopfen liegen unregelmäßige und / oder vorzeitige Verbrennungsvorgänge zugrunde, die zu einer erheblichen thermischen und mechanischen Mehrbelastung des Motors und Leistungsabfall führen. Dem Autofahrer begegnet das Klopfphänomen als kurzfristiges und daher relativ ungefährliches Beschleunigungsklopfen (oft auch als Klingeln bezeichnet) und als wesentlich länger dauerndes und daher gefährlicheres Hochgeschwindigkeits-Klopfen, das zudem im allgemeinen Fahrgeräusch oft überhört wird und gegebenenfalls zu einer abrupten Zerstörung verschiedener Motorteile führen kann. Während kurzkettige Alkane wie Propan, Butan, Methan, u. Ethan sehr klopfest sind, klopfen größere Alkane mit unverzweigter Kette stark. Durch den Einbau von Seitenketten (Methyl-Gruppen) werden sie klopfest: daher ist Isooctan viel klopfester als z.B. n-Heptan, n-Octan. Man ist übereingekommen, dem reinen, unvermischten, sehr klopfreudigen n-Heptan die Oktanzahl 0 u. dem reinen Isooctan (2,2,4-Trimethylpentan) die OZ 100 zuzuordnen. Mischungen aus diesen beiden Kohlenwasserstoffen haben dann Oktanzahlen zwischen 0 u. 100, eine Mischung aus 74 Volumenteilen Isooctan u. 26 Volumenteilen n-Heptan somit die OZ 74. (Quelle: Roempp Chemielexikon)

Das Raffinieren

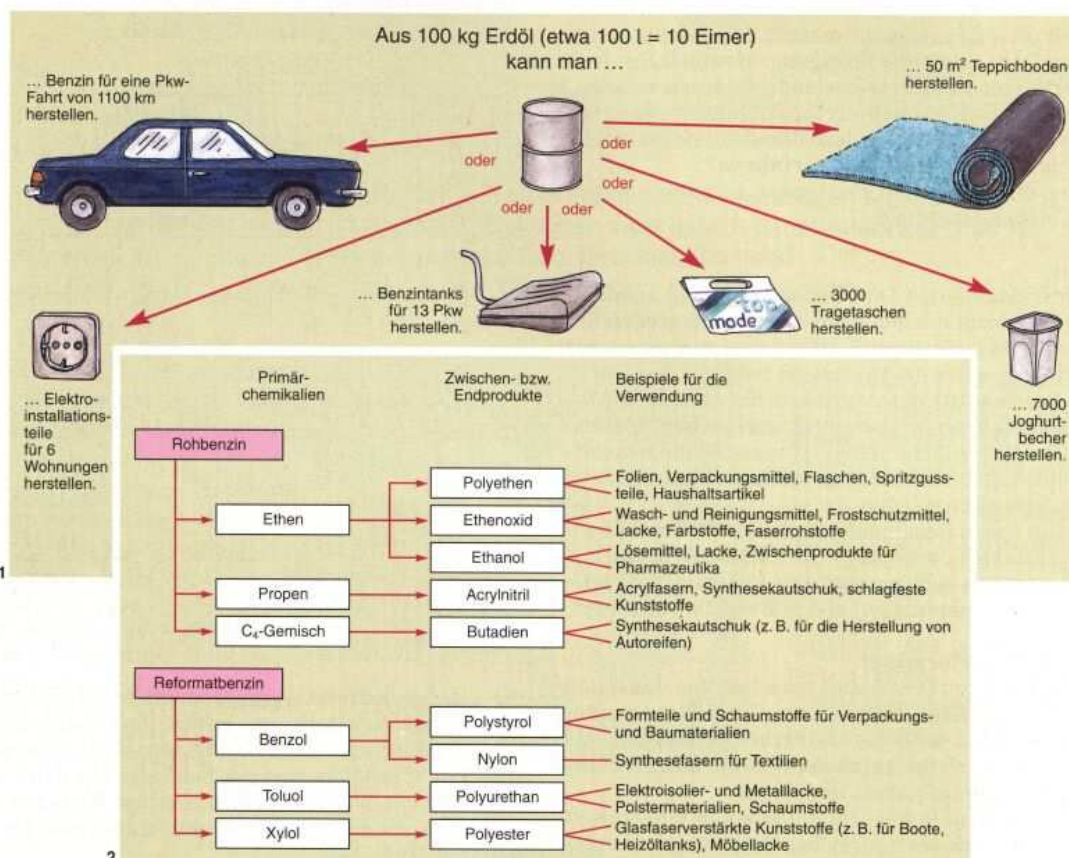
Bei den Raffinationsverfahren befreit man Kohlenwasserstoffe von unerwünschten Bestandteilen.

Häufig enthalten die durch die verschiedenen Verarbeitungsverfahren gewonnenen Produkte noch Schwefelverbindungen. Diese müssen entfernt werden, bevor die Produkte zum Verbraucher gelangen. Das gilt vor allem für Benzine, Heizöl und Dieselöl. Bei ihrer Verbrennung würden sonst große Mengen Schwefeldioxid entstehen und unsere Umwelt noch stärker belasten. Es gibt auch Raffinationsanlagen, die Schmieröle mit Hilfe von Lösungsmitteln von harzartigen Bestandteilen befreien.

Hauptprodukte einer Erdölraffinerie sind zweifellos Heizöl, Dieselöl und Benzin. Sie sind wichtige Energieträger und werden ausschließlich wegen ihres Energiegehaltes genutzt. Das heißt, sie werden verbrannt. Erdöl wird aber auch zu vielen anderen Chemikalien weiterverarbeitet, aus denen dann wiederum unterschiedlichste Produkte hergestellt werden können. Meist sind Benzinfraktionen (mit einem Siedebereich von 40°C-170°C)

Ausgangsstoffe für die Petrolchemie. Dazu gehören das bei der Erdöldestillation anfallende *Rohbenzin*, sowie das *Reformatbenzin*, das beim Reformieren von Rohbenzin entsteht.

Beide Benzinsorten werden zunächst gecrackt, dabei entstehen so genannte *Primärchemikalien*. Beim Rohbenzin sind das die Alkene Ethen, Propen und ein Gemisch von KWS mit jeweils 4 C-Atomen im Molekül. Beim Reformatbenzin gewinnt man vor allem die aromatischen Verbindungen Toluol, Benzol und Xylol. Die folgenden Abbildungen geben einen Überblick darüber, was aus Erdöl alles gewonnen werden kann. Trotzdem Erdöl Grundlage für eine solche Vielfalt an Produkten ist, dienen nur 7 % der Erdölprodukte als Ausgangsstoff für die Petrolchemie.



Quelle:

- (1) *Chemie plus* – Gymnasium Klasse 9 Thüringen. Volk und Wissen. Berlin: 2002
- (2) ExxonMobil Central Europe Holding GmbH, Presse- und Informationsabteilung. *Erdöl und Erdgas: Suchen, Fördern, Verarbeiten.* Weidmann, Hamburg. 2002.
- (3) *Chemie für Gymnasien - Thüringen Klasse 9.* Cornelsen. Berlin. 1997.
- (4) ESSO A.G., Presse- und Informationsabteilung: Mineralölverarbeitung. Hamburg

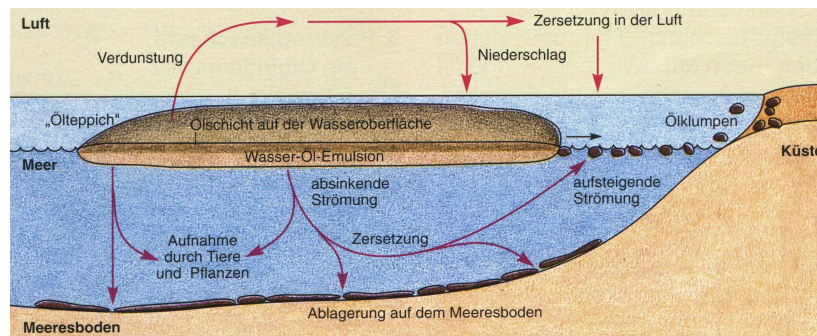
2.7 Text Gruppe 6

Erdöl und die Umwelt - Ökologische Aspekte der Gewinnung und Nutzung von Erdöl

Der hohe Verbrauch an Erdöl erfordert es, dass gewaltige Massen an Erdöl gefördert und zum Teil über weite Wege transportiert werden. Dies geschieht zum einen mit Pipelines, zum anderen mit Supertankern. Das birgt hohe ökologische Risiken, da Erdöl für fast alle Lebewesen giftig ist. Wenn man bedenkt, dass 1 Liter Erdöl etwa 1 000 000 l Wasser ungenießbar machen kann, wird klar, warum z.B. bei der Lagerung von Erdöl strenge Sicherheitsbestimmungen beachtet werden müssen. So sind für Heizöltanks, die außerhalb des Hauses im Erdboden platziert sind, doppelwandige Behälter vorgeschrieben. Im Haus müssen Boden und Wände des Raumes, in dem das Öl lagert, mit besonderer ölundurchlässiger Farbe gestrichen werden.

Blickt man auf die vergangenen Jahre zurück, so wird in den Medien immer wieder von Tankerunfällen berichtet, bei denen große Mengen an Öl austreten und ganze Küstenabschnitte verseuchen. Welche Schäden solche Tankerunfälle vor allem in Küstennähe haben, lässt sich nie genau vorhersehen. Das gilt für Meerespflanzen und Tiere ebenso wie für uns Menschen.

Welche Folgen ein Ölteppich auf dem Meer haben kann, zeigt folgendes Bild:



Bei rauer See bildet sich aus dem Ölteppich Ölschwamm. Die überwiegend giftigen, wasserlöslichen Bestandteile werden schnell heraus gewaschen. Die Hauptmenge des Öls wird nach und nach zersetzt. Dieser Prozess kann jedoch Jahre dauern.

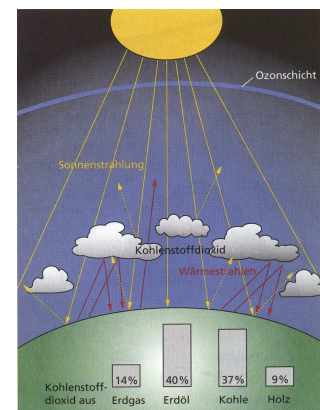
Das schwimmende Öl wird Seevögeln zum Verhängnis, denn ihr Gefieder verklebt. Weiterhin wird durch den Ölteppich der Gasaustausch zwischen Meer und Atmosphäre beeinträchtigt, sodass dem im Meer lebenden Plankton der Sauerstoff für die Fotosynthese fehlt. Da die Ölverschmutzung vor allem Ortsgebundene niedere Lebewesen abtötet, ist die gesamte Nahrungskette im Meer bedroht.

Doch nicht nur das Öl an sich, sondern auch dessen Nutzung trägt wesentlich zu Verschmutzung der Umwelt bei. Erdöl dient nämlich nur zu einem geringen Teil (etwa 7%) als Rohstoff für die Industrie. Der weitaus größere Teil wird einfach verbrannt. Die dabei entstehenden Gase beeinflussen die Umwelt ebenfalls. Schwefeldioxid und Stickstoffoxide schaffen zwar auch Probleme (SO_2 : saurer Regen, NO_x : Abbau der Ozonschicht), aber auch das entstehende Kohlenstoffdioxid belastet die Umwelt.

Der Kohlenstoffdioxidanteil unserer Atmosphäre beträgt 0,0347%. Das Gas wirkt als so genanntes Treibhausgas. Es bewirkt (neben anderen Gasen) den natürlichen Treibhauseffekt.

Exkurs: Die Erde als Treibhaus

Kurzwellige Sonnenstrahlung gelangt zur Erdoberfläche. Der Erdboden gibt die Strahlung als langwellige Wärmestrahlung wieder ab. So wie in einem Treibhaus die Glasscheiben die Wärmestrahlung an die Umgebung herabsetzen, verhindern verschiedene Gase, wie z.B. Kohlenstoffdioxid oder Methan und die Wolken in der Erdatmosphäre die Wärmestrahlung in das Weltall. Durch diesen natürlichen Treibhauseffekt hat sich auf unserer Erde eine mittlere Temperatur von $+15^\circ\text{C}$ herausgebildet. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würde eine mittlere Temperatur von -18°C herrschen und das Leben in seiner heutigen Form nicht möglich sein.



Durch die Verbrennung fossiler Energieträger und durch das Abholzen großer Wälder erhöht sich der Kohlenstoffdioxidgehalt in der Luft. Wissenschaftler befürchten, dass dadurch der Treibhauseffekt verstärkt wird (künstlicher Treibhauseffekt) und sich die mittlere Temperatur auf der Erde weiter erhöht.

Die Auswirkungen der Erwärmung der Erdatmosphäre sind im Einzelnen nicht absehbar. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die Polkappen und Gletscher abschmelzen, was einen Anstieg des Meeresspiegels zur Folge hätte. Möglicherweise verschieben sich Klimazonen und Gebiete, die heute fruchtbar sind, könnten zu Wüsten werden, was wiederum erhebliche Auswirkungen auf die Ernährung der Weltbevölkerung hätte.

Um diese Prozesse aufzuhalten, muss die Produktion von Treibhausgasen eingeschränkt und weitestgehend vermieden werden. Bei der Verfolgung dieses Zieles wird angestrebt, die aus fossilen Brennstoffen freigesetzte Energie effektiver zu nutzen (z.B. durch Wärmedämmung) und verstärkt Energie aus alternativen Energiequellen zu gewinnen (Sonne, Wind, Wasser).

Quellen:

- (1) *Chemie 9 – Thüringen*. Gymnasium. Paetec. 2001.
- (2) *Chemie für Gymnasien - Thüringen Klasse 9*. Cornelsen. Berlin. 1997.

2.8 Arbeitsauftrag für das Lesen der Texte

Gruppe 1: Lies den Text zum Thema „*Erdöl – ein ganz besonderer Stoff*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Was ist Erdöl? Woraus besteht es?
- Welche Eigenschaften hat Erdöl?

Gruppe 2: Lies den Text zum Thema „*Es war einmal vor langer, langer Zeit ...*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Wie ist Erdöl entstanden?
- Gibt es in Deutschland Erdöl?
- Wo findet man die größten Vorkommen an Erdöl?

Gruppe 3: Lies den Text zum Thema „*So hat alles angefangen*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Seit wann kennen und nutzen die Menschen Erdöl?
- Wann und warum begann der „Boom“ der Gewinnung von Erdöl?
- Was hast du in dem Text über die Suche und Förderung von Erdöl erfahren?

Gruppe 4: Lies den Text zum Thema „*Vom Erdöl zum Benzin*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Beschreibe den Weg vom Erdöl zum Rohöl! Wie wird aus Erdöl Rohöl?
- Erkläre, wie aus dem Rohöl unterschiedliche Produkte gewonnen werden! (Erkläre die Verfahren, mit denen aus Erdöl unterschiedliche Produkte gewonnen werden!

Gruppe 5: Lies den Text zum Thema „*Was aus Erdöl alles werden kann ...*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Erkläre die Notwendigkeit von Verfahren zur Veredelung von Erdöl!
- Was versteht man unter Cracken, Reforming und Raffinieren?
- Wo spielen Produkte der Erdölindustrie in unserem Leben eine Rolle?

Gruppe 6: Lies den Text zum Thema „*Erdöl und die Umwelt*“!

Gehe dabei nach der Methode vor, die auf dem Arbeitsblatt beschrieben ist.

Wenn du den Text bearbeitet hast, solltest du folgende Fragen beantworten können:

- Welche ökologischen Risiken sind mit der Förderung und Nutzung von Erdöl verbunden?
- Erkläre, inwiefern die Nutzung des Erdöls die Umwelt belastet?
- Was kann man / kannst du tun?

2.9 Arbeitsauftrag nach dem Lesen der Texte



Finde dich mit den Schülern zusammen, die dasselbe Thema wie du bearbeitet haben.

- Nehmt euch 5 bis 10 Minuten Zeit und besprecht miteinander, was ihr gelesen habt. Kontrolliert, ob ihr die Fragen zu eurem Text beantworten könnt.
- Dabei ist es wichtig, dass ihr einander gut zuhört und mitdenkt.
- Es ist auch sehr hilfreich, wenn ihr untereinander kritisch nachfragt, wenn euch etwas unklar ist oder ihr es nicht ganz verstanden habt.
- Sollten dennoch Fragen offen bleiben, könnt ihr Euch an die Lehrerin / den Lehrer wenden.

Erarbeitet nun gemeinsam einen Vortrag zu eurem Thema.

- Richtet euch inhaltlich dabei nach den Fragen, die euch schon beim Lesen des Textes zur Orientierung gedient haben.
- Der Vortrag soll etwa 7-10 Minuten dauern.
- Die Inhalte des Vortrages solltet ihr durch eine Folie, ein Poster **oder** ein Tafelbild veranschaulichen.
- Ihr dürft einen Stichwortzettel benutzen (keine ausformulierten Sätze).



Für die Bewertung der Vorträge sind folgende Kriterien wichtig:

▪ Logischer Gedankengang (Gliederung)	▪ Anschaulichkeit
▪ Verständlichkeit	▪ Sprachliche Qualität
▪ Richtiger Gebrauch / Erklärung von Fachbegriffen	▪ Einhaltung der Zeit

2.10 Arbeitsblatt für die Zuhörer der Vorträge

Ein Überblick zum Thema *Erdöl*

1

„Erdöl – ein ganz besonderer Stoff“!

Ergänze das Arbeitsblatt während des Vortrags!

Erdöl ist _____.

Es setzt sich unter anderem zusammen aus

Erdöl hat folgende Eigenschaften:

-
-
-
-

2

„Es war einmal vor langer, langer Zeit ...“!
Ergänze den folgenden Lückentext!

Die Geschichte des Erdöls beginnt vor _____ Jahren.

Ausgangspunkt für die Bildung von Erdöl waren

_____, die, wenn sie abgestorben waren,

_____ . Im Laufe vieler Jahre wurden sie mit

_____ überdeckt und gerieten somit unter Sauerstoffabschluss.

Durch anaerobe Bakterien wurden sie schließlich zu

_____ . Unter höheren _____ und

höheren _____ bildete sich daraus Erdöl.

Da Erdöl _____ ist als Wasser, stieg es von seiner Bildungsstelle (dem so genannten Muttergestein) nach oben, bis es auf erdölundurchlässige Schichten stieß.

Wo sich solche Schichten kuppelförmig aufwölbten, konnten die heutigen

Lagerstätten entstehen.

3

„So hat alles angefangen“!

Ergänze während des Vortrages unter dem Zeitstrahl Informationen zur Entwicklung der Förderung von Erdöl, die du dem Vortrag entnehmen kannst!



Bilde, nachdem du den Vortrag gehört hast, mit folgenden Worten sinnvolle Sätze!

1. Suche – Geophysikalische Untersuchungsmethoden – Erdöllagerstätten

2. Probebohrung – vermuten

3. Meer – Ölfelder – erschließen

4. Förderplattform/ Förderturm – Erfolg – Probebohrung

4

„Vom Erdöl zum Benzin“!

5

„Was aus Erdöl alles werden kann ...“ **Ergänze die Tabelle!**

	Destillation	Vakuum- Destillation	Cracken	Reforming	Raffinieren
Ausgangsstoff(e)					
Prinzip des Verfahrens					
Produkt(e)					

Außerdem ist Erdöl die Basis für die Herstellung folgender Dinge, mit denen wir ständig umgehen:

-
-
-
-

6

„Erdöl und die Umwelt“!

Erdöl ist aus unserer modernen, industrialisierten Welt kaum noch wegzudenken. Dennoch sind Erdölförderung, -transport und -nutzung mit erheblichen Risiken für die Umwelt verbunden. Welche sind das und was kann man dagegen tun?



Probleme	Vorschläge zur Lösung / Vermeidung
•	○ ○
•	○ ○ ○

3 Modul 2: Methoden zur Aufbereitung von Informationen am Thema „Alkohole“

3.1 Arbeitsmaterial Expertengruppe 1: Die Alkoholische Gärung

Lies den folgenden Text! Wende dabei die Schritte an, die auf dem Arbeitsblatt „Lesen von Texten“ beschrieben sind.

Mache jedoch **noch keine Notizen** zum Text!



Die Informationen des Textes werden dir helfen, Experte zum Thema „Alkoholische Gärung“ zu werden. In einer der folgenden Stunden wirst du zusammen mit anderen Experten verschiedene Aufgaben rund um das Thema „Alkohole“ lösen müssen, bei denen du dein hier erarbeitetes Wissen einbringen musst.

Schwerpunkte für die Bearbeitung des Textes sind folgende Fragen:

- Was versteht man unter alkoholischer Gärung?
- Welche Schritte gehören zum Prozess der Weinherstellung?
- Zusatz: Seit wann sind Bier, Wein und Weingeist („Schnaps“) Bestandteil der Kultur der Menschheit?

Die Alkoholische Gärung

Eines der bekanntesten Produkte der alkoholischen Gärung ist wohl der Wein. Dass man diesen aus Weintrauben herstellt, ist allgemein bekannt. Doch was genau passiert nun, wenn aus Trauben Wein wird?



Die Weinlese der Trauben findet meist im Oktober statt. Dann enthalten die Trauben genügend Zucker. Nachdem die Trauben geerntet und von Stielen befreit wurden, werden sie zu einem Brei, der so genannten Maische, zerquetscht. Diese wird dann in einer Kelter ausgepresst. Dadurch wird der süße Traubensaft (der Most) von den Traubentrümmern (dem Trester) getrennt. Um unerwünschte Bakterien abzutöten, die z.B. den Geschmack beeinträchtigen könnten, wird der Most geschwefelt. Das heißt, man leitet Schwefeldioxid ein, das man durch Verbrennen von Schwefel oder aus schwefeliger Säure erhält. Nun wird der Most mit entsprechenden Hefekulturen in Fässer oder Stahlbehälter gefüllt. Dort findet die eigentliche Gärung statt, bei der der Zucker der Trauben zu Ethanol vergoren wird.

Exkurs: Alkoholische Gärung

Im Biologieunterricht hast du schon von den Vorgängen, die bei der Atmung (der biologischen Oxidation) ablaufen, gehört. Hierbei handelt es sich um einen Abbau von Glukose in Gegenwart von Sauerstoff. Also um einen aeroben Vorgang (griech. *aerob*: mit Luftzutritt). Bei diesem Vorgang entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser.

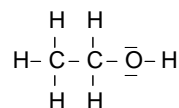
Atmung: $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$

Verschiedene Einzeller, wie z.B. die Hefepilze haben die Fähigkeit entwickelt, auch ohne Sauerstoff zu überleben. An die Stelle der Atmung tritt dann die alkoholische Gärung. Hierbei wird Glukose ohne die Zufuhr von Sauerstoff, also *anaerob* (griech: unter Luftausschluss) abgebaut. Bei diesem Prozess entstehen Ethanol und Kohlenstoffdioxid.

Gärung: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$

Die alkoholische Gärung ist also ein Stoffwechselprozess, bei dem Zucker durch Hefe zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid umgesetzt wird.

Ethanol ist ein vom Ethan abgeleiteter Alkohol, d.h. ein Wasserstoffatom wurde durch eine Hydroxylgruppe (-OH) ersetzt. Ethanol hat folgende Strukturformel:



Die stürmisch verlaufende Hauptgärung dauert 6-8 Tage und liefert einen Alkoholgehalt von ca.15%. (Höher wird die Konzentration an Ethanol kaum, da die Hefezellen an ihrem eigenen Stoffwechselprodukt - dem Alkohol - zugrunde gehen.)

Nach der vollständigen Gärung, etwa Ende Dezember, wird der Wein nochmals geschwefelt. Bevor er endgültig abgefüllt wird, „schönt“ man den Wein, d.h. Trübstoffe werden gebunden und abfiltriert, sodass man ein klares Getränk erhält.

Weißwein entsteht bei der Verarbeitung weißer Trauben, Roséwein, bei der Verarbeitung roter Trauben. Rotwein erhält man, wenn nicht erst der Most, sondern schon die Maische roter Trauben vergoren wird. Die rote Farbe entsteht dadurch, dass der entstehende Alkohol Stoffe aus den roten Schalen herauslöst.

Wenn noch Zeit sein sollte... (Zusatz)

Kulturgeschichte des Alkohols

Quelle: www.m-ww.de

Jahrtausendlang waren alkoholische Getränke das tägliche Hauptgetränk des Menschen. Wie selbstverständlich dienten sie als Durstlöcher und, wegen ihres hohen Kaloriengehalts, oft auch als Nahrungsmittel. Ihre Bedeutung als hauptsächliche Flüssigkeitsquelle für den Menschen erklärt sich u.a. durch eine Umwelt, in der die Menschen kein sauberes Trinkwasser zur Verfügung hatten. Erst sehr spät sind alkoholische Getränke durch Kakao, Kaffee und Tee und noch später durch Säfte sowie durch die Aufbereitung von Trinkwasser im letzten Jahrhundert verdrängt bzw. ergänzt worden.

Vermutlich entdeckte man die Herstellung von Alkohol aus Zucker durch Zufall. Schon immer kommt es in der Natur auch ohne Zutun des Menschen dazu, dass zucker- und stärkehaltige Früchte und Samen vergären, indem Hefepilzen durch den Abbau von Zucker- und Stärkemolekülen Energie gewinnen und als Nebenprodukt Ethanol (Alkohol) bilden. Vielen Menschen sind sicherlich die Fernsehbilder im Gedächtnis, die "beschwipste" Elefanten, Affen und andere Tiere zeigen, die sich an derartig vergorenen Früchten berauschen.

Die alkoholische Gärung ist das älteste und heute immer noch wichtigste Verfahren zur Herstellung von Ethanol. Es wird seit Jahrtausenden von der Menschheit angewandt. Wissenschaftler vermuten, dass die Herstellung von Bier bereits vor 9000 Jahren möglich war. In dieser Zeit begannen die Menschen, allmählich sesshaft zu werden und ihr Jäger- und Sammlerdasein zunehmend gegen das von Landwirten einzutauschen. Besonders die Flussdeltas von Mesopotamien, dem heutigen Irak und Ägypten, lieferten reiche Ernten an Getreide wie Weizen und Gerste. Die Vergärung ihrer stärkehaltigen Körner war der erste Schritt zur Herstellung von Bier. Fest steht, dass die Ägypter schon vor dem 3. Jahrtausend vor Christus Gersten- und Weizenbier tranken.

Auch die Herstellung von Wein setzte eine, zumindest in Grundzügen, entwickelte Landwirtschaft voraus. Neben Getreidefeldern legten die Menschen der Jungsteinzeit auch Obstkulturen an. Dabei züchteten sie besonders süße und wohlschmeckende Früchte heran. Schließlich domestizierten sie auch wilden Wein, der dann so viel Zucker enthielt, dass er sich für eine Vergärung eignete. Den ersten gezielten Weinanbau sehen Fachleute in Armenien vor ca. 8.000 Jahren.

Waren Bier und Wein im europäischen Kulturkreis bis noch vor ca. 100 Jahren mehr oder weniger Alltagsgetränke, so nahmen die asiatischen Hochkulturen schon sehr früh einen anderen Weg: Die Trinkwasseraufbereitung durch einfaches Abkochen führte zur Erfindung vieler nichtalkoholischer Getränke, wie z.B. den Tee. Diese Entwicklung wurde jedoch auch durch zwei genetische Besonderheiten bedingt. Etwa der Hälfte der Asiaten fehlt ein Enzym für den vollständigen Abbau von Alkohol. Nach Alkoholgenuss häuft sich deshalb das giftige Zwischenprodukt Acetaldehyd (Ethanal) an, das zu Kopfschmerzen und Übelkeit führt. Hinzu kommt, dass die meisten Asiaten über eine Form dieses Enzyms verfügen, die bei weitem nicht so leistungsfähig ist wie beispielsweise die eines bayrischen Gewohnheitstrinkers. Daher sind asiatische Besucher des Münchener Oktoberfestes auch immer zuerst betrunken.

Im Mittelalter begann man, das Prinzip der Destillation zu nutzen. Dadurch war es möglich, den Spiritus vini (Geist des Weines) aus Wein herzustellen. Auch heute noch werden höherprozentige Spirituosen durch Destillation gewonnen. Die folgende Tabelle zeigt, auf Grundlage welcher Naturstoffe verschiedene Alkoholika gewonnen werden:

	Wird hergestellt aus:
Wodka	Kartoffeln
Rum	Zuckerrohr
Whisky	Gerste
Weinbrand	Weintrauben
Tequila	Agaven
Gin	Wacholderbeeren
Obstbrand	Destillat der Weine der entsprechenden Obstsorten (z.B. Williams Christ: Birne, Slibovic: Pflaume)

3.2 Arbeitsauftrag Expertengruppe 1

1. Gehe deinen bearbeiteten Text noch einmal durch.
2. Stelle den Weg von der Traube bis zum Wein in einem Fließschema (Flussdiagramm) dar! Binde in das Schema an entsprechender Stelle auch den Prozess der alkoholischen Gärung (mit Reaktionsgleichung) ein!

Zusatz:

- a) Entwickle einen Zeitstrahl, der die Geschichte alkoholischer Getränke in der menschlichen Kultur darstellt!
 - b) Die Lebensweise der Menschen und Evolution (stammesgeschichtliche Entwicklung) bedingen einander. Erkläre, welcher Zusammenhang zwischen dem Trinkverhalten von Europäern und Asiaten früher und der „Trinkfestigkeit“ dieser Kulturkreise heute besteht!
3. Finde dich anschließend mit den anderen Experten deiner Gruppe zusammen und erarbeitet (auf einem extra Blatt) **gemeinsam ein** Schema, das die Herstellung von Wein aus Trauben zeigt!

Zusatz:

- a) Entwickelt gemeinsam einen Zeitstrahl, der die Geschichte alkoholischer Getränke in der menschlichen Kultur darstellt!
- b) Diskutiert gemeinsam, welcher Zusammenhang zwischen dem Trinkverhalten von Europäern und Asiaten früher und der „Trinkfestigkeit“ dieser Kulturkreise heute besteht! Schreibt die Erklärung in Sätzen auf!

3.3 Arbeitsmaterial Expertengruppe 2: Eigenschaften von Alkoholen



Lies den folgenden Text! Wende dabei die Schritte an, die auf dem Arbeitsblatt „Lesen von Texten“ beschrieben sind.

Mache jedoch **noch keine Notizen** zum Text!

Die Informationen des Textes werden dir helfen, Experte zum Thema „Eigenschaften der Alkohole“ zu werden. In einer der folgenden Stunden wirst du zusammen mit anderen Experten verschiedene Aufgaben rund um das Thema „Alkohole“ lösen müssen, bei denen du dein hier erarbeitetes Wissen einbringen musst.

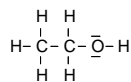
Schwerpunkte für die Bearbeitung des Textes sind folgende Fragen:

- Wie verhalten sich die Siedetemperaturen der Alkohole
 - in Abhängigkeit von der Molekülgröße (Kettenlänge) und
 - im Vergleich zu Alkanen?
- Worin liegt die Erklärung für das beobachtete Verhalten?
- Was erfährst du über die Löslichkeit von Alkoholen in Wasser? Wie lässt sich erklären, dass sich manche Alkohole in Wasser lösen und manche nicht?

Eigenschaften von Alkoholen

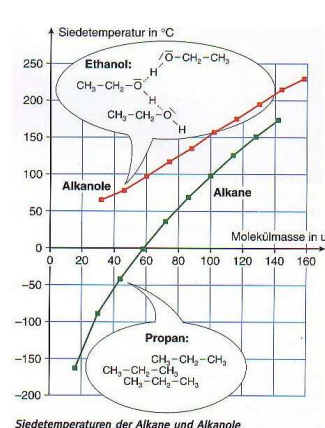
Hört man das Wort „Alkohol“ – denken viele – alles klar! Alkohol ist doch das, was in Wein, Bier und Schnaps enthalten ist. Doch das ist nur die halbe Wahrheit. In Wein oder Bier ist Ethanol enthalten, ein Stoff, der zur *Stoffklasse der Alkohole* gehört.

Ethanol hat folgende Strukturformel:



Verbindungen, die in ihren Molekülen eine (oder mehrere) Hydroxylgruppen (-OH) enthalten, werden unter der Stoffklasse der **Alkohole** zusammengefasst. Dazu gehören zum Beispiel Methanol (CH₃OH), Ethanol (C₂H₅OH), Propanol (C₃H₇OH) oder Butanol (C₄H₉OH). Die Alkohole, die sich von Alkanen ableiten, bezeichnet man als **Alkanole**. Der Name eines Alkanols wird gebildet, indem man an den Namen des entsprechenden Alkans die Endung -ol anhängt. Ethanol leitet sich also vom Ethan ab. Wie auch die Strukturformel zeigt, enthält es an der Stelle eines Wasserstoffatoms eine Hydroxylgruppe.

Die Eigenschaften der Alkanole werden durch die polare Hydroxylgruppe sowie durch den unpolaren Alkylrest bestimmt. (Als Alkylrest bezeichnet man den Kohlenwasserstoffrest.)



Siedetemperatur

Ethanol ist bei Raumtemperatur flüssig, Ethan dagegen gasförmig. Wie auch die Abbildung verdeutlicht, liegen die Siedetemperaturen der Alkanole über denen der Alkane mit ähnlicher molarer Masse (und ähnlicher Molekülgröße). Verantwortlich dafür ist wieder die funktionelle Gruppe: Die Polarität der Hydroxylgruppe führt dazu, dass sich (zusätzlich zu den van-der-Waals Kräften, die auch zwischen den Molekülen der Alkane wirken) Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen der Alkanole sind also höher. Bei einer Aggregatzustandsänderung muss mehr Energie aufgebracht werden, um die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen zu überwinden. Deshalb sieden Alkanole bei höheren Temperaturen.

Löslichkeit in Wasser

Die ersten Vertreter der homologen Reihe der Alkanole (Methanol, Ethanol und Propanol) sind in jedem Verhältnis mit Wasser mischbar. Bei den darauf folgenden Alkanolen nimmt die Löslichkeit mit steigender Anzahl der Kohlenstoffatome (also mit steigender Länge des Alkylrestes) ab. Schon Hexanol ist in Wasser nahezu unlöslich.

Bei den kurzkettigen Alkanolen bestimmt die funktionelle Gruppe (-OH) das Verhalten der Stoffe. Die Bindung in der OH-Gruppe der Alkanolmoleküle ist ähnlich polar wie die Bindung in Wassermolekülen. Zwischen den OH-Gruppen der Alkanolmoleküle und Wassermolekülen können sich daher Wasserstoffbrückenbindungen bilden. Deshalb sind kurzkettige Alkanole mit Wasser mischbar. Mit zunehmender Kettenlänge lässt der Einfluss der Hydroxylgruppe nach. Nun dominiert der unpolare Charakter des Alkylrestes. Die Löslichkeit in Wasser nimmt deshalb ab. Die Löslichkeit in unpolaren Lösungsmitteln dagegen (z.B. Benzin) steigt mit zunehmender Kettenlänge.

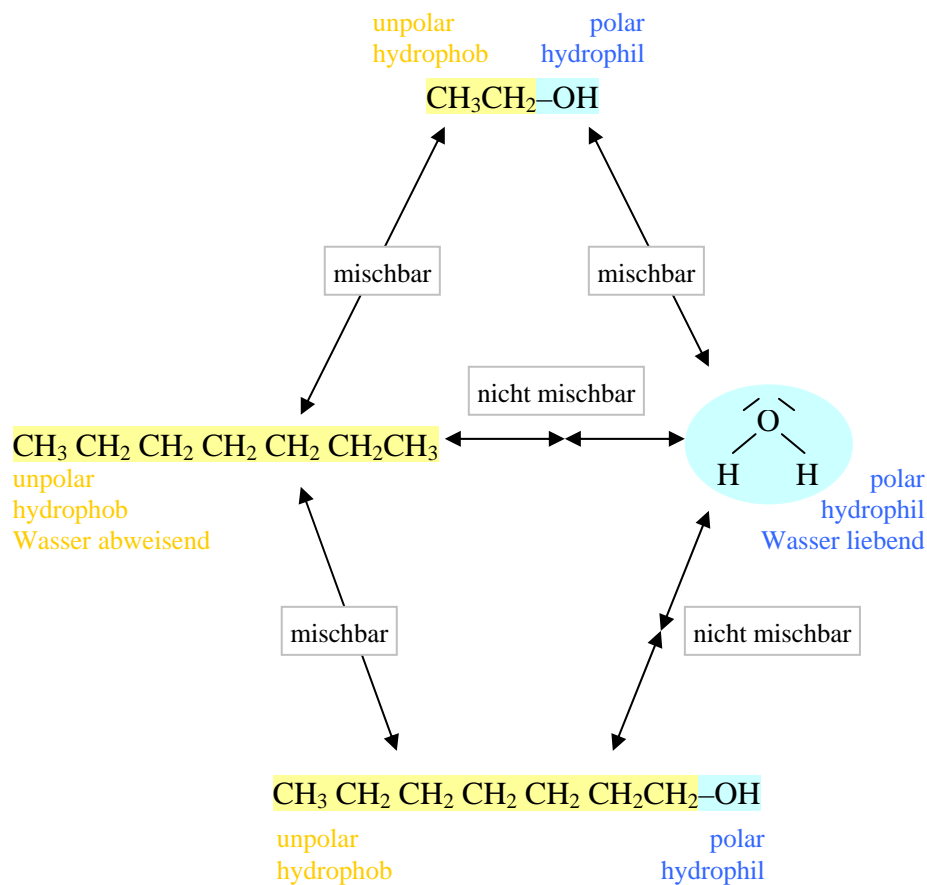


Abbildung 1: Einfluss der Struktur auf die Löslichkeit

Verwendung von Ethanol

Aufgrund der oben beschriebenen Eigenschaften werden Alkohole in der Industrie und im Labor als vielseitige Lösemittel verwendet. So ist Ethanol beispielsweise als Lösemittel in Arzneimitteln und in Kosmetika, wie Parfum oder auch Rasierwasser, enthalten. Weiterhin ist es ein wichtiger Ausgangsstoff für chemische Synthesen.

Im Alltag nutzt man Ethanol auch in Form von Brennspiritus als Reinigungsmittel (z.B. in Fensterreiniger) oder zum Anzünden von Holzkohle beim Grillen.

Im Gegensatz zu Alkohol in alkoholischen Getränken wird auf Brennspiritus keine Alkoholsteuer erhoben. Er ist deshalb viel billiger. Um zu verhindern, dass Spiritus zum Trinken missbraucht wird, macht man ihn durch den Zusatz von schlecht schmeckenden Stoffen ungenießbar (Vergällen).

3.4 Arbeitsauftrag Expertengruppe 2

- Gehe deinen bearbeiteten Text noch einmal durch!
- Entwickle eine Tabelle, die Name, Strukturformel, Schmelz- und Siedetemperatur sowie Angaben zur Wasserlöslichkeit der Alkanole von Methanol bis Butanol enthält! Nutze dafür auch das Tafelwerk!
Notiere unter der Tabelle, warum sich die Löslichkeit der Alkanole ändert!
- Entwirf nun ein Diagramm, das zeigt, wie sich die Siedetemperaturen der Alkanole im Vergleich zu den Siedetemperaturen der Alkane verhalten. Verwende dabei die Werte, die du im Tafelwerk findest!
Notiere unter dem Diagramm die Erklärung für die Unterschiede!
- Finde dich anschließend mit den anderen Experten deiner Gruppe zusammen und erarbeitet **gemeinsam eine** Tabelle und **ein** Diagramm auf einem extra Blatt. **Diskutiert miteinander** die Erklärungen und notiert sie auf dem gemeinsam erarbeiteten Blatt!

Hinweis: Auch bei Alkanolen gibt es Isomerie. Von Propanol gibt es z.B. 2 Isomere.

Ein einem Fall ist die Hydroxylgruppe an ein endständiges C-Atom gebunden.	Im zweiten Fall befindet sie sich am mittleren C-Atom:
1-Propanol oder n-Propanol:	2-Propanol oder i-Propanol:
$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{O} & - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \end{array} $	$ \begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{H} & \text{O} & \text{H} & & & \\ & & & & & & \\ & & \text{H} & & & & \end{array} $
Verwende für die Tabelle und das Diagramm die Werte für 1-Propanol und 1-Butanol.	

- Finde dich anschließend mit den anderen Experten deiner Gruppe zusammen und erarbeitet **gemeinsam eine** Tabelle und **ein** Diagramm auf einem extra Blatt. **Diskutiert miteinander** die Erklärungen und notiert sie auf dem gemeinsam erarbeiteten Blatt!

3.5 Arbeitsmaterial Expertengruppe 3: Wo spielen Alkohole eine Rolle? Verwendung und Wirkung von Alkoholen



Lies den folgenden Text! Wende dabei die Schritte an, die auf dem Arbeitsblatt „Lesen von Texten“ beschrieben sind. Mache jedoch **noch keine Notizen** zum Text!

Die Informationen des Textes werden dir helfen, Experte zum Thema „Verwendung und Wirkung von Alkoholen“ zu werden. In einer der folgenden Stunden wirst du zusammen mit anderen Experten verschiedene Aufgaben rund um das Thema „Alkohole“ lösen müssen, bei denen du dein hier erarbeitetes Wissen einbringen musst.

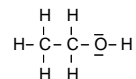
Schwerpunkte für die Bearbeitung des Textes sind folgende Fragen:

- Welche Eigenschaften hat Ethanol? Welche Konsequenzen leiten sich daraus für den Umgang mit diesem Alkohol ab?
- Was versteht man unter mehrwertigen Alkoholen?
- Was ist Glykol, Glycerin? – Wie sind die Stoffe aufgebaut und wo spielen sie in Natur und Technik eine Rolle?

Wo spielen Alkohole eine Rolle? – Verwendung und Wirkung von Alkoholen

Hört man das Wort „Alkohol“ – denken viele – alles klar! Alkohol ist doch das, was in Wein, Bier und Schnaps enthalten ist. Doch das ist nur die halbe Wahrheit. In Wein oder Bier ist Ethanol enthalten, ein Stoff, der zur Stoffklasse der Alkohole gehört.

Ethanol hat folgende Strukturformel:



Es ist also zum einen falsch zu denken, Alkohol ist Ethanol, denn es gibt noch andere – zum Teil ebenso wichtige – Alkohole wie Ethanol. Zum anderen ist es auch nicht weit genug gedacht, wenn man die Verwendung von Ethanol lediglich mit Genussmitteln in Verbindung bringt.

Was ist Ethanol nun eigentlich und welche Eigenschaften hat dieser Stoff?

Ethanol ist eine farblose, leicht flüchtige Flüssigkeit mit charakteristischem Geruch. Ethanol leitet den elektrischen Strom nicht. Es ist mit Wasser und anderen polaren Lösemitteln in jedem Verhältnis mischbar. Ethanol und seine Dämpfe sind brennbar. (Aus diesem Grund ist bei der Verwendung von Ethanol als Grillanzünder große Vorsicht geboten.) Auch die wässrigen Lösungen von Ethanol sind bis zu einem Volumenanteil von etwa 50% brennbar. Ethanol verbrennt mit blassblauer Flamme unter Bildung von Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Ethanol wird in der Industrie und im Labor als vielseitiges Lösemittel verwendet. So ist Ethanol beispielsweise als Lösemittel in Arzneimitteln und in Kosmetika, wie Parfüm oder auch Rasierwasser, enthalten. Weiterhin ist es ein wichtiger Ausgangsstoff für chemische Synthesen.

Im Alltag nutzt man Ethanol auch in Form von Brennspiritus¹ als Reinigungsmittel (z.B. in Fensterreiniger), zum Anzünden von Holzkohle beim Grillen.

Ethanol ist ein Zellgift, das Körpereweiß zerstört. Es hat keimtötende Wirkung und wird als Desinfektionsmittel eingesetzt.

Wie wirkt Ethanol nun auf den Menschen?

Ethanol ist einer der wenigen Stoffe, die nicht verdaut werden, sondern direkt ins Blut übergehen. Über den Blutkreislauf wird der Alkohol im Körper verteilt. Der Hauptanteil des mit alkoholischen Getränken aufgenommenen Ethanols wird in der Leber abgebaut. Dabei entstehen über verschiedene Zwischenstufen Wasser und Kohlenstoffdioxid. Bis zu 5 % werden unverändert über die Lunge, die Niere und die Haut ausgeschieden. Man kann davon ausgehen, dass bei den meisten Europäern knapp 1 g Alkohol je 10 kg Körpergewicht und Stunde abgebaut werden. Dabei wird Alkohol von Männern schneller abgebaut als von Frauen. (Pro Stunde sinkt der Blutalkoholgehalt bei Frauen um etwa 0,1 ‰ bei Männern um etwa 0,15 ‰.)

Alkohol führt zu einer Erweiterung der Blutgefäße. Damit erhöht sich die Hauttemperatur, es kommt zu einem wohligen Wärmegefühl. Die natürliche Regulierung des Wärmehaushaltes wird jedoch beeinträchtigt, sodass es zu Auskühlung kommen kann.





Bereits maßvoller Alkoholgenuss wirkt sich auf das Nervensystem und speziell auf das Gehirn aus. Es wird vermutet, dass beim Verzehr eines Bieres bis zu 100.000 Gehirnzellen abgetötet werden.

¹ Im Gegensatz zu Alkohol in alkoholischen Getränken wird auf Brennspiritus keine Alkoholsteuer erhoben. Er ist also viel billiger. Um zu verhindern, dass Spiritus zum Trinken missbraucht wird, macht man ihn durch den Zusatz von schlecht schmeckenden Stoffen ungenießbar (Vergällen).

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Stadien der Alkoholvergiftung:

<p>Bis 0,1 Promille (ca. 50 ml Ethanol): Stadium wohliger Enthemmung Wärmegefühl, Zwanglosigkeit, Rededrang, gesteigertes Selbstwertgefühl, Selbstüberschätzung, Verlangsamung der Reaktionen</p> <p>1,0 – 2,0 Promille (ca. 50-100 ml Ethanol): Rauschstadium Gleichgewichtsstörungen und Störungen der Bewegungsabläufe, Sprachstörungen, Enthemmung, Verlust der Selbstkontrolle</p> <p>2,0 – 3,0 Promille (ca. 100-200 ml Ethanol): Betäubungsstadium Vollrausch, Gedächtnisstörungen, Bewusstseinstäubung, Erbrechen, Muskeler schlaffung</p> <p>3,0 - 5,0 Promille (mehr als 200 ml Ethanol): Lähmungsstadium tiefe Lähmung, flache Atmung, Unterkühlung, übergehend in Koma, Tod durch Atemlähmung</p>

Diese Tabelle zeigt, welche Menge an reinem Ethanol in den verschiedenen Getränken enthalten ist:

	Wein 	Bier 	Likör 	Whisky 
Alkoholgehalt	Ca.10 Vol.-%	ca. 4 Vol.-%		ca. 40 Vol.-%
Volumen eines üblichen Glases	0,25 l	0,3 l	0,5 l	2 cl (0,02 l)
Menge an reinem Alkohol	25 ml	12,5 ml	20 ml	6 ml

Auch wenn der maßvolle Konsum von alkoholhaltigen Getränken zunächst angenehme Wirkung hat, ist Alkohol immer wieder die Ursache tragischer Schicksale: Verkehrsunfälle unter Einfluss von Alkohol, Zerstörung von Familien durch die Sucht oder Tod durch übermäßigen Alkoholgenuss. In Deutschland sind im Jahr 2000 circa 16.000 Menschen durch Alkohol-Missbrauch gestorben. Dies sind rund zwei Prozent aller Sterbefälle.

Wie bereits gesagt, gibt es neben Ethanol noch weitere Alkohole. Die Verwendungsmöglichkeiten für Alkohole sind sehr vielfältiger. So enthalten auch Lippenstift, Stempelfarbe, Cremes, Zahncremes, Bremsflüssigkeit der Autos und Hornissen einen Alkohol – das Glycerol. Was ist das für ein Stoff?

Glycerol (auch unter dem Namen Glycerin bekannt) ist eine farblose, sirupartige Flüssigkeit, die gut mit Wasser mischbar ist. Glycerol ist ein besonderer Alkohol. Er besitzt drei Hydroxylgruppen in einem Molekül und leitet sich vom Propan ab.

Der systematische Name für Glycerol ist 1,2,3-Propantriol.

Alkohole, deren Moleküle mehr als eine Hydroxylgruppe im Molekül besitzen, heißen mehrwertige Alkohole.

Glycerol ist ein mehrwertiger (genauer: ein dreiwertiger) Alkohol. Die Moleküle haben folgende Strukturformel:	Ethanol ist ein einwertiger Alkohol. Die Moleküle haben folgende Strukturformel:
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $

Glycerol kommt gebunden in fast allen pflanzlichen und tierischen Fetten und Ölen vor. Außerdem ist es Ausgangsstoff für die Herstellung von Sprengstoffen (TNT: Trinitroglycerin).

Ein weiterer wichtiger Alkohol ist das **Glykol**. Es findet in der Technik als Frostschutzmittel Verwendung. Zum Beispiel werden auf Flughäfen bei Frost die Außenflächen der Flugzeuge mit einem Gemisch aus Glykol und Wasser enteist. Auch der Kühl- und Bremsflüssigkeit von Autos wird Glykol zugesetzt, um im Winter ein Einfrieren zu vermeiden.

Glykol ist eine farblose Flüssigkeit, die gut mit Wasser mischbar ist. Es ist gesundheitsschädlich, wie andere mehrwertige Alkohole schmeckt es süßlich. Glykol ist ein zweiwertiger Alkohol, der sich vom Ethan ableitet. Der systematische Name ist 1,2-Ethandiol.

3.6 Arbeitsauftrag Expertengruppe 3

- Gehe deinen bearbeiteten Text noch einmal durch.
- Entwickle zu dem Text 10 Frage- und Antwortkärtchen für eine Lernkartei! Notiere dazu auf einem A4 Blatt auf der linken Seite die Fragen, auf der rechten Seiten die zugehörigen Antworten.
(Später kann du das Blatt in der Mitte falten, zusammenkleben und die Kärtchen ausschneiden.)
- Finde dich anschließend mit den anderen Experten deiner Gruppe zusammen. Entscheidet euch für 10 -15 Fragen und Antworten und notiert diese auf den bereitgestellten Kärtchen.
- Geht euern Chemie-Hefter durch und entscheidet euch für 10 weitere Fragen und Antworten rund um die Chemie und notiert sie auf 10 weiteren Kärtchen.

Fragen	Antworten

Auf diese Weise könnt ihr euch selbst eine Lernkartei „Chemie“ zusammenstellen. Damit lassen sich – ähnlich wie mit Vokabelboxen im Sprachunterricht – wichtige Informationen zu einem Themenbereich gut einprägen. Was eine Lernkartei ist und wie man damit arbeitet ist unten noch einmal beschrieben.

Das Lernen mit der 5-Fächer-Lernkartei

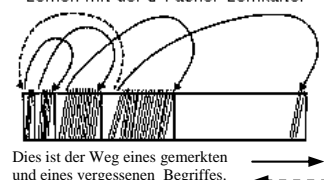
Das Prinzip der Lernkartei basiert auf dem vermuteten Weg der Speicherung von Informationen im menschlichen Gedächtnis: Informationen werden aufgenommen und gelangen dann zuerst in das Ultrakurzzeitgedächtnis, danach in das Kurzzeitgedächtnis und am Ende in das Langzeitgedächtnis. Dieser Prozess soll durch die Lernkartei unterstützt werden.

Die Lernkartei ist ein Kasten oder eine Schachtel mit fünf Fächern, die jeweils etwa 1 cm, 2 cm, 4 cm, 8 cm und 16 cm lang sind. Mit ihm kann man fast alles lernen, was von der Grundschule bis zum Gymnasium, während der Berufsausbildung oder in der Universität gelernt werden muss. Denn alles, was man lernen möchte, schreibt man auf kleine Zettel oder Karteikarten: Auf die Vorderseite die Frage und auf die Rückseite die Antwort. Dabei ist es oft wichtig, nicht nur ein einziges Wort als Antwort aufzuschreiben, sondern einen zusammenhängenden Satz, aus dem der genaue Sinn deutlich wird.

Und so funktioniert das Lernen mit einer Lernkartei:
Gearbeitet wird damit täglich.

- Alle neuen Kärtchen kommen in Fach 1.
- Den Zettel aus Fach 1 nehmen,
- die Frage lesen,
- die Antwort überlegen,
- Zettel drehen und die gedachte Antwort überprüfen.
- Ehrlich entscheiden, ob die gedachte Antwort richtig oder falsch gewesen ist.
- Bei richtig wandert die Karte weiter ins nächste Fach (Fach 2).
- Bei falsch steckt man die Karte wieder in Fach 1.
- Fach 2 (und alle anderen Fächer) werden erst bearbeitet, wenn sie fast voll sind. Man geht dann so vor wie bei Fach 1:
 - Die **richtig** beantworteten Kärtchen kommen ins **nächste Fach**,
 - Die **falsch** beantworteten Kärtchen wandern **zurück in Fach 1**.

Lernen mit der 5-Fächer-Lernkartei



Hilfreiche Regeln für das Beschriften der Karten

1. Zerlege den Lernstoff in die kleinsten noch sinnvollen Lerneinheiten, und formuliere die Fragen und Antworten so einfach und so eindeutig wie möglich.
2. Achte darauf, dass du alles richtig aufschreibst, damit du keine Rechtschreibfehler mitlernst.
3. Man kann einen Lernkartei-Kasten für mehrere Fächer benutzen, indem man z.B. unterschiedliche Farben für unterschiedliche Fächer verwenden (blau für Chemie, grün für Mathematik, rot für Englisch usw.).
4. Versuche schön und deutlich zu schreiben. Hast du dich einmal verschrieben, nimm lieber eine neue Karte.
5. Jede neue Karte kommt in das 1. Fach hinter die dort schon vorhandenen Karten.
6. Sei kritisch! Überlege dir gut, was du alles in deinem Kopf aufbewahren willst. Du solltest nur den Lernstoff aufschreiben, von dem du sicher bist, dass du ihn in einem Jahr immer noch im Kopf haben willst.

3.7 Arbeitsauftrag Unterrichtsrunde



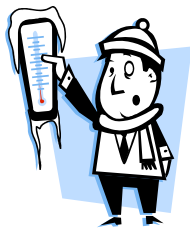
- Berichtet euch gegenseitig kurz, worüber ihr in den einzelnen Expertenrunden gearbeitet habt, was ihr über die verschiedenen Aspekte zum Thema „Alkohol“ herausbekommen habt!
 - Erklärt auch, mit welcher Methode ihr die Informationen dargestellt habt und beschreibt kurz, wie ihr diese Methode beurteilt.
(War diese Methode geeignet, nicht geeignet? Wie seid ihr damit zurecht gekommen? Welche Tipps könnt ihr aus eurer Erfahrung geben?)
- Bearbeitet anschließend gemeinsam folgende Aufgaben in der vorgegebenen Reihenfolge auf einem Blatt Papier! (Jeder Schüler notiert die Antworten auf einem eigenen Blatt.)



Hinweis: Um die Aufgaben lösen zu können ist das Wissen aller Experten notwendig. Dabei sollen nicht die jeweiligen Experten die Aufgaben lösen, die zu ihrem Thema gehören. Es geht darum, dass ihr **gemeinsam die Lösung findet** und ihr euch **gegenseitig erklärt**, was ihr zu dem Problem wisst.

Aufgaben:

1. Stellt den Weg von der Traube bis zum Wein schematisch dar und beschreibt, wie der Alkohol in den Wein kommt!
2. Formuliert die Reaktionsgleichung für die alkoholische Gärung!
3. Nennt mindestens 5 Eigenschaften von Ethanol!
4. Warum ist Spiritus (96%iger Ethanol) flüssig, und Ethan, obwohl die Moleküle etwa genauso groß sind, ein Gas?



5. Im Winter wird dem Wasser der Scheibenwaschanlage in Autos Glykol als Frostschutzmittel zugesetzt. Eine Mischung von Wasser und Glykol zu gleichen Teilen (1:1) gefriert erst bei -40°C . Je nach Mischungsverhältnis lässt sich der Gefrierpunkt des Wasser-Glykol-Gemisches den zu erwartenden Temperaturen anpassen. Dabei ist es gut, dass Glykol mit Wasser in jedem Verhältnis mischbar ist.
Was ist Glykol, welche Strukturformel hat es und warum lässt es sich mit Wasser so gut mischen?
6. Beantwortet folgende Frage und begründet eure Antwort:
Bilden Alkanole eine homologe Reihe?
7. Erstellt einen Flyer oder ein Poster mit Hinweisen zum Umgang mit Ethanol (in der Umgangssprache auch als Alkohol bezeichnet)!

Wenn noch Zeit ist ...







8. Geht einmal gemeinsam die Fragen durch, die Gruppe 3 für eine Lernkartei notiert hat!

4 Modul 3: Naturwissenschaftlich experimentieren

4.1 Exkursionsauftrag

Schaut euch im Supermarkt / beim Bäcker / Fleischer genau um.
 Achtet darauf, welche Möglichkeiten genutzt werden, um verschiedene Lebensmittel haltbar zu machen (zu konservieren). Dabei können bei einem Produkt auch mehrere Methoden der Haltbarmachung genutzt werden. Nutzt auch die Übersicht zu E-Nummern der Konservierungsstoffe! Vervollständigt die folgende Tabelle.

Hier ist Platz für Fragen und Notizen!

Lebensmittelgruppe	Produkte	Methoden zur Haltbarmachung (Konservierungsmethoden)
Backwaren 		
Milchprodukte 		
Wurst, Fleisch 		
Gemüse 		
Obst 		
Fisch 		
...		

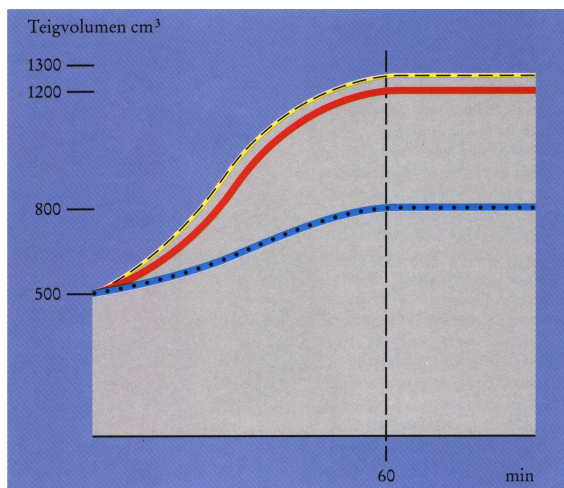
4.2 Material zur Herleitung der Fragestellung

Panosorb® - ein Versuch der Lebensmittelchemie, die Natur zu überlisten

Herkömmliche Konservierungsstoffe – also z.B. Sorbinsäure in handelsüblicher Form – wirken nicht nur gegen unerwünschte Pilze, sondern auch gegen Hefen und verlangsamen so den Gärungsprozess (das Gehen) von Hefeteig. Zum Ausgleich waren bisher der Einsatz größerer Hefemengen oder längere Gärzeiten notwendig, was wiederum höhere Produktionskosten mit sich bringt.

Anders mit Panosorb®: Mit Panosorb® werden die für den Gärprozess und das Teigvolumen verantwortlichen Hefen weniger gehemmt als bei handelsüblicher Sorbinsäure.

Im Unterschied zu Sorbinsäure löst sich Panosorb® im Teig nur sehr langsam auf. So bleibt es während der Teigbereitung und der Gärzeit bei 35°C praktisch inaktiv. Erst bei höheren Temperaturen beim Backprozess – wenn der Gärprozess abgeschlossen ist – kommt es zur Auflösung. Der Vorteil liegt auf der Hand: Die Hefe wird in ihrer Aktivität kaum beeinträchtigt, die Hefemenge kann fast auf das für unkonserviertes Brot übliche Maß reduziert werden. Der Gärprozess ist in der üblichen Zeit beendet.



Einfluß von Panosorb und Calciumpropionat auf die Volumenzunahme von Teigen.

— Nullversuch
— 0,3% Panosorb
- - - 0,5% Calciumpropionat

Der oben formulierte Text sowie die Abbildung sind in einer Broschüre der Firma Hoechst abgedruckt.

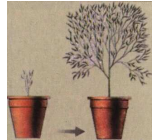
Die Abbildung zeigt, welchen Einfluss Panosorb und Calciumpropionat auf das Teigvolumen während der Gärzeit haben. **Ein Vergleich zwischen Panosorb und Sorbinsäure ist im Diagramm nicht dargestellt.**

In einem Versuch soll nun Folgendes überprüft werden:

1. Wie wirkt sich die Verwendung von herkömmlicher Sorbinsäure auf das Teigvolumen aus?
2. Stimmt die Aussage in der Broschüre von Nutrinova (Hoechst), dass „Mit Panosorb ... die Hefen bedeutend weniger gehemmt [werden] als bei handelsüblicher Sorbinsäure“?

4.3 Arbeitsmaterial „Das naturwissenschaftliche Experiment“

1. Lies den folgenden Text einmal durch (überfliegen)!
2. Schau dir nun die Tabelle an!
3. Lies den Text noch einmal und unterstreiche dabei die Informationen, die wichtig sind, um die Tabelle zu vervollständigen!
4. Vervollständige anschließend die Tabelle!



Das naturwissenschaftliche Experiment

Johan Baptista van Helmont wurde am 12.1.1579 in Brüssel geboren und starb am 30.12.1644. In seinem Werk „Ortus medicinae“ veröffentlichte der Arzt und Chemiker die Ergebnisse seiner Experimente mit Pflanzen:

„... ich habe ein steinernes Geschirr (Topf) genommen und zweihundert Pfund Erde darein getan, die ich im Backofen ließ trocken werden. Dieselbe habe ich mit Regenwasser angefeuchtet und einen Weidenstamm rein gepflanzt, der fünf Pfund (2,5 kg) wog. Endlich nach fünf Jahren ist ein Baum daraus geworden, der hundertneunundsechzig Pfund (84,5 kg) schwer war. Das steinerne Geschirr aber goss ich immer, wenn es von Nöten war, mit Regenwasser oder destilliertem Wasser. Damit sich nicht umher fliegender Staub unter die Erde im Topf menget, hatte ich ein eisernes Blech, das voller Löchlein war, darüber gebreitet. Das Gewicht der Blätter, das in vier Jahren jeden Herbst davon abfällt habe ich nicht mit berechnet. Endlich habe ich die Erde wieder getrocknet und fand die 200 Pfund wieder. Also waren die hundert und vierundsechzig Pfund bloß aus dem Wasser hervorgewachsen.“

Van Helmont wollte mit diesem Experiment klären, worauf die Massenvermehrung beim Wachstum von Pflanzen beruht. Zwar stimmen die Wissenschaftler heute seiner Schlussfolgerung nicht mehr zu, dass alles allein und „bloß aus dem Wasser hervorgewachsen“ sei, aber van Helmonts Versuchsprotokoll zeigt wesentliche Schritte und Merkmale eines naturwissenschaftlichen Experiments.

Nach: Stäudel L., Werber B., Freimann T.: *Naturwissenschaften – verstehen und anwenden*. Friedrich Verlag, Seelze. 2003. S. 51.

Welche Frage beschäftigte den Wissenschaftler?	Wachsen Pflanzen aus Wasser? Oder so ähnlich
Welche Vermutung stellt er auf?	Darüber wird im Text nichts gesagt.
Er entwickelte eine Versuchsordnung mit der er die Frage überprüfen wollte! Formuliere konkrete Anweisungen zur Durchführung des Versuchs!	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trockne Erde! 2. Fülle 200 Pfund davon in einen Blumentopf! 3. Bestimme das Gewicht eines kleinen Weidenstamms. 4. Pflanze ihn in die Erde. 5. Gieße die Weide nur mit Wasser. 6. Schütze die Pflanze mit einem Dach um zu verhindern, dass sich Staub zur Erde mischt. 7. Warte 5 Jahre. 8. Bestimme nun das Gewicht des Baumes und der getrockneten Erde!
Welche Messdaten hat Van Helmont aufgenommen:	<p>Masse der Erde zu Beginn: 200 Pfund Masse der Erde am Ende: 200 Pfund Masse des Weidenstamms zu Beginn: 5 Pfund Masse des Weidenstamms am Ende: 269 Pfund</p>
Was ist das Ergebnis der Auswertung der Messdaten und seiner Beobachtung?	<p>Die Masse der Erde ist ungefähr gleich geblieben. Die Masse des Baumes hat jedoch um 164 Pfund zugenommen.</p>
Er zieht eine Schlussfolgerung mit der er die anfangs gestellte Frage beantwortet. Welche?	Da die Masse der Erde gleich geblieben ist und nichts hinzu gekommen ist außer Wasser, muss die Massenzunahme bei der Pflanze durch das Wasser bewirkt werden.
Welche Fehlerquelle hat seine Versuchsordnung?	<p>Er hat das Gewicht der Blätter vernachlässigt (nicht berücksichtigt), die in jedem Herbst gefallen sind Er hat Luft als möglichen Einflussfaktor vernachlässigt</p>

4.4 Arbeitsmaterial: Vorlage zum Erstellen eines Protokolls



Datum

Protokoll
Überschrift /Titel des Versuches

1. Ziel des Versuches

Formuliere die Problemstellung / das Ziel des Versuches in ein bis zwei Sätzen!
(Welche Frage soll mit dem Versuch beantwortet werden?)

2. theoretischer Hintergrund

Notiere Wissen oder Kenntnisse, die Grundlage des Versuches sind!
Notiere – wenn es sie gibt – eine Vermutung über das Ergebnis des Experimentes!

3. Material

Notiere hier in Stichpunkten, welche **Geräte / Apparaturen** und **Chemikalien** für die Durchführung benötigt werden!

4. Durchführung / Methode

a) Beschreibe, wie man bei der Durchführung des Versuches vorgehen muss!
(Gib die Schritte an, die man bei der Durchführung des Versuches machen muss.)
Achte dabei darauf, dass du möglichst genaue Angaben zu Mengen, Zeit bzw. Temperatur machst – je nachdem was für den Versuch wichtig ist.
b) Fertige gegebenenfalls eine beschriftete Skizze des Versuchsaufbaus an!

5. Beobachtung

Notiere die Ergebnisse des Versuches – das sind Messergebnisse und Beobachtungen – in knapper, übersichtlicher Form.
(Wenn es möglich und sinnvoll ist, stelle die Ergebnisse in Tabellenform oder als Diagramm dar!)
Die Bewertung der Ergebnisse gehört hier nicht hin!

6. Diskussion / Auswertung

Die sorgfältige Bewertung der Ergebnisse ist der wichtigste Teil eines Protokolls. Bezug nehmend auf das Ausgangsproblem und das theoretische Hintergrundwissen müssen folgende Fragen diskutiert werden:

- Welche Schlussfolgerung kann im Hinblick auf die Ausgangsfragestellung (1.) aus dem Versuch gezogen werden?
- Entsprechen die Ergebnisse den Erwartungen entsprechen oder nicht?
- Gibt es Abweichungen? Welche Ursache könnte das haben?
- Was könnten mögliche Fehlerquellen sein?
- Welche Vorschläge zur Veränderung / Verbesserung der Versuchsdurchführung können gemacht werden?

4.5 Arbeitsblatt zur Durchführung des Versuches

Durch einen Versuch sollen folgende Fragestellungen untersucht und beantwortet werden:



1. Wie wirkt sich die Verwendung von herkömmlicher Sorbinsäure auf das Teigvolumen aus (im Vergleich zu unbehandeltem Teig)?
2. Stimmt die Aussage in der Broschüre von Nutrinova (Hoechst), dass „mit Panosorb ... die Hefen bedeutend weniger gehemmt [werden] als bei handelsüblicher Sorbinsäure“?

-
1. Überlegt in eurer Gruppe gemeinsam, wie diese Fragestellungen mit **einem** Versuch überprüft werden können.



2. Im Anhang findet ihr ein Rezept für Hefekuchen aus dem Backbuch sowie Hinweise zur Verarbeitung von Panosorb.
Formuliert das Backrezept so um, dass daraus eine Versuchsanleitung für ein naturwissenschaftliches Experiment wird – ein „Chemisches Kuchenrezept“!

Hinweis:

*Um die verschiedenen Teigproben miteinander vergleichen zu können, müssen für alle 3 Proben vergleichbare Versuchbedingungen geschaffen werden. Die verschiedenen Proben dürfen sich nur in **einer Versuchsbedingung unterscheiden**. (Sie dürfen sich nur in der Bedingung unterscheiden, deren Einfluss auf das Versuchsergebnis untersucht werden soll.)*

Überlegt genau, ob alle Schritte, die beim Kuchenbacken durchgeführt werden müssen, auch für die Durchführung eures Versuches wichtig sind. Worauf kann man eventuell verzichten?

Solltet ihr Hilfe benötigen oder möchtet ihr eure Ergebnisse kontrollieren, könnt ihr die Zettel an der Tafel nutzen.

3. Bereitet ein Protokoll vor, das der Struktur auf dem Arbeitsblatt entspricht. Das Protokoll muss **vor** Versuchsbeginn die Punkte 1 – 4 bereits vollständig enthalten. Die Punkte 5 und 6 werden **während** bzw. **nach** der Durchführung ergänzt.
4. Gebt am Ende dieser Stunde das „Chemische Kuchenrezept“ und das vorbereitete Protokoll ab!
5. Führt in der nächsten Stunde den Versuch durch und ergänzt euer Protokoll.
6. Fasst die Ergebnisse des Versuches für die Firma Nutrinova zusammen.
Verfasst dazu einen kurzen Text (ca. ½ Seite), in dem ihr
 - erklärt, was ihr in euerm Versuch untersucht habt,
 - kurz beschreibt, wie ihr vorgegangen seid und
 - die Ergebnisse eures Versuches zusammenfasst.



Anhang:

Omas leckerer Hefekuchen

40 g Hefe	Die Hefe zerbröckeln und in einem Töpfchen mit etwas Zucker und 3 EL lauwarmem Wasser anrühren
$\frac{1}{4}$ l lauwarmes Wasser	Das Mehl in eine Schüssel geben, in die Mitte eine Vertiefung machen, dort hinein den restlichen Zucker und die angerührte Hefe geben. Hefe und Zucker ganz leicht verrühren. Das ganze ca. 10 Minuten an einem warmen Ort gehen lassen.
5 EL Sonnenblumenöl	
75 g Zucker	Das restliche Wasser und das Öl am Rand dazu gießen, alles mit einem Rührlöffel verrühren und dann gründlich mit den Händen kneten. Den Teig anschließend 30-60 Minuten gehen lassen.
1 Prise Salz	
500 g Mehl	Den Teig auf einem Backblech ausrollen. Darauf das Obst verteilen Den Kuchen bei 200°C 25 bis 30 Minuten backen.
Obst (Äpfel oder Zwetschgen)	

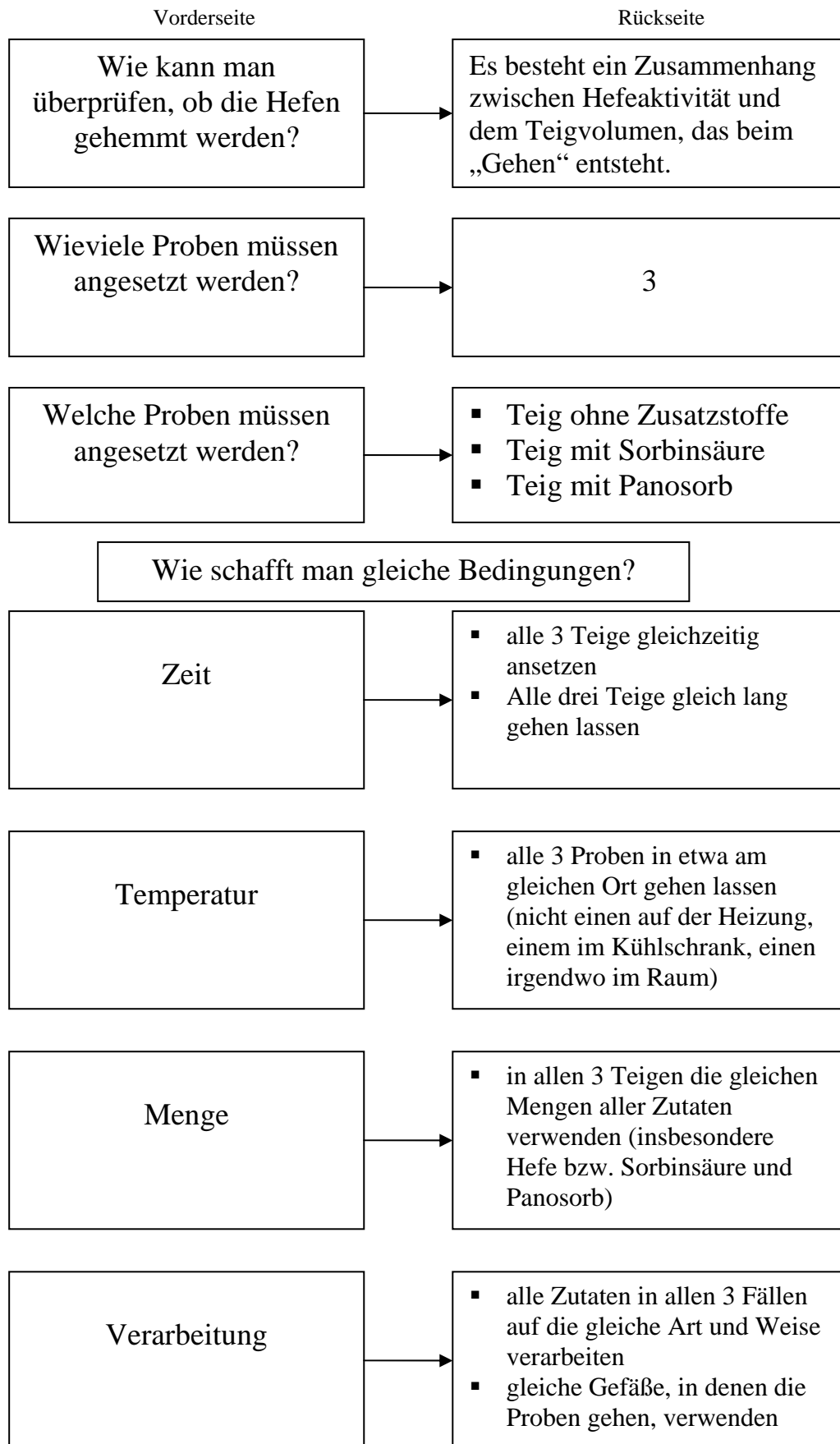


Tipps:

- Die empfohlene Zusatzmenge von Panosorb beträgt 0,6 % bezogen auf das Mehl.
- Die empfohlene Hefemenge bei Panosorb-Einsatz beträgt 8 % bezogen auf Mehl.
- Für eine günstige Verteilung von Panosorb empfiehlt es sich, Panosorb vor der Teigbereitung trocken mit dem Mehl zu mischen.
- Das Wasser darf keinesfalls wärmer als 45°C sein, da die Hefezellen sonst zerstört werden.
- Der Teig sollte an einem warmen Ort (auf der Heizung in der Sonne) gehen. Das begünstigt die Aktivität der Hefezellen.

Für einen Versuch muss nicht so eine große Menge angesetzt werden, wie für einen Kuchen. (Das spart „Chemikalien“.)

4.6 Lernhilfen



5 Empirische Instrumente zur Analyse des Chemieunterrichts in Thüringen

5.1 Schülerfragebogen

1. Fragen zur Person

Geschlecht: weiblich männlich
 Klassenstufe: 8 9 10

Wie gerne magst du die angegebenen Schulfächer? Benote bitte mit Schulnoten von 1 bis 6!

Biologie	_____	Geographie	_____
Chemie	_____	Geschichte	_____
Deutsch	_____	Mathematik	_____
Englisch	_____	Physik	_____

2. Methoden

Im Folgenden sind Möglichkeiten aufgeführt, was du im Chemieunterricht machen kannst. Beurteile diese bitte aus deiner Erfahrung mit Hilfe der angegebenen Skala!

	gefällt mir sehr gut	gefällt mir gut	gefällt mir teilweise	gefällt mir weniger	gefällt mir gar nicht
a) Texte (z.B. im Lehrbuch) lesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Experimente selbst durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Experimente vorgeführt bekommen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Vorträgen meiner Mitschüler zuhören	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) dem Lehrer zuhören, seinen Anweisungen folgen oder seine Fragen beantworten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) auf Exkursionen gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Videofilme über technische Prozesse, chemische Versuche oder anderes sehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wenn im Unterricht ein Thema erarbeitet werden soll, kannst du das auf verschiedenen Wegen tun. Bewerte bitte mit Schulnoten von 1 bis 6, wie gerne du ein Thema auf den angegebenen Wegen bearbeitest!

ganz alleine _____
 zusammen mit einem Partner _____
 in einer Gruppe _____
 im Wechsel zwischen selbständiger Arbeit und Gruppenarbeit _____
 mit Fragen und Antworten zwischen dem Lehrer und der Klasse _____

Was machst du im Chemieunterricht besonders gerne? Was gefällt dir überhaupt nicht?

Wie oft hast du Gelegenheit, die genannten Tätigkeiten im Chemieunterricht durchzuführen?

	fast jede Stunde	etwa jede 2. Stunde	etwa 1-2 mal im Monat	1 –2 mal im Schulhalbjahr	nie
a) Texte (im Lehrbuch) lesen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Experimente selbst durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Experimente vorgeführt bekommen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ein Thema in einer Gruppe bearbeiten / erforschen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) dem Lehrer zuhören, seinen Anweisungen folgen oder seine Fragen beantworten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) auf Exkursionen gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Vorträgen meiner Mitschüler zuhören	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Videofilme über technische Prozesse, chemische Versuche oder anderes sehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Was würdest du im Chemieunterricht gerne anders machen?

3. Inhalte des Chemieunterrichts

Welche inhaltlichen Aspekte des Chemieunterrichts magst du besonders? Kreuze auf der Skala an, wie gut dir die jeweiligen Gebiete der Chemie gefallen?

	gefällt mir sehr gut	gefällt mir gut	gefällt mir teilweise	gefällt mir weniger	gefällt mir gar nicht
a) Chemische Gesetze kennen lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Reaktionsgleichungen aufstellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) die chemischen Hintergründe zu Themen aus Natur und Umwelt erfahren / erforschen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Bedeutung der Chemie im Haushalt kennen lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Bedeutung von Chemie in der Technik kennen lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) etwas über die Geschichte / Entwicklung der Chemie erfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) chemisches Rechnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche Themen interessieren dich im Chemieunterricht besonders? (Dazu gehören auch Inhalte, die noch nicht Thema des Chemieunterrichts waren, über die du aber gerne etwas erfahren würdest.)

4. Organische Chemie

Ein wichtiges Teilgebiete der Wissenschaft Chemie ist die „Organische Chemie“. Nenne ganz spontan mindestens 5 Aspekte, die du mit diesem Stoffgebiet verbindest!

Im Folgenden sind Themen aufgeführt, die zur Organischen Chemie gehören und die im Chemieunterricht besprochen werden. Kreuze an, wie sehr dich die jeweiligen Inhalte interessieren!

	interessiert mich sehr	interessiert mich	teils / teils	interessiert mich kaum	interessiert mich überhaupt nicht
a) Erdöl und Erdgas als Energieträger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Aminosäuren und Eiweiße	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Reaktionsarten: Substitution, Addition, Eliminierung (Veresterung, Polymerisation, Verseifung, Kondensation)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Fette und Öle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Lebensmittelzusatzstoffe, Konservierungsmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Essigsäure und andere Vertreter der Carbonsäuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Kosmetika	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Alkohole / Ethanol als ein Vertreter der Alkohole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) Kohlenhydrate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) Seifen und Waschmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) Oxidationsprodukte der Alkohole: Aldehyde, und Ketone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) Haushaltsreiniger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m) Alkane, Alkene, Alkine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n) Chemie in Lebensmitteln	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5.2 Leitfaden für die Lehrerinterviews

1. Chemieunterricht im allgemeinen

Gestaltung des Unterrichts

- Wie gestalten Sie Ihren CU methodisch?
- Inwieweit werden die Schüler in die Unterrichtsplanung einbezogen?
- Haben sie Einfluss auf die Wahl der Unterrichtsgegenstände / Inhalte / Methoden?
- In welchem Maße ist Ihr Unterricht am Thüringer Lehrplan ausgerichtet?

Rollendefinition des Lehrers / Intentionen neben der Vermittlung von Fachwissen

- Was ist Ihnen ganz persönlich bei ihrer Arbeit mit den Schülern am wichtigsten? Was wollen Sie persönlich bei Ihren Schülern (durch ihren Unterricht) erreichen?

Einschätzung der Einstellung der Schüler zu ihrem Chemieunterricht

- Wie gut gefällt den Schülern Chemieunterricht (im Vergleich zu anderen Fächern) Ihrer Meinung nach? Warum? Ursachen?
- An welchen inhaltlichen Schwerpunkten sind die Lernenden interessiert?
- Wie arbeiten die Schüler (was machen die Schüler) Ihrer Meinung nach im CU besonders gerne?
- Was mögen sie am wenigstens?

2. Organische Chemie

Eigene Erfahrungen / Vorgehen

- Wie gehen Sie gewöhnlich vor, wenn Sie dieses Stoffgebiet besprechen? Welche Erfahrungen haben Sie damit gemacht?
- Haben Sie auch andere Möglichkeiten ausprobiert, die OC in der Schule zu besprechen? Wenn ja, welche? Mit welchem Erfolg / Erfahrungen?
- Könnten Sie sich andere Möglichkeiten vorstellen, in die OC einzuführen?

Einstellung der Schüler

- Wie erleben Sie die Einstellung der Schüler zur Organischen Chemie (im Vergleich zur Anorganischen / Physikalischen Chemie)?
- Welche Themen interessieren die Schüler besonders

3. Neue Methoden im CU

Offene Unterrichtsformen

- Welche Erfahrungen haben Sie bisher mit offeneren Unterrichtsformen gemacht?
- Was würden Sie gerne ausprobieren (wozu fehlt Ihnen die Zeit)?
- Welche Angebote oder Unterstützung würden Sie sich wünschen?

- Inwieweit erachten Sie Schüler in Klasse 9 für fähig, ihre Lernprozesse selber zu steuern, wenn sie Gelegenheit dazu hätten?
- Wie viele bedürfen der ständigen Hilfe durch den Lehrer?
- Welche Schwierigkeiten haben die Lernenden erfahrungsgemäß bei eigenverantwortlichen Entscheidungen über ihre Lernprozesse?

4. Einstellung und Erfahrungen zu/mit Angeboten zur Binnendifferenzierung

- Inwiefern halten Sie interessen- oder leistungsgebundene Differenzierung im Unterricht für durchführbar / sinnvoll?
- Haben Sie bisher Formen der Differenzierung realisiert? Welche Erfahrungen haben Sie damit gemacht?

5. Fachleiterspezifische Fragen

- In welchem Maße werden Methoden eines offeneren CU im Studienseminar thematisiert?
- Welche neuen Methoden konnten sie im Unterricht der LAAs beobachten?
Wie häufig?
- Welche Erfahrungen haben die Referendare mit neuen Unterrichtsformen gemacht?
- Hat einer ihrer Referendare den Versuch unternommen, „neue Wege in die Organische Chemie“ zu beschreiten? Wie sah dieser Weg aus?

Literatur:

FRIEDRICHS, Jürgen: *Methoden empirischer Sozialforschung*. Westdeutscher Verlag GmbH. Opladen: 1980.

RAMSEGER, J.: *Offener Unterricht in der Erprobung*. Juventa 1985.

6 Empirische Instrumente zur Begleitung der Pilotstudie

6.1 Fragebogen vor Durchführung der Pilotstudie

Ist identisch mit Teil 1 - 3 des Fragebogens zur Schülerbefragung 2001

6.2 Arbeitsprotokolle der Schüler (Gruppenarbeitsphase)

Charakterisierung der Arbeit

Was hast du in dieser Stunde gemacht bzw. mit welchem Material hast du in dieser Stunde gearbeitet? Kreuze an!

	1. Stunde	2. Stunde	3. Stunde	4. Stunde
Arbeit mit Fachtexten				
Arbeit mit selbst mitgebrachtem Material				
Vorbereitung von Experimenten				
Durchführung von Experimenten				
Auswertung von Experimenten				
Weiterführende Aufgaben (Exkursionen...)				
Erstellung der Produkte für die Stationsarbeit				

Welche Experimente hast du heute durchgeführt?

1. Stunde:

2. Stunde:

3. Stunde:

4. Stunde:

Wie lässt sich die Arbeit in deiner Gruppe heute am ehesten beschreiben?

	1. Stunde	2. Stunde	3. Stunde	4. Stunde
Wir haben alle die gleichen Aspekte unseres Themas bearbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir haben jeder alleine oder zu zweit verschiedene Aspekte unseres Gruppenthemas bearbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir haben lange und heftig darüber diskutiert, was wir machen und wie wir es machen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir sind uns meist schnell einig geworden, wer welche Aufgaben übernimmt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es haben alle Gruppenmitglieder am Thema gearbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einige haben sich nicht in die Gruppenarbeit eingebracht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wir haben inhaltlich über das Thema unserer Gruppe diskutiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lehreraktivität

Habt Ihr den Lehrer heute um Rat gefragt oder um Hilfe gebeten?

	1. Stunde	2. Stunde	3. Stunde	4. Stunde
Nein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei der Aufteilung der Arbeit in unserer Gruppe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei Arbeit mit den Texten bzw. der Erarbeitung theoretischer Hintergründe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei der Vorbereitung von Experimenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei der Durchführung von Experimenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei der Auswertung von Experimenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ja, bei der Erstellung des Stationsarbeitsmaterials	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6.3 Fragebogen zur Bewertung des Materials (Stationsarbeit)

Dokumentation der Stationsarbeit

In welcher Reihenfolge hast du die Stationen bearbeitet?

Begründe bitte kurz, warum du dich für diese Station entschieden hast!

- 1. Station: _____
 - Hat mich interessiert
 - Passt zu dem Thema meiner Gruppenarbeit
 - Es war gerade keine andere Station frei
 - sonstiges _____

- 2. Station: _____
 - Hat mich interessiert
 - Passt zu dem Thema meiner Gruppenarbeit
 - Es war gerade keine andere Station frei
 - sonstiges _____

- 3. Station: _____
 - Hat mich interessiert
 - Passt zu dem Thema meiner Gruppenarbeit
 - Es war gerade keine andere Station frei
 - sonstiges _____

- 4. Station: _____
 - Hat mich interessiert
 - Passt zu dem Thema meiner Gruppenarbeit
 - Es war gerade keine andere Station frei
 - sonstiges _____

Bewertung des Stationsarbeitsmaterials:

Wie konntest du mit dem Material an den Stationen arbeiten? War es interessant, verständlich, anschaulich, informativ, gut erklärt....?

Station 1:



Station 2:

Station 3:

Station 4:

6.4 Schriftliche Schülerbefragung nach Durchführung der Pilotstudie

Erinnere dich noch einmal an den Unterricht zum Thema *Duft- und Aromastoffe*:

1. Wenn du die Arbeit mit dem „normalen Chemieunterricht“ vergleichst, was war für dich der größte Unterschied? / das besondere an dieser Unterrichtsform?



2. Wie bewertest du die Art zu lernen? Was hat dir besonders gut gefallen, was war nicht so gut? Was kann anders / besser gemacht werden?



Gut:



Nicht so gut:



Vorschläge für Veränderungen:

3. Was hast du deiner Meinung nach in den letzten Stunden gelernt? (Das muss nicht nur „Chemie“ gewesen sein.)



4. Was hast du deiner Meinung nach durch die Versuche gelernt?



5. Ergänze bitte folgende Sätze bzw. einen der folgenden Sätze!



Ich würde gerne noch einmal ein Thema so bearbeiten, weil



Ich finde es besser, „normalen“ Unterricht zu machen, weil

6. Lies dir die folgenden Aussagen durch und kreuze an, inwieweit sie für dich zutreffen!

	stimmt genau	stimmt fast	teils / teils	stimmt kaum	stimmt nicht
Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht, weil ich das Thema interessant fand.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht, weil wir in Gruppen und an Stationen arbeiten konnten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe während der Gruppenarbeit viel gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Experimente haben mir geholfen, mein Thema besser zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe an den Stationen viel gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei der Arbeit an Stationen wurden mir Zusammenhänge mit meinem Gruppenthema klar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte in den vergangenen Stunden selbständiger arbeiten als sonst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir hat die Hilfe und Überprüfung durch den Lehrer gefehlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe in den vergangenen Stunden viel intensiver gearbeitet als sonst im Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe mich in den vergangenen Wochen im CU wohler gefühlt als sonst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte das Gefühl, Verantwortung dafür zu haben, was die anderen lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7 Empirische Instrumente zur Begleitung der Hauptstudie

7.1 Modul 1:

7.1.1 Beobachtungsleitfaden für die Gruppenarbeit

Kriterium	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6
Arbeiten alle Schüler?						
Wie ist die Interaktion in der Gruppe?						
Gibt es Arbeitsteilung?						
Welche Schwierigkeiten tauchen auf?						
Welche Fragen an den Lehrer werden gestellt?						
Inwieweit war Hilfe durch den Lehrer nötig?						
Wie sind die Vorträge der Schüler gestaltet?						

7.1.2 Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 1

Erinnere dich noch einmal an die vergangenen Unterrichtsstunden zum Thema „Erdöl“.

1. *Wenn du die Arbeit mit dem „normalen Chemieunterricht“ vergleichst, was war für dich der größte Unterschied? / das besondere an diesen Unterrichtsstunden?*



2. *Wie bewertest du die Art zu lernen? Was hat dir besonders gut gefallen, was war nicht so gut? Was kann anders / besser gemacht werden?*



Gut:



Nicht so gut:



Vorschläge für Veränderungen:

3. *Was hast du deiner Meinung nach in den letzten Stunden gelernt? (Das muss nicht nur „Chemie“ gewesen sein.)*



Lies dir die folgenden Aussagen durch und kreuze an, inwieweit sie für dich zutreffen!

	stimmt genau	stimmt fast	teils / teils	stimmt kaum	stimmt nicht
1) Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht, weil ich das Thema interessant fand.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht, weil es nicht nur um Chemie, sondern auch um Lern- bzw. Arbeitsmethoden ging.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Das Arbeitsblatt zum „Lesen von Texten“ hat mir geholfen mit dem Text besser umzugehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Wenn ich in Zukunft einen Text bearbeiten muss, werde ich versuchen, so vorzugehen, wie es auf dem Arbeitsblatt steht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Wenn ich in Zukunft einen Text bearbeiten muss, werde ich das machen wie ich es schon immer gemacht habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Ich habe in den vergangenen Stunden Chemie gelernt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Ich habe in den vergangenen Stunden gelernt, wie man mit Texten arbeitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Ich konnte in den vergangenen Stunden selbständiger arbeiten als sonst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) Mir hat die Hilfe und Überprüfung durch den Lehrer gefehlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) Ich habe in den vergangenen Stunden viel intensiver gearbeitet als sonst im Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12) Ich hatte das Gefühl, Verantwortung dafür zu haben, was die anderen lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13) Im Chemieunterricht sollte es nur um Chemie und nicht um Lernmethoden gehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.2 Modul 2:

7.2.1 Beobachtungsleitfaden für Experten- und Unterrichtsrunde

Kriterium	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Wie ist die Interaktion in der Gruppe? <ul style="list-style-type: none">▪ Bringen alle sich alle Schüler ein?▪ Diskutieren die Schüler mit einander?▪ Welche Rolle spielen die Arbeitsmethoden in der Diskussion der Schüler?▪ Können sie die Inhalte der verschiedenen Gruppen für die Beantwortung der Fragen verknüpfen?▪ Hören sie einander zu?▪ Fragen sie nach?▪ Bringen sie Unklarheiten zur Sprache?▪ Setzen sie sich mit chemischen Inhalten auseinander?				
Welche Schwierigkeiten tauchen auf?				
Inwieweit war Hilfe durch den Lehrer nötig <ul style="list-style-type: none">▪ Welche Fragen an den Lehrer werden gestellt?▪ Welche Tipps gibt der Lehrer?				

7.2.2 Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 2

Erinnere dich noch einmal an die vergangenen Unterrichtsstunden zum Thema „Alkohole“.

In welcher Expertengruppe hast du gearbeitet:

- 1: Alkoholische Gärung
- 2: Eigenschaften von Alkoholen
- 3: Verwendung / Wirkung von Alkoholen

1. *Wie bewertest du die letzten Unterrichtsstunden? Was hat dir besonders gut gefallen, was war nicht so gut? Was kann anders / besser gemacht werden?*

 Gut:

 Nicht so gut:

 Vorschläge für Veränderungen:

2. *Welche Möglichkeiten kennst du, Informationen aus einem Text herauszuschreiben? Nenne mindestens 3!*



Lies dir die folgenden Aussagen durch und kreuze an, inwieweit sie für dich zutreffen!

	stimmt genau	stimmt fast	teils / teils	stimmt kaum	stimmt nicht
1) Der Chemieunterricht in den letzten Stunden hat Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Ich habe Anregungen bekommen, wie man Informationen aus einem Text herausarbeiten kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Es war gut, mal was anderes zu machen als nur Stichpunkte zum Text.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Stichpunkte zu einem Text zu machen fällt mir leichter (als ein Diagramm / Tabelle / Kärtchen, ...).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Es war leicht das Flussdiagramm / die Tabelle, das Diagramm / die Kärtchen zu erstellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Wenn ich in Zukunft mit einem Text arbeite, mache ich auch mal was anderes als Stichpunkte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Weil ich ein Flussdiagramm / ein Diagramm / die Kärtchen anfertigen musste, habe ich den Text intensiver gelesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Weil ich ein Flussdiagramm / ein Diagramm / die Kärtchen angefertigt habe, habe ich den Inhalt des Textes besser verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Weil ich den anderen mein Thema erklären musste, habe ich es selbst besser verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) Ich verstehe Chemie besser, wenn der Lehrer alles erklärt, als wenn ich es selbst erarbeiten muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11) Ich verstehe Chemie besser, wenn es der Lehrer erklärt, als wenn es mir ein Mitschüler erklärt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.3 Modul 3:

7.3.1 Beobachtungsleitfaden


Kriterium	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
<ul style="list-style-type: none">Wie gehen die Schüler bei der Planung der Versuche vor?				
<ul style="list-style-type: none">Wie ist die Interaktion in der Gruppe?				
<ul style="list-style-type: none">Welche Fragen bzw. Probleme ergeben sich für die Schüler?				
<ul style="list-style-type: none">Inwieweit beanspruchen die Schüler die Hilfe des Lehrers?				

7.3.2 Schriftliche Befragung nach Durchführung von Modul 3

Erinnere dich noch einmal an die vergangenen Unterrichtsstunden zum Thema „Konservierungsmittel“.

1. *Wie bewertest du die letzten Unterrichtsstunden? Was hat dir besonders gut gefallen, was war nicht so gut? Was kann anders / besser gemacht werden?*

 Gut:

 Nicht so gut:

 Vorschläge für Veränderungen:

2. *Lies dir die folgenden Aussagen durch und kreuze an, inwieweit sie für dich zutreffen!*

	stimmt genau	stimmt fast	teils / teils	stimmt kaum	stimmt nicht
14) Es hat Spaß gemacht, ein Experiment selbst zu planen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15) Der Versuch hatte zu wenig mit Chemie zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16) Ich wusste, warum ich den Versuch durchführte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17) Ich wusste, wie der Versuch durchgeführt werden musste.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18) Mit dem Versuch habe ich gemerkt, was es heisst, a) Vermutungen aufzustellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Vermutungen im Experiment zu überprüfen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) das Ergebnis eines Experimentes mit meiner Vermutung zu vergleichen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Das Arbeitsblatt „Das naturwissenschaftliche Experiment“ war eine Hilfe:

ja, weil

nein, weil

4. Das Arbeitsblatt zum Anfertigen eines „Protokolls“ war eine Hilfe

ja, weil

nein, weil

5. Die Lernhilfen an der Tafel


habe ich nicht benutzt


waren hilfreich, weil


waren nicht hilfreich, weil

7.4 Abschließende schriftliche Befragung zu allen Modulen

1. Denke noch einmal an das vergangene Schulhalbjahr zurück. Womit hast du dich in den drei Projekten beschäftigt? (Was hast du gelernt? Wie bist du dabei vorgegangen?)

 Erstes Projekt (Lesen von Texten am Thema „Erdöl“):

 Zweites Projekt (Herausarbeiten von Informationen am Thema „Alkohole“):


 Drittes Projekt (Naturwissenschaftlich experimentieren: „Konservierungsmittel“):

2. Wie siehst du dich als Schüler in den Projekten im Vergleich zum „normalen Unterricht“?



3. Ergänze bitte folgende Sätze bzw. einen der folgenden Sätze!

 Es war gut, dass wir die Projekte gemacht haben, weil ...

 Ich finde es besser, „normalen“ Unterricht zu machen, weil ...

4. Lies dir die folgenden Aussagen durch und kreuze an, inwieweit sie für dich zutreffen!

	stimmt genau	stimmt fast	teils / teils	stimmt kaum	stimmt nicht
1) Der Chemieunterricht in den Projekten hat Spaß gemacht, weil die Themen interessant waren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) Der Chemieunterricht in den Projekten hat Spaß gemacht, weil wir in Gruppen und an Stationen arbeiten konnten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) Ich habe in den Projekten mehr (intensiver) mitgearbeitet als sonst im Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) Ich habe in den Projekten selbständiger gearbeitet als sonst im Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) Ich hatte das Gefühl, in den Projekten mehr Verantwortung als sonst dafür zu haben, was ich lerne.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) Ich hatte das Gefühl, Verantwortung dafür zu haben, dass meine Mitschüler etwas lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) Ich habe in den Projekten gelernt, wie ich am besten lernen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) Mir hat die Hilfe und Überprüfung durch den Lehrer gefehlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) Ich würde im nächsten Schuljahr gerne in ähnlichen Projekten arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) Mir reicht es jetzt erstmal mit solchen Projekten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7.5 Leitfaden für die abschließenden Gruppeninterviews

1. Welche Erinnerungen habt ihr an die Module, die wir im vergangenen Schuljahr durchgeführt haben? / Woran könnt ihr euch noch erinnern?

1.1 Was habt ihr im ersten Projekt gemacht?

- Worum ging es? Welches allgemeine Thema habt ihr bearbeitet?
- Wie seid ihr vorgegangen als ihr euch Wissen erarbeitet habt?
- Wie seid ihr vorgegangen, als ihr die Texte gelesen habt?
- Benutzt ihr das Arbeitsblatt heute noch, wenn ihr Texte lest?
 - Warum? Warum nicht?
 - Nutzt ihr das nur in Chemie oder auch in anderen Fächern?

1.2 Was habt ihr im zweiten Projekt gemacht?

- Um welches Thema ging es? Womit habt ihr euch beschäftigt?
- Wie seid ihr dabei vorgegangen?
- Welche Methoden, um Informationen aus Texten aufzubereiten, habt ihr kennen gelernt / angewendet?
- Benutzt ihr inzwischen andere Methoden als Stichpunkte, wenn ihr Informationen aus einem Text ausschreibt?
 - Warum? Warum nicht?
 - Nutzt ihr andere Methoden eventuell in anderen Fächern?
- Wie bewertet ihr die Arbeit in diesem Modul?

1.3 Worum ging es im dritten Modul?

- Womit habt ihr euch beschäftigt?
- Was habt ihr gemacht?
- Erinnerst du euch an die Arbeitsblätter? Worum ging es darin?
- Geht ihr nach den Schritten (des Vorgehens beim naturwissenschaftlichen Arbeiten) vor, wenn ihr jetzt im Chemieunterricht ein Experiment plant?
- Benutzt ihr die Schrittfolge auf dem Arbeitsblatt „Das Protokoll“, um ein Protokoll zu schreiben?
 - In Chemie, Physik, Biologie?
- Wie bewertet ihr die Arbeit in diesem Modul?

2. Hat sich eure Einstellung zur Chemie / zum Chemieunterricht verändert? Wenn ja, wie?

3. Wie seht ihr eure Rolle als Schüler im Vergleich zum normalen Unterricht?

- Was habt ihr anders gemacht?
- Wie habt ihr euch dabei gefühlt?

4. Wie hat sich die Lehrerin in den Unterricht eingebracht?

- Hat sie sich anders verhalten als sonst? Inwiefern?

5. Habt ihr durch diese Art des Unterrichts etwas für euer tägliches Leben mitgenommen? Begründungen – warum?