

Wissens- und Kompetenzerwerb in einem Unterricht
nach Chemie im Kontext –
Exemplarische Entwicklung eines Wissenstests für die
Unterrichtseinheit (K)Ein Auto ohne Kunststoffe

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von Bianca Steinhoff

Kiel
April 2004

ZUSAMMENFASSUNG

Am Beispiel der Unterrichtskonzeption *Chemie im Kontext* wird seit Jahresbeginn 2002 in ca. 100 Schulen der Bundesrepublik untersucht, welche Faktoren sich hemmend oder fördernd auf die Implementation von innovativen Unterrichtskonzeptionen auswirken. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, in diesem Rahmen einen Wissenstest zu entwickeln, mit dem zum einen Aussagen über die für einen kontextbasierten Unterricht bedeutsamen Elemente *Kontext*, *Dekontextualisierung* sowie *Rekontextualisierung* und zum anderen über ausgewählte kognitive Kompetenzen der Schüler gemacht werden können.

Die Untersuchung gliederte sich in eine Pilot- und in eine Hauptstudie. Ziel der Pilotstudie war die Entwicklung, Erprobung und Überarbeitung des Wissenstests. An ihr nahmen 46 Schülerinnen und Schüler aus Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen teil. Die überarbeitete Version des Tests stellte anschließend das zentrale Untersuchungsinstrument der Hauptstudie dar, an der 142 Schülerinnen und Schüler aus Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz beteiligt waren. Neben einer Überprüfung der Einsatzfähigkeit des in der Pilotstudie überarbeiteten Tests wurde untersucht, wie die Schüler bei der Bearbeitung des Fragebogens in den oben genannten Bereichen abschnitten und welche Leistungen sie hinsichtlich der kognitiven Fähigkeiten *Klassifizieren*, *Argumentieren/Kontext* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zeigten. Um Zusammenhänge zwischen den Schülerleistungen und bestimmten Unterrichtsmerkmalen feststellen zu können, wurden weitere Testinstrumente zur Unterrichtsdokumentation, zum Vorwissen der Lernenden sowie zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit eingesetzt.

Nachdem als Konsequenz der Pilotstudie der Test gekürzt und die Items zum Teil umformuliert wurden, zeigten sich in der Hauptstudie folgende Ergebnisse: Testitems, die der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zuzuordnen sind, fielen den Lernenden insgesamt am schwersten. Bei den Testleistungen der einzelnen Chemiekurse zeigte sich eine große Streuung. Dabei konnten keine statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Abschneiden im Test und der Art der dokumentierten Lehrer- oder Schüleraktivitäten festgestellt werden. Als Einflussgrößen stellten sich in der vorliegenden Arbeit das Vorwissen der Schüler, die zur Bearbeitung des Tests aufgewendete Zeit sowie die Dauer der Unterrichtseinheit heraus. Eine Diskussion sowie eine ausführliche Zusammenfassung der Ergebnisse sind den Kapiteln 5.6, 6.6 und 7 zu entnehmen.

ABSTRACT

Since the beginning of 2002 about 100 German schools are examined in order to find factors which limit or support the implementation of innovative instructional designs like *Chemie im Kontext*. The aim of the presented thesis was to develop a knowledge test within this project which is able to show the current standard of knowledge and certain cognitive skills of pupils in an instruction which is geared to *Chemie im Kontext*.

The described study was divided into a pilot and a main phase. It was the aim of the pilot study to develop, test and revise the knowledge test. 46 pupils from Schleswig-Holstein and Nordrhein-Westfalen took part in the pilot study. The revised version of the knowledge test was used as the central research instrument of the main study. 142 pupils from Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen and Rheinland-Pfalz took part in this. Besides testing of the utilisability of the revised questionnaire the aim of the main study was to look out for pupils' achievement regarding their chemical knowledge and certain cognitive skills which were determined by factor analysis. To find a correlation between test achievement and instructional characteristics the teachers were given three instruments, one which asked for details of students' prior knowledge, one in which they described what had been taught and one which described how the unit of work had been taught.

In consequence of the pilot study the test was shortened and some changes concerning the wording of test items were made. The results of the main test showed that students had most difficulties with test items that demanded the transfer of knowledge, i.e. where the context was new to them. However no correlation between the test results and the specific classroom activities of either teacher or students could be found. It was found that the students' prior knowledge was important as was the time allocated by the teacher to the tests. There were significant differences in the achievements of students comparing *Grund-* and *Leistungskurse* as well as comparing individual courses.

A summary of the results and a discussion are given in chapter 5.6 (discussion of the pilot study), chapter 6.6 (discussion of the main study) and chapter 7 (summary and outlook).

DANKSAGUNG

Ich möchte an dieser Stelle die Gelegenheit nutzen und mich bei einigen Personen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt bzw. sie erst möglich gemacht haben.

An erster Stelle danke ich Prof. Dr. Ilka Parchmann und Prof. Dr. Reinhard Demuth für die interessante Themenstellung und die Möglichkeit, auch nach der Geburt meines Sohnes unter optimalen Bedingungen an meiner Dissertation weiter arbeiten zu können.

Für die vielen wertvollen Anregungen und inhaltlichen Diskussionen als auch für die freundschaftliche Zusammenarbeit möchte ich Prof. Dr. Ilka Parchmann ein zusätzliches Dankeschön aussprechen.

Dr. Tina Seidel möchte ich dafür danken, dass sie mir in empirischen Fragen stets eine große Hilfe war.

Herzlichen Dank auch an Dorothé Christiansen, die mir immer motivierend zur Seite stand und die sich dem Korrekturlesen meiner Arbeit annahm.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IPN für die gute und konstruktive Zusammenarbeit, Hilfsbereitschaft und nette Arbeitsatmosphäre.

Herzlichen Dank auch an Prof. Dr. David Waddington von der University of York, der sich stets Zeit für mich nahm und mit Diskussionen und konstruktiver Kritik meine Arbeit unterstützte.

Ganz besonders erwähnen möchte ich zahlreiche Lehrerinnen und Lehrer, die mir die Erhebung der erforderlichen Daten erst möglich gemacht haben. Insbesondere danke ich hier Gerd Stein, Petra Kilwinski-Tessmer, Hans-Jobst Redinger, Dörte Zorn, Susanne Heinrich, Angelika Witt-Müller, Dr. Jürgen Küster, Werena Maihack-Karschny sowie Rolf Johansen. Die sehr nette Zusammenarbeit im schleswig-holsteinischen Schulset hat mir viel Freude bereitet.

Volker Schmidt danke ich für die hilfreichen Informationen und Rückmeldungen bezüglich des Basiskonzepts Struktur-Eigenschaften.

Meinem Mann Tobias und meinem Sohn Jone möchte ich für ihre Ermunterung und Unterstützung danken, die sie mir während meiner gesamten Promotionszeit gegeben haben.

Schließlich möchte ich mich bei meinen Eltern dafür bedanken, dass sie mir in jeglicher Hinsicht den Weg, den ich bisher gegangen bin, ermöglicht haben.

Vielen Dank!

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	1
THEORETISCHER HINTERGRUND	
1 Ansätze zum situierten Lernen	5
1.1 Überblick	5
1.2 Umsetzung im Unterricht	7
2 Die Konzeption <i>Chemie im Kontext</i>	11
2.1 Die drei Grundprinzipien der Konzeption	12
2.1.1 Kontextorientierung	12
2.1.2 Vernetzung zu chemischen Basiskonzepten	13
2.1.3 Methodenvielfalt in der Unterrichtsgestaltung	15
2.2 Konzeptioneller Hintergrund zum Wissenserwerb in <i>Chemie im Kontext</i>	15
2.3 Ablauf einer Unterrichtseinheit nach <i>Chemie im Kontext</i>	18
2.4 Einführung und Umsetzung der Konzeption in der Schule	20
2.5 Struktur, Inhalte und Basiskonzept-Bezüge der Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i>	21
2.5.1 Das chemische Basiskonzept <i>Struktur-Eigenschaften</i>	22
2.5.2 Die Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i> in der ursprünglichen Version	25
2.5.3 Planung der Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i> durch die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe	27
2.5.4 Reflexion der Unterrichtseinheit	29
3 Messung des Lernerfolgs im Unterricht	32
3.1 Funktion der Lernerfolgsmessung	33
3.2 Unterschiedliche Bewertungsverfahren	34
3.3 Messung des Lernerfolgs im kognitiven Bereich	35

EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN

4	Untersuchungsdesign	39
5	Pilotstudie: Entwicklung eines Wissenstests für die Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i>	41
5.1	Ziel der Untersuchung	41
5.2	Fragestellungen	41
5.2.1	Schwierigkeitsgrad der Aufgaben (Fragestellung 1)	42
5.2.2	Länge des Fragebogens (Fragestellung 2)	42
5.2.3	Verständlichkeit der Testaufgaben (Fragestellung 3)	43
5.2.4	Leistungen der Schüler (Fragestellung 4)	43
5.3	Stichprobenbeschreibung	44
5.4	Methoden	44
5.4.1	Der Wissenstest der Pilotstudie	44
5.4.2	Das Auswertungsverfahren	46
5.5	Ergebnisse	48
5.5.1	Schwierigkeitsgrad der Aufgaben (Fragestellung 1)	48
5.5.2	Länge des Fragebogens (Fragestellung 2)	52
5.5.3	Verständlichkeit der Testaufgaben (Fragestellung 3)	53
5.5.4	Leistungen der Schüler (Fragestellung 4)	54
5.6	Diskussion	61
6	Hauptstudie: Einsatz des entwickelten Wissenstests	68
6.1	Ziel der Untersuchung	68
6.2	Fragestellungen	68
6.2.1	Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht (Fragestellung 1)	68
6.2.2	Leistungen der Schüler im Wissenstest (Fragestellung 2)	69
6.2.3	Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen (Fragestellung 3)	70
6.3	Stichprobenbeschreibung	71
6.4	Methoden	72

6.4.1	Der Wissenstest der Hauptstudie	73
6.4.2	Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation	80
6.4.3	Fragebogen zum Vorwissen der Schüler	81
6.4.4	Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit	81
6.5	Ergebnisse	82
6.5.1	Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht (Fragestellung 1)	82
6.5.2	Leistungen der Schüler im Wissenstest (Fragestellung 2)	96
6.5.3	Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen (Fragestellung 3)	127
6.6	Diskussion	136
7	Zusammenfassung und Ausblick	144
LITERATUR		150
ANHANG		
A	Wissenstest der Pilotstudie	156
B	Wissenstest der Hauptstudie	161
C	Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation	165
D	Fragebogen zum Vorwissen der Schüler	168
E	Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit	169
F	Ergebnisse aus dem Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit (Tabelle)	171
G	Gegenüberstellung von Eigenschaften und Strukturen von Kunststoffen im Auto (Tabelle)	174

EINLEITUNG

Internationale Vergleichsuntersuchungen haben belegt, dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland einer Reihe von Defiziten unterliegt. So zeigten 1997 die Ergebnisse der TIMS-Studie, dass die Leistungen deutscher Schüler¹ im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich unterdurchschnittlich sind. Insbesondere die Leistungen bei der Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Kenntnisse im alltäglichen Leben der Schüler erwiesen sich im internationalen Vergleich als defizitär (Köller et al., 2001). Diese Befunde wurden einige Jahre später durch PISA bestätigt: Deutsche Schüler liegen hinsichtlich ihrer Leistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung deutlich unterhalb des Durchschnitts der OECD-Staaten (Prenzel et al., 2003).

Zu diesen Problemen des naturwissenschaftlichen Unterrichts kommen die mangelnde Fähigkeit der Übertragung von naturwissenschaftlichen Prinzipien auf Nachbardisziplinen (horizontale Vernetzung), die Kompartimentalisierung des Lernens und damit eine fehlende vertikale Vernetzung des Wissens sowie der stetige Abfall des Interesse insbesondere an den Fächern Physik und Chemie hinzu (Baumert et al., 1997).

Ausgehend von diesen viel diskutierten Problemzonen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, die auch in anderen Ländern zu verzeichnen sind, existieren eine Reihe von Initiativen zur Veränderung der traditionellen Schulausbildung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich, z.B. das Projekt SINUS (vgl. Prenzel, 2000) oder das *Salter's Advanced Chemistry Project* aus Großbritannien (vgl. Bennett et al., 2002). Am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften in Kiel (IPN) wird zur Zeit unter Mitarbeit der Universität des Saarlandes, der Universität Dortmund sowie der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg eine innovative Unterrichtskonzeption für den Chemieunterricht entwickelt: *Chemie im Kontext* stellt einen Unterrichtsansatz dar, in dem der Chemieunterricht von sinnstiftenden Kontexten ausgeht. Dabei werden Prinzipien des situierten Lernens mit dem Aufbau eines systematischen und anwendbaren Konzeptverständnisses verbunden (Parchmann et al., 2001a). Drei gleichberechtigte Prinzipien liegen der Konzeption zu Grunde (Parchmann, 2001b):

¹ In der vorliegenden Arbeit wird bei gemischt-geschlechtlichen Gruppen zur besseren Lesbarkeit auf die explizite Nennung der weiblichen Form verzichtet. Selbstverständlich ist die weibliche Form immer beinhaltet.

- Die Erarbeitung chemischer Fachinhalte erfolgt anhand von schüler- und gesellschaftsrelevanten *Kontexten*. Diese Kontexte sollen die Neugierde der Schüler wecken und ermöglichen ein Anknüpfen an bereits vorhandene Erfahrungen und Kenntnisse.
- Durch Anwendung und Vertiefung der in einem Kontext erworbenen Kenntnisse in anderen Kontexten (*Rekontextualisierung*) werden die chemischen Inhalte nach und nach abstrahiert und aus ihnen heraus grundlegende chemische Basiskonzepte entwickelt (*Dekontextualisierung*). Diese Basiskonzepte bilden schließlich ein kontextunabhängiges, vernetzendes Wissensfundament.
- Die Gestaltung und Methodik des Unterrichts sind darauf ausgerichtet, die Eigenständigkeit der Schüler zu fördern und ein Anknüpfen an Alltagserfahrungen und Vorkenntnisse der Lernenden zu ermöglichen.

Seit einigen Jahren wird von Bund und Ländern ein Projekt zur Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen gefördert, dessen Implementationsgegenstand die Konzeption *Chemie im Kontext* darstellt. Im Rahmen dieses Projekts soll untersucht werden, wie neue Unterrichtskonzeptionen in der Praxis an vorhandene Strukturen flexibel angepasst, verbreitet und weiterentwickelt werden können (Parchmann et al., 2003). Im Schuljahr 2003/2004 beteiligten sich an dem Projekt ca. 200 Lehrkräfte aus etwa 100 Schulen aus zwölf Bundesländern. Acht bis zwölf Lehrer bilden dabei zusammen mit einer Person aus der Projektgruppe in den einzelnen Bundesländern sogenannte Schulsets, die in regelmäßigen Abständen zusammen kommen, um *Chemie-im-Kontext*-Unterrichtseinheiten weiter zu entwickeln und zu erproben sowie um bestimmte Aspekte des eigenen Unterrichts zu evaluieren und kritisch zu reflektieren. Neben der Selbstevaluation, die ausschließlich setspezifisch ist, wird die Konzeption und die Implementationsstrategie setübergreifend evaluiert. Ergänzend werden setspezifisch Effekte der Konzeption auf den Wissens- und Kompetenzerwerb der Lernenden untersucht.

Für *Chemie im Kontext* ist die Untersuchung des Wissens der Schüler bezogen auf die Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* von großer Bedeutung, da sie wesentliche Strukturierungsmerkmale der Konzeption darstellen (s.o.). Weiterhin sollen durch einen Unterricht nach *Chemie im Kontext* kognitive Kompetenzen, die im Chemieunterricht eine Rolle spielen, gefördert werden. Die der Konzeption zu Grunde liegende Kontextorientierung räumt z.B. dem *Argumentieren* eine bedeutende Rolle ein.

Da bislang keine standardisierten Tests vorhanden sind, die die Leistungen entsprechend den Prinzipien und Strukturen der Konzeption erfassen, wird als Ziel der vorliegenden Arbeit für das Schulset Schleswig-Holstein ein Wissenstest entwickelt. Dieser überprüft zum einen den aktuellen Wissensstand der Lernenden bezogen auf einen gewählten Kontext und einem diesem Kontext zu Grunde liegenden Basiskonzept und gibt zum anderen Informationen über die kognitiven Kompetenzen *Klassifizieren*, *Argumentieren im Kontext* sowie *Argumentieren im Bereich der Rekontextualisierung*. Der Test dient somit der spezifischen Diagnose von Anforderungen, die in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* von Bedeutung sind, insbesondere der Anwendung erworbenen Wissens in Kontexten und der Fähigkeit des fachlichen Argumentierens. Das entwickelte Testinstrument dient als Rückmeldung sowohl für Lehrer und Schüler als auch für das Projekt-Team für die Optimierung von *Chemie-im-Kontext*-Unterricht.

Der Wissenstest orientiert sich dabei in seiner Struktur an der Konzeption *Chemie im Kontext*: Der erste des aus drei Teilen bestehenden Wissenstests beinhaltet Items, die sich auf den im Unterricht behandelten *Kontext* beziehen. Es handelt sich in diesem Fall um die Chemie-im-Kontext-Einheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe*, bei der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen der verschiedenen Kunststoffklassen anhand von im Auto vorkommenden Polymeren erarbeitet werden. Die Fragen im zweiten Teil des Wissenstests gehören keinem alltagsorientierten Kontext an, die Items beziehen sich auf chemische Fachinhalte des Basiskonzepts *Struktur-Eigenschaften* (*Dekontextualisierung*). Im dritten Testteil geht es schließlich um die Anwendung der betreffenden Basiskonzeptaspekte in dem Kontext *Textilien* (*Rekontextualisierung*).

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde die erste Version des beschriebenen Wissenstests entwickelt, erprobt und überarbeitet. An dieser Studie nahmen 46 Schüler aus Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen teil. Der überarbeitete Test wurde in der Hauptstudie als zentrales Untersuchungsinstrument eingesetzt, wobei Daten von 142 Schülern aus Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz zusammengetragen werden konnten. Mithilfe der erhaltenen Daten sollen Anhaltspunkte zur Beantwortung folgender Fragen gefunden werden:

- Ist der Wissenstest für den Einsatz im Unterricht geeignet, ist z.B. die Testlänge angemessen, sind die Testitems verständlich ...?

- Wie schneiden die Schüler im Wissenstests hinsichtlich der Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie hinsichtlich kognitiver Kompetenzen, die in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* von Bedeutung sind, ab?
- Können Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und dokumentierten Unterrichtsmerkmalen, wie z.B. Vielfalt des Methodeneinsatzes, festgestellt werden?

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen empirischen Teil. Im theoretischen Teil der Arbeit wird in einem ersten Kapitel ein Überblick über Ansätze des situierten Lernens gegeben und die Umsetzung dieser Ansätze im Chemieunterricht dargestellt. Es folgt ein ausführliches Kapitel zu *Chemie im Kontext* (Kapitel 2), in dem neben grundlegenden Prinzipien der Konzeption u.a. die Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe*, die im Rahmen dieser Arbeit mit der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe weiterentwickelt wurde, sowie das chemische Basiskonzept *Struktur-Eigenschaften* vorgestellt werden. Kapitel 3 geht auf die Messung von Unterrichts- bzw. Lernerfolgen ein. Dabei werden verschiedene Funktionen der Lernerfolgsmessung, unterschiedliche Bewertungsverfahren sowie die Messung des Unterrichtserfolgs speziell im kognitiven Bereich angesprochen.

Der empirische Teil der vorliegenden Arbeit beginnt mit einer Darstellung des Gesamtkonzepts der Untersuchung. Anschließend werden im Rahmen der Pilotstudie die Länge des Wissenstests, der Schwierigkeitsgrad und die Verständlichkeit der Testitems untersucht. Des Weiteren werden bereits erste Ergebnisse zu den Leistungen der Probanden im Wissenstest betrachtet (Kapitel 5). Im folgenden Kapitel 6 wird die Hauptstudie dargestellt. Neben der üblichen Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Tests liegt der Schwerpunkt hier auf der Untersuchung der Schülerleistungen im überarbeiteten Wissenstest und möglichen Zusammenhängen der erbrachten Leistungen mit ausgewählten Unterrichtsmerkmalen wie z.B. der Schüleraktivitäten während des Unterrichts. Mit einem Ausblick wird abschließend auf weitere Forschungsfragen verwiesen, die sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ergeben (Kapitel 7).

THEORETISCHER HINTERGRUND

1 Ansätze zum situierten Lernen

1.1 Überblick

Früher wurde Lehren oft als Übertragung von Wissen von der Lehrperson auf den Lernenden verstanden, so dass der Lernende am Ende des Lernprozesses das gleiche Wissen zu einem bestimmten Unterrichtsinhalt besitzt wie der Lehrer.

Heute wird in der Regel von einem konstruktivistischen Grundverständnis von Lernen ausgegangen (nach Mandl, 1995). Nach konstruktivistischer Auffassung wird Lernen nicht als einfacher „Wissenstransport“ vom Lehrer auf den Schüler verstanden, sondern der Wissenserwerb wird als aktiver innerer Konstruktionsprozess des Lernenden betrachtet. Die Bandbreite an konstruktivistischen Positionen ist sehr groß: Sie reicht vom radikalen Konstruktivismus, dem zufolge alles, was der Mensch wahrnimmt, auf Konstruktion und Interpretation beruht, bis zu gemäßigteren Formen des Konstruktivismus, die davon ausgehen, dass eine äußere Welt zwar existiert, aber nicht in einer einzigen objektiven Weise wahrgenommen werden kann (Knuth, 1991).

Auch viele Vertreter des situierten Lernens schließen sich der konstruktivistischen Sichtweise an. In der Literatur lässt sich keine eindeutige Definition für *situiertes Lernen* finden, vielmehr machen unterschiedliche Ansätze deutlich, dass dieser Begriff nur unscharf definiert ist. Vertreter sehr strenger Ansätze vertreten die Ansicht, dass Wissen immer an den Kontext gebunden ist und bleibt, in dem es erworben wurde. Transfer wäre nach dieser strengen Variante des Situietheitsansatzes kaum möglich. Ein Beispiel ist ein Bericht von Lave über eine Gruppe von Weight Watchers, denen die Aufgabe gestellt wurde, drei Viertel von zwei Dritteln einer Tasse Hüttenkäse abzuzweigen. Anstatt die Brüche miteinander zu multiplizieren ($2/3 \times 3/4 = 1/2$), füllte einer der Kursteilnehmer, der einen Kurs in Differentialrechnung gehabt hatte, eine Tasse zu zwei Dritteln mit Hüttenkäse, kippte den Inhalt um, formte ihn zu einem Kuchen, markierte darüber ein Kreuz, um dann drei Viertel des Käses abzuzweigen (vgl. Lave, 1988).

Gemäßigtere Ansätze des situierten Lernens heben hervor, dass Wissen zwar an den Kontext gebunden ist, in dem es erlernt wurde, ein häufiges Anwenden von Wissen in verschiedenen

Kontexten jedoch die erwünschten Transferleistungen ermöglichen (vgl. Anderson, 1996). Wie stark das Lernen an den Kontext gebunden ist, kann zum einen von der Art des Unterrichts, und zum anderen von der Art des Lernens selbst abhängen. Allgemein kann gesagt werden, dass Wissen stärker kontextgebunden ist, wenn es nur anhand eines Kontextes erlernt wurde (Mähler et al., 2001). Ansätze des situierten Lernens schließen somit neben dem *Kontext*, in dem Wissen zunächst erworben wird, auch die Prozesse der *Dekontextualisierung* sowie der *Rekontextualisierung* mit ein.

Nach Law und Wong ergeben sich aus den verschiedenen theoretischen Varianten folgende Merkmale des situierten Lernens (Law, 1996):

- Wissen ist immer situiert, daher ist Lernen auch immer situiert. Das bedeutet, dass das Lernen an die Lerninhalte und die Erfahrungen der Lernsituation gebunden ist.
- Wissen wird durch den Lernenden aktiv konstruiert und nicht passiv erworben.
- Das Wissen in einer Gesellschaft ist „geteiltes Wissen“. Das bedeutet, dass Wissen in einem sozialen Austausch entwickelt wird.
- Das Denken und Handeln einer Person kann nur verstanden werden, wenn der entsprechende (soziale) Kontext bekannt ist, vor dessen Hintergrund die Person gelernt hat.

Da Wissen gemäß des Situietheitsansatzes eine individuelle Konstruktion des Lernenden darstellt und Lernen ein aktiver Konstruktionsprozess ist, wird für eine situierte Lernumgebung gefordert, dass individuelle Konstruktionsleistungen ermöglicht werden und dass kontextgebunden gelernt werden kann (Reimann-Rothmeier et al., 2001).

Mandl, Gruber und Renkl haben die Forderungen für die Gestaltung von konstruktivistischen Lernumgebungen zusammengefasst (Mandl et al., 1995):

- Im Unterricht muss von komplexen Problemen ausgegangen werden. Demnach ist beispielsweise die Thematisierung eines Kontextes *Klima, Ozean und CO₂* besser geeignet als ein möglicher Kontext *Mineralwasser*, da letzterer über die Diskussion der Druckabhängigkeit relativ schnell erarbeitet wäre (vgl. Parchmann et al., 2001a)
- Realistische Problemstellungen und authentische Situationen sollen den Kontextbezug des Lernens herstellen.
- Um die spezifische Kontextgebundenheit aufzulösen und über eine Dekontextualisierung Transfer zu ermöglichen, müssen dem Lernenden multiple Kontexte für den gleichen Fachin-

halt angeboten werden. So kann die Stoffgruppe der Kunststoffe anhand der möglichen Kontexte *Auto*, *Textilien* oder *Medizin* erarbeitet und vertieft werden.

- Ebenfalls der Flexibilisierung des Wissens und der Herstellung von Anknüpfungsmöglichkeiten dient die Bereitstellung multipler Perspektiven des selben Wissensgebietes. An dieser Stelle können beispielweise ökologische, ökonomische als auch ethische Aspekte eine Rolle spielen.
- Lernumgebungen müssen auch in einem sozialen Kontext gestellt werden. Das Lernen in Gruppen oder das Arbeiten mit Experten ist für das Lernen und gemeinsame Konstruieren förderlich.

Im folgenden Kapitel werden einige Instruktionsansätze vorgestellt, die versuchen, die dargelegten Aspekte umzusetzen.

1.2 Umsetzung im Unterricht

Im Bereich des situierten Lernens haben insbesondere drei Instruktionsansätze einen hohen Bekanntheitsgrad erlangt. Es handelt sich hierbei um die Cognitive-Flexibility-Theorie (Spiro et al., 1990), den Cognitive-Apprenticeship-Ansatz (Collins et al., 1989) und den Anchored-Instruction-Ansatz (The Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1996).

Cognitive-Flexibility-Theorie

Nach der Cognitive-Flexibility-Theorie (CFT) soll sich der Unterricht an komplexen und wenig strukturierten Problembereichen orientieren, um fortgeschrittenes Wissen erwerben zu können. Unter fortgeschrittenem Wissen verstehen Spiro et al. die Fähigkeit, komplexe Probleme lösen und Wissen flexibel auf neue Probleme im alltäglichen Leben anwenden zu können.

Die Lernenden betrachten den Lerninhalt aus möglichst vielen verschiedenen Perspektiven, da sich ein Schüler auch im alltäglichen Leben bei einem Problem keinen kompletten Lösungsansatz in Erinnerung rufen kann, sondern sich aus verschiedenen Informationsquellen die entsprechenden zur Lösung des Problems beitragenden Informationen zusammensuchen muss (Spiro et al., 1990).

Neben der Betrachtung eines Problems aus multiplen Perspektiven ist gemäß der CFT zur Erreichung von fortgeschrittenem Wissen nötig, dass bestimmte Lerninhalte immer wieder in ver-

schiedenen Kontexten angewendet werden. Als besonders geeignet werden verschiedene Fallbeispiele und die Methode des Landscape Criss-Crossing angesehen (Reimann-Rothmeier et al., 2001). Dabei wird dasselbe Konzept zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Kontexten unter veränderter Zielsetzung und aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet.

Cognitive-Apprenticeship-Ansatz

Der Ansatz des Cognitive Apprenticeship konzentriert sich auf die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten. Die Lernumgebung soll authentisch sein, das heißt, die kognitiven Anforderungen der Lernumgebung sollen die gleichen sein wie die der Anwendungssituation.

Vorbild für diesen Ansatz ist die traditionelle Handwerkslehre, in der ein Meister seinem Schüler das zu Lernende vormacht und Schritt für Schritt die Verantwortung auf den Schüler überträgt, bis der Meister selbst nur noch eine moderierende Rolle einnimmt (Brown et al., 1989). Wichtig ist hierbei, dass der Meister in der Anfangsphase seine Gedanken und Problemlösestrategien ausführlich erläutert (*modelling*). Auf diese Weise werden kognitive Prozesse für den Lernenden beobachtbar. Danach befasst sich der Lernende selbst mit einem Problem, er erhält bei Bedarf vom Lehrenden Hinweise oder aktive Hilfen (*coaching* und *scaffolding*). Obwohl der Ansatz des Cognitive Apprenticeship auf den Konstruktivismus zurückzuführen ist, wird wie beschrieben viel Wert auf Anleitung und Unterstützung durch den Lehrer gelegt. Die Hilfestellungen werden mit zunehmendem Können des Lernenden allmählich zurückgenommen (*fading*). Auch der Lernende wird immer wieder angehalten, seine Problemlösestrategien zu artikulieren und sich mit anderen Schülern auszutauschen. Durch die enge Zusammenarbeit mit Meister und anderen Schülern entwickelt sich der Lernende zu einem Mitglied einer Expertengemeinschaft (Collins et al., 1989).

Anchored-Instruction-Ansatz

Der Anchored-Instruction-Ansatz wurde von der Cognition and Technology Group der Universität Vanderbilt entwickelt und ist ein Beispiel für einen Unterricht, der sich verstärkt auf den Einsatz von neuen Medien stützt (The Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1996). Mithilfe von interaktivem Filmmaterial, auf denen beispielsweise die Abenteuer eines Jungen namens Jasper Woodbury dargestellt sind, sollen Schüler motiviert werden, komplexe realistische Probleme zu lösen. Das Videomaterial dient dabei als „Anker“ („anchor“) bzw. Kontext für den

gesamten Unterricht. In diesen auf dem Videomaterial dargestellten Geschichten gerät Jasper Woodbury an ein Problem, das die Schüler lösen müssen. Dazu sind in erster Linie Kenntnisse aus dem Bereich der Mathematik nötig. Alle Geschichten folgen bestimmten Gestaltungsprinzipien: Die Geschichten werden in einem *videobasierten Format* präsentiert, auf diese Weise soll das Interesse der Schüler geweckt werden und die Lernenden werden auf diese Weise anschaulich mit der Problemsituation vertraut gemacht. Des Weiteren spielt beim Anchored-Instruction-Ansatz das *narrative Format* eine zentrale Rolle. Das heißt, die zu lösenden mathematischen Probleme werden in Form einer Geschichte in einen für die Schüler relevanten Kontext eingebettet. Eine oft zitierte Geschichte ist die eines Wildhüters, der in einem Reservat einen verletzten Adler findet, ein in den USA besonders symbolträchtiges Tier. Die Schüler müssen überlegen, wie sie den Adler retten können (Reimann-Rothmeier et al., 2001). Die Geschichten sind so aufgebaut, dass die Fähigkeit zur Differenzierung und Spezifizierung von Problemen gefördert wird (*generatives Lernformat*). Die Informationen, die zur Lösung des Problems notwendig sind, sind alle in den Geschichten eingebaut (*eingebettete Daten*). Außerdem sind die in den Abenteuern des Jasper Woodbury geschilderten Probleme so komplex wie Probleme des realen Lebens (*Problemkomplexität*): Bei der Rettung des verletzten Adlers müssen u.a. die sehr begrenzte Ladungskapazität sowie der kleine Tank eines Ultraleicht-Drachens, mit dem der Adler transportiert werden könnte, berücksichtigt werden, außerdem die Länge der Wegstrecken, die zurückgelegt werden müssen. Damit den Schülern eine flexible Anwendung des Gelernten gelingt, werden den Lernenden jeweils zwei ähnliche Geschichten präsentiert. Auf diese Weise werden die Probleme aus verschiedenen Perspektiven betrachtet (*Paare verwandter Abenteuer*).

Eine Reihe von Unterrichtskonzeptionen aus dem Bereich der Chemiedidaktik stützen sich auf die eben vorgestellten Instruktionsansätze. In den USA wurde Anfang der 1980er Jahre beispielsweise das Curriculum *Chemistry in the Community* (ChemCom) entwickelt (Tinnensand et al., 2002). Ausgangspunkt für das Aneignen chemischen Wissens sind gesellschaftliche oder technologische Probleme und Fragestellungen, die in Form von acht Unterrichtseinheiten organisiert sind. Ziel ist es, die Schüler zu informierten Bürgern zu machen, die an gesellschaftlichen Diskussionen teilnehmen können. Eine Unterrichtseinheit handelt z.B. von einer fiktiven Stadt, in der das Fischsterben zum Problem wird. Die Schüler erhalten eine Reihe von Zeitungsartikeln, deren Schlagzeilen Fragen aufwerfen wie „*What was in the water that caused the fish to die?*“. Um derartige Fragestellungen beantworten zu können, müssen sich die Schüler intensiv mit dem Thema und der zu Grunde liegenden Chemie auseinandersetzen. Dabei spielt bei *ChemCom* das Treffen von Entscheidungen eine besonders große Rolle.

Zwei weitere Curricula sind das *Salters Science* und das *Salters Advanced Chemistry Project* (SAC), deren Entwicklungen 1983 an der University of York begannen (Bennett et al., 2002, Barker, 2000). Es handelt sich bei letztgenanntem um einen in sich abgeschlossenen Kurs für die gesamte *secondary school* in England und Wales. In 13 Unterrichtseinheiten werden aufeinander aufbauende Kontexte präsentiert, die sich am Alltag der Schüler orientieren. Anhand dieser Kontexte werden chemische Konzepte erarbeitet, die in anderen Kontexten wieder aufgegriffen und vertieft werden. Beispiele für Kontexte aus dem *SAC-Project* sind „*What's in a Medicine*“, „*Using Sunlight*“ oder „*The Polymer Revolution*“.

Ausgehend von den positiven Erfahrungen, die im anglo-amerikanischen Raum mit den Projekten *ChemCom* und vor allem mit dem *Salters Advanced Chemistry Project* gemacht wurden, wird in Deutschland zur Zeit mit *Chemie im Kontext* eine Konzeption für den Chemieunterricht entwickelt, die auf ähnlichen Grundannahmen beruht wie *ChemCom* und *Salters Advanced Chemistry* (vgl. Kapitel 2). Ausgangspunkt für den Unterricht sind auch hier komplexe, lebensweltliche *Kontexte*, anhand derer chemische Basiskonzepte herausgearbeitet werden sollen (*Dekontextualisierung*), die in anderen Kontexten wieder zum Tragen kommen (*Rekontextualisierung*). Neu ist hier die Orientierung des Unterrichtsverlaufs an Fragestellungen, die *zusammen mit* den Schülern formuliert werden sowie die Systematisierung der Fachinhalte durch Basiskonzepte. Unter Basiskonzepten werden hier wenige grundlegende chemische Prinzipien verstanden, die eine Vernetzung des Wissens ermöglichen sollen (vgl. Kapitel 2.1.2 u. 2.5.1).

Die Prozesse der *Dekontextualisierung* und der *Rekontextualisierung* kennzeichnen bei *Chemie im Kontext* bedeutsame Anforderungen an die Schüler, da sie zentrale Schritte auf dem Weg zur flexiblen Wissensanwendung darstellen (s.o.). Im Bereich Kognitiver Kompetenzen liegt bei innovativen Unterrichtskonzeptionen wie *Chemie im Kontext* der Schwerpunkt nicht allein auf dem Umgang mit Formelsprache, den Umgang mit Laborgeräten u.ä., Kompetenzen wie die des Bewertens und Argumentierens werden in den Diskussionen über eine naturwissenschaftliche Grundbildung gefordert und sind in einem kontextbasierten Unterricht zentral (Gräber et al., 2002b).

Ein zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Unterricht, der bezüglich der Wissens- und Kompetenzvermittlung andere Schwerpunkte setzt als ein traditioneller Unterricht, erfordert allerdings auch die Entwicklung entsprechender Untersuchungsinstrumente (Duit et al., 2001). Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Wissenstests, der differenziert Aussagen über die Elemente *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* von Wissen sowie über ausgewählte kognitive Kompetenzen zulässt (siehe empirischer Teil).

2 Die Konzeption Chemie im Kontext

Seit einigen Jahren wird in den chemiedidaktischen Abteilungen des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel, der Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg, der Universität Dortmund sowie der Universität Saarbrücken eine Konzeption für den Chemieunterricht entwickelt, die die Prinzipien des situierten Lernens mit dem Aufbau eines systematischen und anwendbaren Konzeptverständnisses verbindet.

Dieser Ansatz orientiert sich an erfolgreichen Curricula des anglo-amerikanischen Raumes, vor allem am *Salters Advanced Chemistry Project* aus Großbritannien (Bennett et al., 2002), an Ergebnissen aus dem Bereich der allgemeinen Lehr-Lern-Forschung sowie an aktuellen Diskussionen über eine naturwissenschaftliche Grundbildung bzw. *Scientific Literacy* (Parchmann, 2000). Duit et al. nennen drei Aspekte, die eine naturwissenschaftliche Grundbildung ausmachen (Duit et al., 2001). Demnach soll in der Schule ein grundlegendes naturwissenschaftliches Verständnis aufgebaut werden,

- das den Zugang zu einem wichtigen kulturellen Erbe der Menschheit ermöglicht,
- das im Zusammenhang vieler (insbesondere auch technischer) Berufe bzw. Berufsausbildungen als wichtige Voraussetzung gilt,
- das dazu befähigt, sich in einer natürlichen und durch den Menschen gestalteten Umwelt zurechtzufinden und an Entscheidungen in einer von Naturwissenschaft und Technik bestimmten Welt teilzunehmen.

Es handelt sich bei *Chemie im Kontext* nicht um ein in sich abgeschlossenes Curriculum, welches den unterrichtenden Lehrern komplett ausgearbeitet zum Unterrichten an die Hand gegeben wird. Es werden vielmehr eine Sammlung von Materialien mit Beispielen für Unterrichtseinheiten sowie ein Leitfaden zur Erstellung eigener Unterrichtseinheiten zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise ist es Lehrern möglich, die Unterrichtseinheiten auf die Bedürfnisse ihres Unterrichts und auf ihre Schüler anzupassen.

2.1 Die drei Grundprinzipien der Konzeption

Chemie im Kontext basiert auf drei gleichwertigen Grundprinzipien: der Kontextorientierung, der Vernetzung chemischer Inhalte zu zentralen chemischen Basiskonzepten sowie auf einer großen Methodenvielfalt in der Unterrichtsgestaltung (vgl. Abbildung 1).

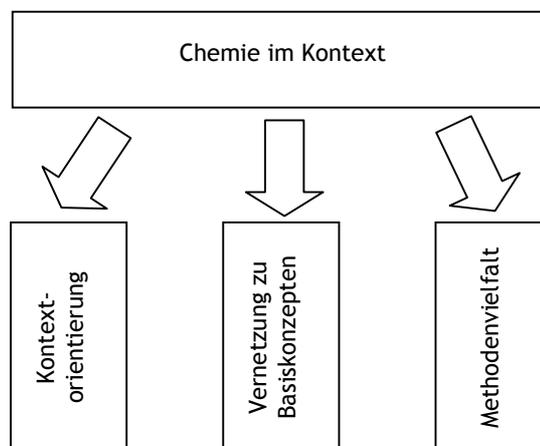


Abbildung 1: Drei Grundprinzipien der Konzeption *Chemie im Kontext*

2.1.1 Kontextorientierung

Anders als im traditionellen Unterricht werden chemische Inhalte anhand eines übergeordneten Kontextes erarbeitet. Dem Prinzip der Kontextorientierung liegt zu Grunde, dass nach den Ansätzen des situierten Lernens Wissen und damit auch Lernen situationsgebunden ist. Das Wissen, welches im Unterricht erworben wird, gewinnt für die Lernenden an Bedeutsamkeit, wenn es eine Teilnahme an gesellschaftlichen Diskussionen ermöglicht und wird daran gemessen, ob es zur Erklärung persönlich relevanter Fragestellungen tauglich ist. Ziel soll es sein, durch Kontexte die Sinnhaftigkeit der Beschäftigung mit der Wissenschaftsdisziplin Chemie einsichtig zu machen und gleichzeitig den Aufbau von Handlungskompetenz zu fördern (Huntemann et al., 2000).

Kontexte sind in dieser Unterrichtskonzeption Themengebiete mit folgenden Merkmalen (Parchmann, 2000):

- Lebensweltbezug – In der Unterrichtseinheit *Der Vorkoster in Not – Die Chemie ersetzt den Vorkoster* untersuchen Schüler anhand von Cola Leistungen und Grenzen ihres Geschmackssinns (vgl. Schmidt et al., 2003).
- Gesellschaftsbezug – In der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* spielt neben Struktur-Eigenschafts-Beziehungen auch die Abfallproblematik von Kunststoffen eine Rolle.

- Komplexität - Im Bereich des chemischen Gleichgewichts liefert z.B. der Sodastreamer nicht ausreichend weiterführende Fragestellungen. Die Projektgruppe hat deshalb für dieses Themengebiet die Einheit *Vom Mineralwasser zum Klima* entwickelt (vgl. Parchmann et al., 2001a).
- Fächerübergreifende Themen - Kontexte wie beispielsweise *Vom Mineralwasser zum Klima* oder *Chemie im Mund* ermöglichen die Beschäftigung mit diesen Themengebieten auch in anderen Schulfächern wie zum Beispiel in der Biologie, in der Physik oder im Erdkundeunterricht (vgl. Vennemann et al., 2003).

Die Kontexte sollen nicht allein ein Beispiel oder einen Unterrichtseinstieg darstellen, sondern als Bezugspunkt dem gesamten Unterricht gelten.

Dementsprechend werden nicht zu Beginn des Unterrichts oder der Unterrichtseinheit chemische Konzepte vermittelt, die dann anhand unterschiedlicher Beispiele verdeutlicht und vertieft werden, sondern der umgekehrte Weg wird beschritten: Die chemischen Inhalte werden Schritt für Schritt von den Schülern aus dem übergreifenden Kontext abstrahiert. Der entsprechende Kontext zieht sich somit als „roter Faden“ durch die gesamte Unterrichtseinheit (Parchmann, 2000).

2.1.2 Vernetzung zu chemischen Basiskonzepten

Um die Fragen, die der jeweilige Kontext aufwirft, beantworten zu können, ist chemisches Wissen notwendig. Dieses Wissen wird wie in jedem Unterricht auch in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* zunächst situiert, d.h. gebunden an den jeweiligen Kontext, erworben. Um den Aufbau eines strukturierten und aufbaufähigen Wissens zu ermöglichen, müssen die chemischen Inhalte zu wenigen zentralen chemischen Basiskonzepten zusammengeführt werden (vgl. Bündler et al., 2003). Um zu den Basiskonzepten zu gelangen, muss das Wissen zunächst aus den Kontexten herausgelöst, d.h. *dekontextualisiert* werden. Erst dann kann es auf andere Kontexte angewendet werden (Messner, 1978). Der Vorgang der Dekontextualisierung spielt deshalb bei *Chemie im Kontext* eine wesentliche Rolle.

Die erarbeiteten chemischen Basiskonzepte sollen dabei in verschiedenen Kontexten anderer Unterrichtseinheiten erneut angewendet werden (*Rekontextualisierung*), so dass es zu einem gezielten Aufbau strukturierten Wissens im Sinne einer vertikalen und im Sinne

einer horizontalen Verknüpfung kommt (vgl. Abbildung 2). Auch der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (MNU) empfiehlt eine Orientierung an wenigen zentralen Basiskonzepten, um ein Aufgeben der starren Struktur des Curriculums zugunsten eines offeneren Systems zu ermöglichen (MNU, 2000).

Unter chemischen Basiskonzepten versteht die Projektgruppe grundlegende chemische Konzepte, die zur Erklärung chemischer Prozesse notwendig sind.

In Diskussionen mit Universitätsprofessoren, Fachdidaktikern und Lehrern aller Schulformen kristallisierten sich bisher folgende sechs Basiskonzepte heraus (Bünder et al., 2003):

- Basiskonzept Stoff - Teilchen
- Basiskonzept Struktur - Eigenschaften
- Basiskonzept Donator - Akzeptor
- Basiskonzept Energie und Entropie
- Basiskonzept Chemisches Gleichgewicht
- Basiskonzept Reaktionsgeschwindigkeit

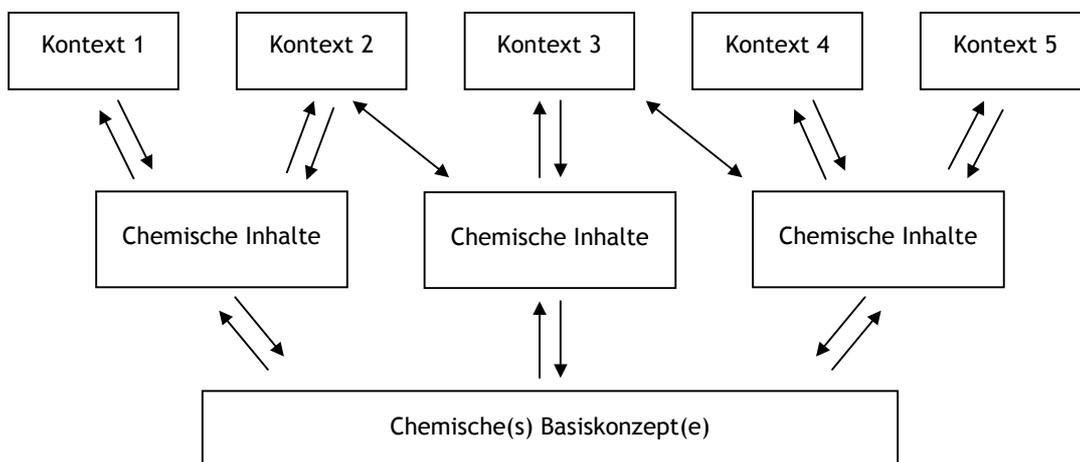


Abbildung 2: Chemische Basiskonzepte als vernetzendes Wissensfundament

2.1.3 Methodenvielfalt in der Unterrichtsgestaltung

In einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* nimmt sowohl die lehrende als auch die lernende Person eine andere Rolle ein als in einem üblichen fachorientierten Unterricht. Der Lehrer ist kein „Vermittler“ von Wissen. Vielmehr sollen die Schüler in größtmöglichem Ausmaß in eigenständiger Arbeit Antworten auf ihre Fragen finden. Ihnen wird eine große Auswahl an Material zur Verfügung gestellt, unter anderem Textmaterial und Experimentieranleitungen. Außerdem werden die Lernenden dazu angeregt, mit neuen Medien (z.B. Internet) zu arbeiten. Die Lehrkraft steht den Lernenden unterstützend zur Seite und greift nur dort in das Unterrichtsgeschehen ein, wo es nötig ist. Ihre Aufgaben sind unter anderem das Planen, Organisieren und Moderieren, also das Schaffen von Lernumgebungen und das Moderieren des Lernprozesses.

Die Unterrichtseinheiten selbst sollen durch viel Abwechslung in der Methodenwahl gekennzeichnet sein. Es wird Wert auf Unterrichtsmethoden gelegt, die den Lernenden ein hohes Maß an Selbsttätigkeit sichern und ihnen Gestaltungsfreiräume und Mitbestimmungsmöglichkeiten zugestehen (Parchmann, 2000). Unterrichtsmethoden, die bei *Chemie im Kontext* verstärkt eine Rolle spielen, sind beispielsweise arbeitsteilige Gruppenarbeit, Gruppenpuzzle, Lernzirkel, Internetrecherchen und Mind mapping.

2.2 Konzeptioneller Hintergrund zum Wissenserwerb in Chemie im Kontext

Die Konzeption *Chemie im Kontext* basiert insbesondere auf den Theorien des situierten Lernens (vgl. Kapitel 1). Gemäß diesem Ansatz erfolgt die mentale Repräsentation eines Konzepts nicht auf eine abstrakte und isolierte Weise. Die Inhalte und Konzepte sind vielmehr an den sozialen und physischen *Kontext* geknüpft, in welchem sie erworben wurden (Mandl et al., 1995). So lernen Schüler in der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* beispielsweise, dass sich Polyamide für den Einsatz im Motorenraum eignen, weil sie durch einen besonders hohen Schmelzpunkt charakterisiert sind. Dieser hohe Schmelzpunkt der Polyamide ist auf starke intermolekulare Wechselwirkungen zurückzuführen, in diesem Fall sind es Wasserstoffbrückenbindungen.

Bei dem Wissen, das Schüler in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* erwerben, handelt es sich zunächst um situiertes Wissen, da die Schüler die chemischen Inhalte aus einem lebensweltlichen *Kontext* heraus lernen. Der Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe*, mit der als Schwerpunkt das Themengebiet der Kunststoffe behandelt wird, liegt zum Beispiel der Kontext *Auto* zu Grunde (vgl. Kapitel 2.5).

Wenn Lernende nicht für die Schule, sondern für das alltägliche Leben lernen sollen, ist es wichtig, dass sie Prinzipien und Konzepte von einem bestimmten Wissensgebiet (*Kontext*) lösen (*dekontextualisieren*) können, um es auf ein neues Gebiet anwenden (*rekontextualisieren*) zu können (Messner, 1978). Ein Inhalt, der an einen bestimmten Fall bzw. Kontext gebunden ist, kann nur in einer begrenzten Art und Weise angewendet werden. Um das Bedeutungsnetz des jeweiligen Begriffes von den Besonderheiten lösen und verallgemeinern zu können, muss der Schüler *dekontextualisieren* bzw. den Begriff von seiner ursprünglichen Assoziation trennen, so dass man die wesentlichen Elemente erkennt, um sie dann in einem neuen Kontext anwenden zu können (Salomon et al., 1989).

Auch in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* spielt die Dekontextualisierung eine wichtige Rolle (vgl. Abbildung 3). Die chemischen Inhalte werden zu wenigen zentralen Basiskonzepten der Chemie zusammengefügt, die nicht ausschließlich für den einzelnen

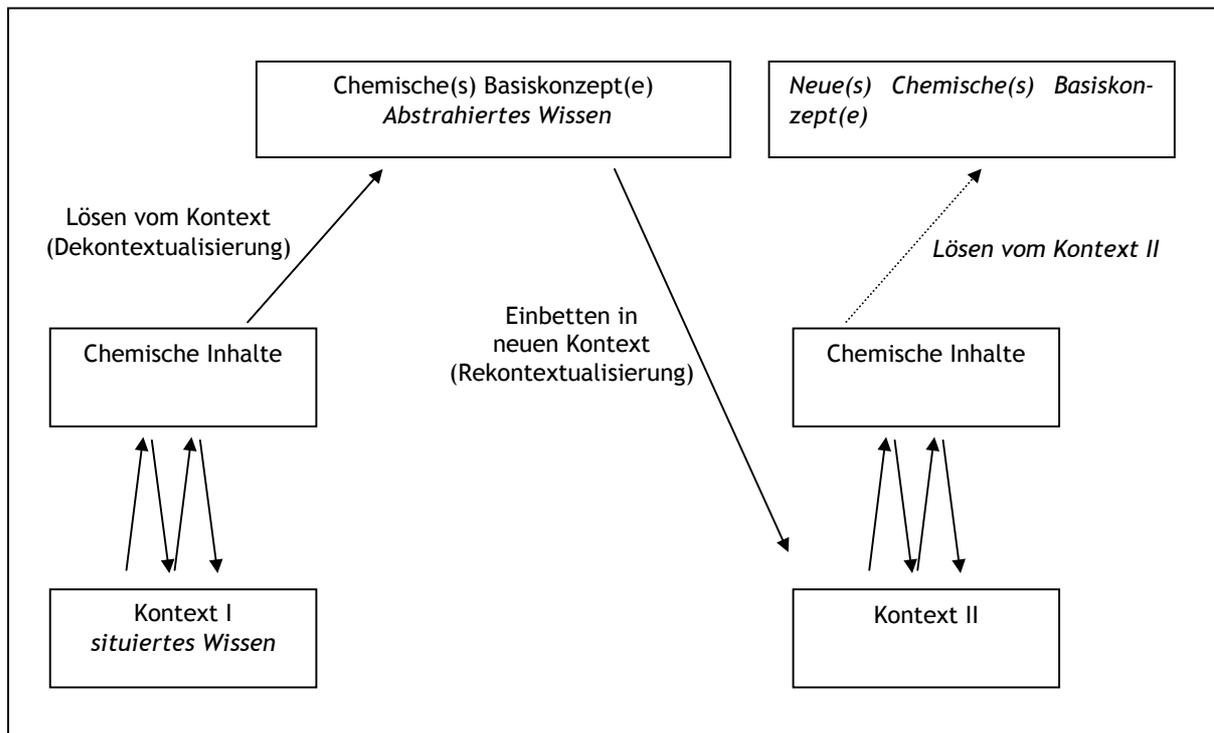


Abbildung 3: Konzeptioneller Hintergrund zum Wissenserwerb

Kontext gelten, in dem sie erlernt wurden, sondern als übergeordnete Strukturierung des Faches Chemie insgesamt fungieren. Das chemische Basiskonzept, dass in der Unterrichtseinheit (K) *Ein Auto ohne Kunststoffe* von zentraler Bedeutung ist, ist das Basiskonzept *Struktur-Eigenschaften* (vgl. Kapitel 2.5.1). Bezüglich des oben genannten Beispiels *Verwendung von Polyamiden im Motorenraum* wäre ein Aspekt dieses Basiskonzepts, dass die Stärke intermolekularer Wechselwirkungen Einfluss auf den Schmelzpunkt eines Stoffes hat bzw. dass der Schmelzpunkt eines Stoffes umso höher liegt, je stärker die intermolekularen Wechselwirkungen sind. In einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* ist neben dem situierten Wissen demnach auch das abstrahierte Wissen von zentraler Bedeutung.

Schließlich sollen die in einem Kontext erlernten und von ihm abstrahierten chemischen Basiskonzepte auf einen neuen Kontext angewendet werden können. Die Anwendung der erlernten Konzepte in anderen Kontexten (Rekontextualisierung) unterstützt die Möglichkeit eines Lerntransfers, da Wissen, das nur im Rahmen eines einzigen Kontextes erlernt wurde, stark kontextgebunden ist (Anderson et al., 1996). Ein Unterricht nach *Chemie im Kontext* zielt wie jeder andere Unterricht auch auf Lerntransfer ab. Um das begonnene Beispiel weiter zu führen, könnte den Schülern die Frage gestellt werden, warum ein T-Shirt aus Baumwolle auf höchster Stufe gebügelt werden darf, ein T-Shirt, das eine Polypropenschicht enthält, dagegen nicht. In diesem Fall käme das oben genannte Basiskonzept erneut zum Tragen, da auch hier die intermolekularen Wechselwirkungen eine Rolle spielen. Abbildung 3 verdeutlicht noch einmal den konzeptionellen Hintergrund eines Unterrichts nach *Chemie im Kontext*: Anhand eines ersten Kontextes erarbeiten die Schüler chemische Inhalte. Dieses Wissen ist situiert, somit an den ersten Kontext geknüpft. Diese chemischen Inhalte werden schließlich zu wenigen zentralen Basiskonzepten zusammengefasst, an dieser Stelle erfolgt die Dekontextualisierung. Nach der Dekontextualisierung, dem Lösen von dem spezifischen Kontext, verfügen die Schüler neben situiertem auch über abstrahiertes Wissen. Im Idealfall sind die Lernenden schließlich in der Lage, dieses abstrahierte Wissen, d.h. die chemischen Basiskonzepte, in einem neuen Zusammenhang anzuwenden. An dieser Stelle erfolgt der Wissenstransfer auf den zweiten Kontext: Das Wissen wird *rekontextualisiert*. Wiederum werden mithilfe der bekannten chemischen Basiskonzepte neue chemische Inhalte erarbeitet. Dabei ist es natürlich durchaus möglich, dass weitere chemische Basiskonzepte zum Tragen kommen, die dann im Zuge der Dekontextualisierung zusammengefasst werden.

Die Erarbeitung chemischer Inhalte anhand eines *Kontextes*, die *Dekontextualisierung* sowie die *Rekontextualisierung* stellen demnach drei bedeutsame Elemente eines Unterrichts nach *Chemie im Kontext* dar. Um u.a. differenzierte Aussagen darüber zu bekommen, welches Wissen Schüler innerhalb eines Kontextes erlernen und in wie weit die Prozesse der De- und Rekontextualisierung gelingen, wird als Ziel der vorliegenden Arbeit ein Wissenstest entwickelt, der sich in seiner Struktur an den genannten drei Elementen orientiert (siehe empirischer Teil).

2.3 Ablauf einer Unterrichtseinheit nach *Chemie im Kontext*

Eine Unterrichtseinheit von *Chemie im Kontext* ist als Lernzyklus aufgebaut (vgl. Abbildung 4). Zur Orientierung wird ein vierphasiger Unterrichtsverlauf vorgeschlagen (vgl. Parchmann, 2000):

- Begegnungsphase
- Neugier- und Planungsphase
- Phase der Erarbeitung und Präsentation
- Phase der Abstraktion und Vernetzung

In der Begegnungsphase werden die Schüler mit dem zu behandelnden Thema, dem Kontext, konfrontiert. Diese Phase entspricht nicht einem klassischen Unterrichtseinstieg, da die Konfrontation mit dem entsprechenden Thema komplex genug sein muss, um genügend Fragen für die Unterrichtseinheit aufzuwerfen (siehe Neugier- und Planungsphase). Das Thema bzw. der Kontext begleitet die Lernenden während der gesamten Unterrichtseinheit.

In der Neugier- und Planungsphase werden von den Schülern Leitfragen für den Unterricht entwickelt und der weitere Unterrichtsverlauf zusammen mit der Lehrkraft geplant. Häufig tritt das Missverständnis auf, die Lernenden sollen den Unterricht allein planen. Dies führt häufig zu Unsicherheiten seitens der unterrichtenden Lehrer. Der unterrichtende Lehrer soll den Entscheidungsprozess moderieren und kann den Schülern deutlich machen, wenn innerhalb der entwickelten Leitfragen eine Auswahl getroffen werden muss. So kann z.B.

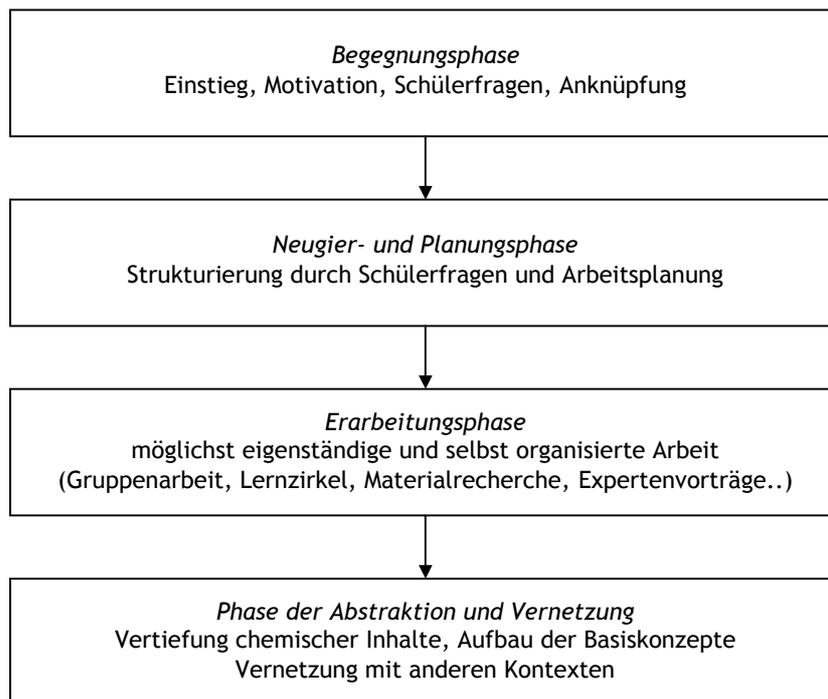


Abbildung 4: Aufbau einer Unterrichtseinheit nach *Chemie im Kontext*

auf viele Schülerfragen die Chemie keine Antwort liefern. Trotzdem muss auf jeden Fall das Interesse der Lernenden ernstgenommen werden.

In der dritten Phase einer solchen Unterrichtseinheit bearbeiten die Lernenden ihre geplanten Experimente und Recherchen möglichst selbstständig. Dies kann z.B. in Form von Gruppen- oder Stationsarbeiten erfolgen. In dieser Phase werden chemische Erklärungen für die in der zweiten Phase aufgeworfenen Leitfragen entwickelt.

In der letzten Phase der Abstraktion und Vernetzung werden die chemischen Basiskonzepte aus dem Kontext herausgelöst. An dieser Stelle erfolgt die Dekontextualisierung, die in der Regel einer stärkeren Unterstützung durch die Lehrkraft bedarf. Im Anschluss daran wird die Anwendung dieser Basiskonzepte in anderen Zusammenhängen geübt: der ursprüngliche Kontext wird verlassen, um sich einem neuen Kontext zu stellen, in dem die erarbeiteten chemischen Basiskonzepte angewendet und geübt werden (Rekontextualisierung).

2.4 Einführung und Umsetzung der Konzeption in der Schule

Seit Jahresbeginn 2002 wird in bisher zwölf Bundesländern an der Implementation der Konzeption sowie der vorhandenen Unterrichtsmaterialien gearbeitet. Dieses Projekt steht unter der Leitung des IPN in Kiel in Kooperation mit den Universitäten in Dortmund und Saarbrücken und wird durch die Länder selbst sowie durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Parchmann et al., 2003).

In den einzelnen Bundesländern existieren Arbeitsgruppen von acht bis zwölf Lehrern aus sechs bis acht Schulen, die an der Entwicklung und Umsetzung von Unterrichtseinheiten arbeiten. Neben der Beschäftigung mit den Unterrichtseinheiten setzen sich die Arbeitsgruppen Ziele zur Selbstevaluation. Anhand von zur Verfügung gestellter oder selbst entwickelter Instrumente soll der eigene Unterricht reflektiert werden. In diesem Zusammenhang kann verschiedenen Fragestellungen wie z.B. „*Wie erreiche ich, dass meine Schüler trotz Gruppenarbeitsphasen am Ende der Unterrichtseinheit möglichst den gleichen Wissensstand haben?*“ nachgegangen werden. In der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe wurde in diesem Zusammenhang ein Wissenstest eingesetzt, dessen Entwicklung und Erprobung Ziel der vorliegenden Arbeit war (vgl. empirischer Teil). Dieser Test lässt Aussagen über die in einem Chemie-im-Kontext-Unterricht bedeutsamen Elemente *Kontext*, *De-kontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie über ausgewählte kognitive Kompetenzen der Schüler, die in einem Chemieunterricht von Bedeutung sind, zu.

Neben der Arbeit in den einzelnen Bundesländern findet eine bundeslandübergreifende Untersuchung statt, in der Lehrer und Schüler hinsichtlich Implementationserfolg und Veränderungen der Unterrichtsqualität befragt werden. Hierzu liegen bereits Daten und erste Ergebnisse vor (vgl. Fey et al., in Druck).

Bei der Zusammensetzung der Arbeitsgruppen wird darauf geachtet, dass nach Möglichkeit jeweils zwei Lehrkräfte an derselben Schule unterrichten, so dass ein Erfahrungsaustausch erleichtert wird. In diesen Arbeitsgruppen ist zudem die Projektgruppe vertreten, die damit die Perspektive aus der chemiedidaktischen Forschung einbringt. In der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe wurde unter anderem die Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* erprobt und überarbeitet.

Die folgenden Schemata sollen zwei Grundgedanken des Projektes *Chemie im Kontext – Implementation einer innovativen Unterrichtskonzeption* verdeutlichen: Das Bestreben, zu

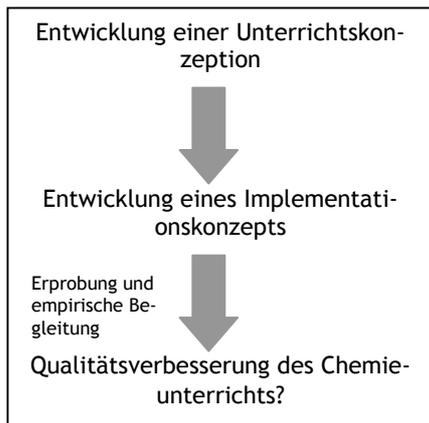


Abbildung 5: Verbesserung der Unterrichtsqualität durch Erprobung und empirische Begleitung der Unterrichtskonzeption

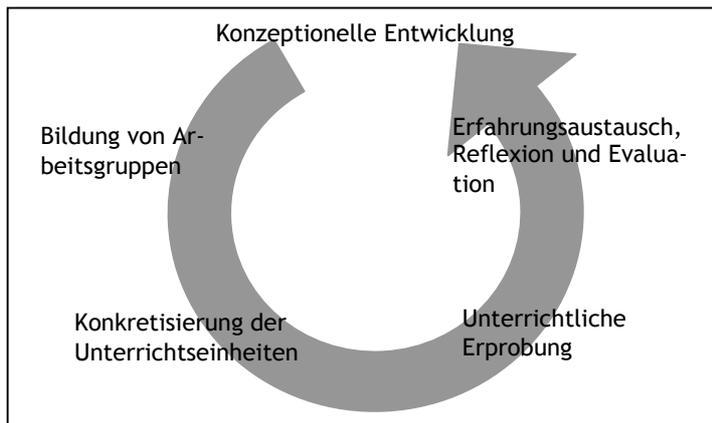


Abbildung 6: Prinzip der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Unterrichtskonzeption

einer Qualitätsverbesserung des Chemieunterrichts zu gelangen sowie den Grundgedanken einer lebendigen Konzeption, die kontinuierlich weiterentwickelt wird.

Begleitet wird die Realisierung der Implementationsstrategie und die Umsetzung der Unterrichtskonzeption durch empirische Untersuchungen, die schließlich eine Aussage bezüglich der Qualitätsverbesserung des Chemieunterrichts und dem Erfolg der Strategie ermöglichen (vgl. Abbildung 5).

Ziel der Arbeit in den einzelnen Arbeitsgruppen ist neben der stetigen Weiterentwicklung der Konzeption die Weiterentwicklung des eigenen Unterrichts. Lehrer planen Unterrichtseinheiten, erproben diese in ihrem Unterricht und tauschen diesbezüglich innerhalb der Arbeitsgruppe Erfahrungen aus. Die Erfahrungen aus den einzelnen Arbeitsgruppen und die Evaluation werden zur Optimierung der Konzeption genutzt (vgl. Abbildung 6).

2.5 Struktur, Inhalte und Basiskonzept-Bezüge der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe*

Um das Themengebiet der Kunststoffe im Unterricht bearbeiten zu können, wurde einer Gruppe von Lehrern aus Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg ein entsprechendes Materialpaket zur Verfügung gestellt. Dieses Material stammte größtenteils aus Examensarbeiten und Dissertationen, die sich mit dem Themen-

gebiet *Kunststoffe im Auto* befasst hatten (vgl. Huntemann et al., 2000) und beinhaltete auch einen konkreten Vorschlag für eine entsprechende Unterrichtseinheit. Die Wahl des Kontextes *Auto* für die Erarbeitung der Polymerchemie im Unterricht hat gegenüber anderen möglichen Kontexten, wie beispielsweise Textilien, den Vorteil, dass der Kontext *Auto* eine große Vielfalt an Kunststoffen bietet. Des Weiteren ist besonders hier die Betrachtung der chemischen Inhalte aus multiplen Perspektiven möglich: Nicht nur die Eigenschaften von Kunststoffen spielen an dieser Stelle eine wichtige Rolle, auch der Kostenfaktor, das Recycling und andere Aspekte können anhand dieses Kontextes diskutiert werden.

Hinsichtlich der chemischen Basiskonzepte (vgl. Kapitel 2.1.2) liegt der Schwerpunkt in dieser Unterrichtseinheit auf den Zusammenhängen zwischen den Eigenschaften von Kunststoffen im Auto und deren chemischen Strukturen. Im Rahmen des durch Bund und Länder geförderten Projektes *Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von „Chemie im Kontext“* (vgl. Kapitel 2.4) war es ein Ziel, diese Unterrichtseinheit in Zusammenarbeit mit den schleswig-holsteinischen Lehrkräften zu bearbeiten.

Die Erprobung der Materialien im Unterricht sowie regelmäßige Treffen der Arbeitsgruppe führten schließlich zu einer umfangreichen Umgestaltung der Unterrichtseinheit.

Im Verlauf dieses Kapitels soll im Anschluss an die Erläuterung des Basiskonzepts *Struktur-Eigenschaften* zunächst die Unterrichtseinheit in ihrer ursprünglichen, vom IPN zur Verfügung gestellten Version vorgestellt werden. Es folgt eine Darstellung der durch die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe geplanten Version der Unterrichtseinheit. Abschließend sollen Erfahrungen der Lehrer mit der Unterrichtseinheit (*K)Ein Auto ohne Kunststoffe* berichtet werden.

2.5.1 Das chemische Basiskonzept *Struktur-Eigenschaften*

In einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* lernen die Schüler die chemischen Inhalte aus einem Kontext heraus. Das Wissen wird zunächst situiert erworben (Nentwig et al., 2002). Um zu einem strukturierten und aufbaufähigem Wissen zu gelangen, werden die chemischen Inhalte vom Kontext abstrahiert und zu wenigen zentralen Basiskonzepten zusammengefasst (vgl. Kapitel 2.1). Diese bilden die Grundlage sowohl für eine vertikale als auch horizontale Vernetzung des Wissens (Bünder et al., 2003).

In der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe*, die von der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe erprobt und überarbeitet wurde, ist das Basiskonzept *Struktur-Eigenschaften* von zentraler Bedeutung. Dieses Basiskonzept sagt aus, dass die Eigenschaften eines Stoffes unmittelbar von der Art, wie er aus Teilchen oder Teilchenverbänden aufgebaut ist, abhängen. Dabei ist für die Ausprägung der Stoffeigenschaften neben der Art (Sorte) der atomaren Bausteine in vielen Fällen die Art des Aufbaus der Teilchen von entscheidender Bedeutung (Bünder et al., 2003). Dies zeigt sich zum Beispiel bei den unterschiedlichen Isomeren des Pentans, einem in der Schulchemie üblichen Beispiel, sehr deutlich. Sowohl n-Pentan als auch 2-Methylbutan sowie 2,2-Dimethylpropan besitzen die gleiche Molekülformel: C_5H_{12} . Trotzdem unterscheiden sich die drei Verbindungen in ihren Eigenschaften, was sich mit der Anordnung der atomaren Bausteine erklären lässt. Bei unpolaren Molekülen – wie den Isomeren des Pentans – werden die Eigenschaften durch die Stärke der Van-der-Waals-Kräfte bestimmt. Mit wachsender Größe der Teilchen gewinnt auch die Struktur der Moleküle an Bedeutung. N-Pentan siedet bei $36,1^\circ C$, während 2-Methylbutan bei $27,9^\circ C$ und 2,2-Dimethylpropan bei $9,5^\circ C$ sieden. Die unterschiedli-

Tabelle 1: Strukturierung des Basiskonzepts Struktur-Eigenschaften (nach Schmidt, in Druck)

<i>Basiskonzept Struktur-Eigenschaften</i>				
Elementare Stoffe		Chemische Verbindungen		
Atomar aufgebaute Stoffe	Molekular aufgebaute Stoffe	Unpolare Moleküle	Polare Moleküle	Salze
<i>Beispiel</i> Graphit und Diamant weisen sehr unterschiedliche Strukturen auf, da sich Anordnung und Verknüpfung der beiden Kohlenstoff-Modifikationen unterscheiden.	<i>Beispiel</i> Die Halogene zeichnen sich aufgrund unterschiedlicher Masse bzw. Elektronenzahl und damit unterschiedlich stark ausgeprägten Van-der-Waals-Kräften durch unterschiedliche Schmelz- und Siedepunkte aus.	<i>Beispiel</i> Die Siedepunkte von n-Pentan ($36,1^\circ C$), 2-Methylbutan ($27,9^\circ C$) und 2,2-Dimethylpropan ($9,5^\circ C$) unterscheiden sich, da mit wachsender Größe der Bausteine auch die Molekülstruktur eine zunehmende Bedeutung für die Stoffeigenschaften gewinnt.	<i>Beispiel</i> Methanol ($+64,7^\circ C$) hat, bei ähnlicher Molekülmasse, einen wesentlich höheren Siedepunkt als beispielsweise das unpolare Ethan ($-88,6^\circ C$), da Methanol Wasserstoffbrückenbindungen auszubilden vermag.	<i>Beispiel</i> Ammoniumfluorid bildet mit Wasser kristalline Lösungen, während Kaliumfluorid bei ähnlichen Ionenradien als wasserfreies Halogenid auskristallisiert. Dies hängt mit der Kristallstruktur zusammen.

chen Siedepunkte der Pentan-Isomere sind auf die unterschiedlich große Kontaktfläche zwischen den Teilchen zurückzuführen. Die Kontaktfläche ist umso kleiner, je verzweigter die Moleküle sind.

Das Basiskonzept *Struktur-Eigenschaften* kann auf Grundlage der verschiedenen chemischen Bindungen strukturiert werden (vgl. Schmidt, in Druck). Dabei wird zwischen elementaren Stoffen und chemischen Verbindungen unterschieden. Bei letztgenannten werden unpolare Moleküle, polare Moleküle und Salze separat voneinander betrachtet. Bei den elementaren Stoffen können atomar aufgebaute Stoffe von molekular aufgebauten Stoffen unterschieden werden (vgl. Tabelle 1).

Die Kunststoffe, welche in der im folgenden Kapitel vorgestellten Unterrichtseinheit behandelt werden, sind polymere Verbindungen, die aus Monomeren aufgebaut sind und synthetisch hergestellt werden. Es gibt sowohl unpolare als auch polare Kunststoffe, so dass die Kunststoffe durch die dritte und vierte Spalte in Tabelle 1 beschrieben werden können. Für die Behandlung der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Kunststoffen in der Schule spielen daher u.a. folgende Aspekte eine entscheidende Rolle (vgl. Burton et al., 1994):

- *Kettenlänge*

Je länger die Molekülkette ist, desto fester ist der Kunststoff bzw. desto höher liegt der Schmelzpunkt des Polymers.

- *Seitengruppen*

Polare Seitengruppen bewirken eine starke Anziehung zwischen den Ketten (\Rightarrow Dipole) und daher eine höhere Festigkeit bzw. einen höheren Schmelzpunkt des Polymers.

- *Verzweigungen*

Gerade, unverzweigte Ketten können sich dichter zusammenlagern als stark verzweigte, so dass zwischen den Ketten Van-der-Waals-Kräfte besser wirken können. Das Polymer wird fester bzw. der Schmelzpunkt wird erhöht.

- *Stereoregularität*

Die Molekülketten eines Polymers können näher zusammenrücken, wenn die Seitengruppen regelmäßig ausgerichtet sind (\Rightarrow Isotaktizität).

- *Verknüpfungen*

Wenn Polymerketten miteinander durch kovalente Bindungen verknüpft sind, ist das Polymer hart und nicht schmelzbar (\Rightarrow Duroplaste, Elastomere).

- *Anordnung im Festkörper*

Amorphe Kunststoffe sind häufig glasklar und transparent, da keine Lichtbrechung erfolgt. Teilkristalline Kunststoffe sind häufig milchig trüb.

In vielen Fällen ist es nicht möglich, die Eigenschaften eines Kunststoffs auf ein spezielles Strukturprinzip zurückzuführen bzw. die Prinzipien zu verallgemeinern. Meistens handelt es sich um ein Wechselspiel verschiedener Parameter.

2.5.2 Die Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* in der ursprünglichen Version

Die ursprüngliche Version der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* ist in erster Linie auf Arbeiten von Vennemann zurückzuführen (vgl. Huntemann et al., 2000). Es wird ein vierphasiger Unterrichtsverlauf vorgeschlagen (vgl. Abbildung 4, Seite 18).

In der Begegnungsphase soll ein Ausschnitt des Films *Chemie im Kopf* die Lernenden mit dem Thema *Kunststoffe im Auto* konfrontieren (Verband der Chemischen Industrie e.V.). In der betreffenden Filmszene ist ein Auto zu sehen, dessen sämtliche Kunststoffteile nach und nach verschwinden. Alternativ kann ein entsprechendes Arbeitsblatt eingesetzt werden. In der darauf folgenden Neugierphase sollen Fragen der Schüler gesammelt und strukturiert werden, um anschließend Leitfragen für den weiteren Unterricht zu formulieren. Diese Leitfragen werden im Rahmen der Erarbeitungsphase von den Schülern in möglichst eigenständiger Arbeit beantwortet. Als Material können Texte und Experimente zu Polyamiden, Acrylglas und Polyurethanen im Auto bereitgestellt werden. Die abschließende Vertiefungs- und Vernetzungsphase beleuchtet die Kunststoffchemie schließlich aus der Sicht eines anderen Kontextes. An dieser Stelle sollen unter anderem biologisch abbaubare Kunststoffe thematisiert werden (vgl. Huntemann et al., 1999). Tabelle 2 gibt eine Übersicht der vorgestellten Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe*. Diese ursprüngliche Version wurde von der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe im Rahmen des Pro-

jekts *Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von „Chemie im Kontext“* erprobt und überarbeitet.

Tabelle 2 : Übersicht zur ursprünglichen Version der Unterrichtseinheit (K)Ein Auto ohne Kunststoffe

Phase der Unterrichtseinheit	Kontextbezug	chemischer Inhalt
<i>Begegnungsphase</i>	Ein Auto ohne Kunststoffe? • Videofilm <i>Chemie im Kopf</i> (alternativ entsprechendes Arbeitsblatt)	Kunststoffe im Auto Sammlung von Vorkenntnissen und Meinungen
<i>Neugierphase</i>	Strukturierung und Sammlung von Leitfragen • Warum werden Kunststoffe im Automobilbau eingesetzt? • Anforderungen an Kunststoffe im Automobilbau • Vor- und Nachteile von Kunststoffen am Beispiel Auto	Strukturierung • Kunststoffe und Eigenschaften (Übersicht)
<i>Erarbeitungsphase</i>	Stationsarbeit • Polyurethane am Auto (Eigenschaften, Anwendung im Automobilbau pflanzenfaserverstärkte PU, Herstellung) • Acrylglas am Auto (Eigenschaften, Anwendung im Automobilbau wirtschaftliche Bedeutsamkeit, Herstellung) • Polyamide am Auto (Geschichte, Anwendung im Automobilbau, Eigenschaften, Herstellung)	Eigenschaften - Kunststoffe - molekularer Aufbau - Mechanismus • PU, Duroplaste, Polyaddition • Acrylglas, Thermoplaste, Polymerisation, Copolymere • Polyamide, Thermoplaste, Polykondensation
<i>Vertiefungs- und Vernetzungsphase</i>	Kunststoffverbrauch = Müllberge? • Biologisch abbaubare Kunststoffe • Kunststoffe als Energieträger im Hochofen • Kunststoffe und Recycling	Möglichkeiten zur fachlichen Vertiefung • Biologische Polymere • Reduktion von Metalloxiden durch Kunststoffe • Gummizerstörung durch Ozon
	Abstraktion zum Basiskonzept <i>Struktur-Eigenschaften</i> (Dekontextualisierung)	Einfluss von funktionellen Gruppen, Kettenlänge, Vernetzungsgrad usw. auf Eigenschaften

2.5.3 Planung der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* durch die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe

Die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe ist mit der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* in das Projekt eingestiegen (vgl. Huntemann et al., 2000). Im vorangehenden Kapitel wurde die ursprüngliche Version der Unterrichtseinheit vorgestellt. Diese wurde den Lehrern aus Schleswig-Holstein als Ausgangsmaterial zur Verfügung gestellt. Im Laufe der Zusammenarbeit der schleswig-holsteinischen Lehrkräfte ist die Unterrichtseinheit zum Thema *Kunststoffe im Auto* weiterentwickelt worden, das Ergebnis der Zusammenarbeit ist in Tabelle 3 dargestellt. Der Ablauf der Begegnungsphase wurde dahingehend modifiziert, dass die Schüler nicht unbedingt mit Hilfe des Videofilms *Chemie im Kopf* (Verband der Chemischen Industrie e.V.), sondern durch eine Betrachtung eines realen Autos mit dem Thema Kunststoffe im Auto konfrontiert werden. Außerdem wurde von der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe die Begutachtung bestimmter Autoteile von einer Autoverwertungsstelle in Betracht gezogen. Im Anschluss an den genannten Unterrichtseinstieg sollten Begriffe gesammelt werden, die den Lernenden im Zusammenhang mit Kunststoffen im Auto einfallen. In der darauffolgenden Neugierphase wurden die gesammelten Begriffe sortiert und – entgegen der ursprünglichen Version der Unterrichtseinheit – in Form einer Mindmap festgehalten. Diese Mindmap diente der Entwicklung von Leitfragen, die im Laufe der Erarbeitungsphase von den Schülern beantwortet wurden. Die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe hat Materialien für vier mögliche Leitfragen zusammengestellt. Bei dem Material haben die Lehrer zu einem großen Teil auf die von Vennemann entwickelte Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* zurückgegriffen (vgl. Huntemann et al., 2000). Dabei wurden bei den Experimenten die Versuchsvorschriften teilweise optimiert. Des Weiteren wurde die Nutzung des Internets in der Unterrichtseinheit berücksichtigt (Blume, 2002). In der abschließenden Vertiefungs- und Vernetzungsphase wurden unterschiedliche Themengebiete vorgeschlagen. Von diesen neuen Kontexten sollten einzelne ausgewählt werden. Bei dem Themengebiet *Verwendung von Kunststoffen* wählte die schleswig-holsteinische Arbeitsgruppe unter anderem Material zu biologisch abbaubaren Kunststoffen (Huntemann et al., 1999) und superabsorbierenden Polymeren (Köhler-Krützfeldt, 2001).

Tabelle 3: Übersicht zur schleswig-holsteinischen Version der Unterrichtseinheit (K)Ein Auto ohne Kunststoffe

Phase der Unterrichtseinheit	Kontextbezug	chemischer Inhalt
<i>Begegnungsphase</i>	<p>Ein Auto ohne Kunststoffe?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begutachtung von Kunststoffen in einem Auto und/oder • Begutachtung ausgesuchter Stücke von einer Autoverwertungsstelle • alternativ: Videofilm <i>Chemie im Kopf</i> <p>Sammlung von Begriffen unter der Leitfrage: „Was fällt mir zur Verwendung von Kunststoffen im Auto ein?“</p>	
<i>Neugier- und Planungsphase</i>	<p>Moderationsmethode und Mindmap: Sortieren der gesammelten Begriffe nach inhaltlicher Nähe, Finden von Überbegriffen, Erstellung einer Mindmap, Entwicklung von Leitfragen</p> <p>Mögliche Leitfragen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche Unterscheidungsmerkmale haben die versch. Kunststoffe und wieso eignen sie sich für den Automobilbau? • Welche Ursachen haben diese Unterschiede? • Wie werden die Kunststoffe hergestellt? • Wie lassen sich die Kunststoffe eines Autos recyceln? 	<p>typische Werkstoffe und ihre Eigenschaften molekularer Aufbau Herstellung und Verarbeitung Abfallproblematik</p>
<i>Erarbeitungsphase</i>	<p>Arbeitsteilige Gruppenarbeit: 3-4 Schülergruppen erarbeiten jeweils eine der formulierten Leitfragen und präsentieren die Ergebnisse im Plenum</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften und molekularer Aufbau von Kunststoffen im Auto • Herstellung von Kunststoffen • Recycling von Kunststoffen im Auto 	<p>Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition Polyamide, Polyurethane, Acrylglas Werkstoffliches und rohstoffliches Recycling, thermische Verwertung</p>
<i>Phase der Vertiefung und Vernetzung</i>	<p>Vertiefung der Kunststoffchemie, z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übungsaufgaben • Verwendung von Kunststoffen • Verarbeitung von Kunststoffen • Kautschuk 	<p>SAP, synthetische Fasern, Kunststoffe in der Medizin ...</p>
	<p>Abstraktion zu Basiskonzepten (Dekontextualisierung)</p> <ul style="list-style-type: none"> • gemeinsame Prinzipien feststellbar? • Gemeinsame Prinzipien? 	<p>Einfluss von funktionellen Gruppen, Kettenlänge, Vernetzungsgrad usw. auf Eigenschaften</p>

die den Schülern zu Kunststoffen einfielen, wurden wenigen Oberbegriffen zugeordnet und mithilfe einer Mindmap festgehalten. Diesen Arbeitsschritt haben die Lehrer der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe selbst einmal (in der Rolle der Schüler) durchgeführt. Das Ergebnis dieser Sammlung und Strukturierung von Begriffen zeigt Abbildung 8.

Der Einwand, die Schüler könnten andere Begriffe nennen und auf diese Weise einen unerwarteten Unterrichtsgang provozieren, konnte durch erste Erfahrungen weitestgehend entkräftet werden. Die schleswig-holsteinischen Schüler stellten in der Regel die Fragen, die von den Lehrern vorhergesagt wurden.

Auf der Grundlage einer Mindmap sollen anschließend zusammen mit der Lehrkraft Leitfragen formuliert werden, an denen sich die Erarbeitungsphase der Unterrichtseinheit orientiert. In der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe sind die folgenden vier Leitfragen formuliert worden:

- *Welche Unterscheidungsmerkmale haben die verschiedenen Kunststoffe und wieso eignen sie sich für den Automobilbau? (Eigenschaften)*
- *Welche Ursachen haben diese Unterschiede? (molekularer Aufbau)*
- *Wie werden sie hergestellt? (Herstellung und Verarbeitung)*
- *Wie lassen sich Kunststoffe des Autos recyceln? (Abfallproblematik)*

Als dritte Phase der Unterrichtseinheit schließt sich die Erarbeitungsphase an. Anhand der formulierten Leitfragen können Stationen entworfen werden. Eine weitere Möglichkeit, die innerhalb der schleswig-holsteinischen Arbeitsgruppe befürwortet wurde, sieht in der Erarbeitungsphase eine arbeitsteilige Gruppenarbeit vor: drei bis vier Schülergruppen erarbeiten jeweils eine der formulierten Leitfragen und präsentieren die Ergebnisse im Plenum. Einige Lehrer aus Schleswig-Holstein haben die Leitfragen in Form eines Stationsbetriebes bearbeiten lassen.

Bei der Bearbeitung der Eigenschaften von Kunststoffen im Auto und der zu Grunde liegenden Strukturen kam es häufig zu Frustrationen der Schüler wie auch der Lehrer, da das von der Projektgruppe bereitgestellte Material viele Eigenschaften von Kunststoffen im Auto zwar beschrieb, diese jedoch nicht erklärte. In enger Zusammenarbeit mit den schleswig-holsteinischen Lehrern wurde daraufhin eine Tabelle erstellt, in der die Eigenschaften der Auto-Kunststoffe den Strukturen dieser Kunststoffe gegenübergestellt wurden. Diese Tabelle wurde von verschiedenen Herstellern der chemischen Industrie als auch

von Herrn Prof. Frey von der Universität Mainz begutachtet, gegebenenfalls korrigiert und ergänzt (vgl. Anhang G).

Die Ergebnisse aus den Gruppenarbeitsphasen sollen anschließend den anderen Schülern präsentiert werden. Die Art der Präsentation soll den Schülern überlassen werden. Möglichkeiten für Präsentationen wären zum Beispiel Poster oder Referate. Ein Handout für alle Schüler wurde als sinnvoll erachtet, damit alle Schüler über Informationen zu den entsprechenden Teilthemen verfügen. Außerdem hat auf diese Weise der Lehrer die Möglichkeit, Korrekturen vorzunehmen und sich ein Bild von dem Kenntnisstand der jeweiligen Lerngruppe zu verschaffen.

Die Arbeitsgruppe des schleswig-holsteinischen Schulsets hat sich darauf verständigt, dass die dritte Station der arbeitsteiligen Gruppenarbeit (Recycling) auch der Vertiefungsphase angerechnet werden kann.

Es ist auch denkbar, in der Vertiefungs- und Vernetzungsphase Übungsaufgaben einzusetzen und noch bestehende Fragen zu klären. Des Weiteren sind die unterschiedlichen Einsatzgebiete von Kunststoffen in der Vertiefungsphase anzusiedeln.

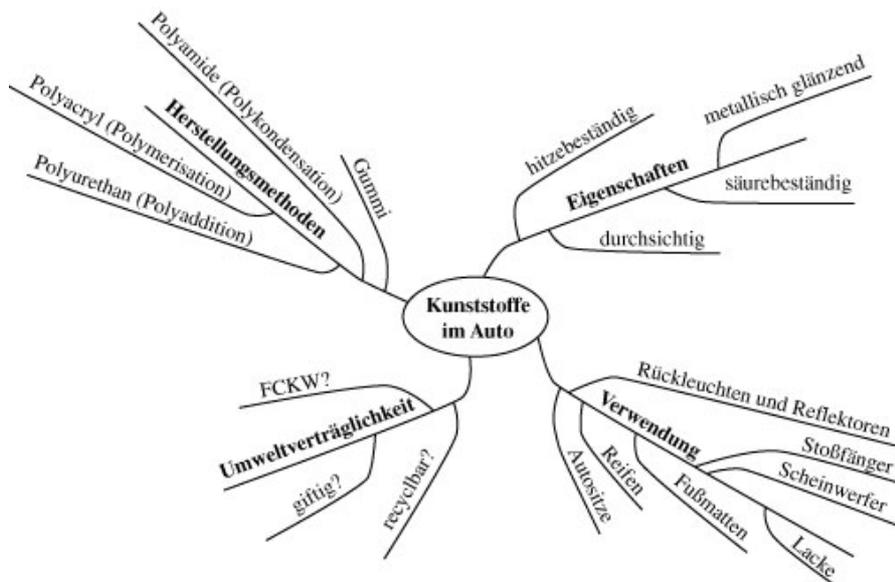


Abbildung 8: Mindmap zum Thema Kunststoffe im Auto [Quelle: Arbeitsgruppe Schleswig-Holstein]

3 Messung des Lernerfolgs im Unterricht

Mit der Einführung der allgemeinen Schulpflicht sehen sich Lehrer der Aufgabe gegenüber, eine große Anzahl von Schülern gleichzeitig zu unterrichten. Um einen Überblick über den Lernstand jedes einzelnen Schülers zu gewinnen, ist der Einsatz lernzielorientierter Tests unumgänglich (Kleber, 1992).

Seit TIMSS und PISA sind die Ergebnisse aus Schulleistungstests ganz besonders ins Zentrum des öffentlichen Interesses gerückt (Weinert, 2001). Dabei nimmt die aktuelle Diskussion über naturwissenschaftliche Grundbildung bzw. Scientific Literacy Einfluss auf die Ausrichtung von Schulleistungserhebungen.

Für die Erfassung naturwissenschaftlichen Wissens sowie naturwissenschaftlicher Kompetenzen, die einer zeitgemäßen Vorstellung von naturwissenschaftlicher Bildung entsprechen, ist es erforderlich, entsprechende Instrumente zu entwickeln (Duit et al., 2001). In Unterrichtskonzeptionen, die sich an Ansätzen des situierten Lernens orientieren, wie z.B. *Salterns* oder *Chemie im Kontext* (vgl. Kapitel 1.2 und 2), spielen beispielsweise die Prozesse der *De-* und *Rekontextualisierung* eine bedeutende Rolle. Im Zuge der Diskussionen über Scientific Literacy sind auch Kompetenzen wie die des Bewertens und des Argumentierens bedeutsam und sollen durch den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden (vgl. Gräber et al., 2002b).

Im Rahmen des Projekts *Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von Chemie im Kontext* sollen neben einer schulsetübergreifenden Evaluation setspezifisch Effekte der Konzeption auf den Wissens- und Kompetenzerwerb der Lernenden untersucht werden (vgl. Kapitel 2.4). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, für das Schulset Schleswig-Holstein einen Wissenstest zu entwickeln und zu erproben, der zum einen Informationen über die *Chemie-im-Kontext*-relevanten Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie über die kognitive Kompetenzen *Klassifizieren*, *Argumentieren/Kontext* und *Argumentieren/Rekontextualisierung* liefert (vgl. empirischer Teil).

In diesem Kapitel sollen zunächst verschiedene Funktionen der Lernerfolgsmessung dargestellt werden, darauf folgt eine Beschreibung unterschiedlicher Bewertungsverfahren. Ein abschließendes Kapitel widmet sich der Messung des Lernerfolgs speziell im kognitiven Bereich.

3.1 Funktion der Lernerfolgsmessung

Allgemeines Ziel einer Leistungsbeurteilung ist sowohl eine äußere als auch eine innere Differenzierung (Pfeifer et al., 2002). Unter einer äußeren Differenzierung versteht man die Zuordnung der Schüler zu einer bestimmten schulischen oder beruflichen Laufbahn. So wird beispielsweise in Folge einer Leistungsbeurteilung entschieden, ob einem Schüler die Realschule oder das Gymnasium als weiterführende Schule empfohlen wird. Unter innerer Differenzierung versteht man dagegen die Einordnung einer Schülerleistung innerhalb der Leistungen einer Lerngruppe.

Neben dem allgemeinen Ziel der Differenzierung der Schüler existieren noch eine Reihe weiterer Gründe für eine Leistungsbeurteilung. Häußler et al. nennen an dieser Stelle ergänzend noch folgende Funktionen der Lernerfolgsmessung (Häußler et al., 1998):

- *Rückmeldungen für Schüler*

Durch die Bewertung des Lernerfolgs erhält ein Schüler Rückmeldungen darüber, in wie weit er das durch den Unterricht angestrebte Lernziel erreicht hat. Im Idealfall wird der Lernende durch das Ergebnis der Leistungsbeurteilung motiviert, seine Wissens- beziehungsweise Fähigkeitslücken zu füllen.

- *Rückmeldungen für den unterrichtenden Lehrer*

Der unterrichtende Lehrer erhält mithilfe der Lernerfolgsmessung seiner Schüler nicht nur Informationen über deren Leistungsstand, sondern auch Rückmeldungen zu seinem Unterricht.

- *Bewertung als Lernsituation*

Das Schreiben eines Tests stellt für die einzelnen Schüler eine Lernsituation dar. Anhand der Bearbeitung von Aufgaben werden bestimmte Fähigkeiten oder Fertigkeiten geübt. Aus begangenen Fehlern können die Schüler lernen.

- *Disziplinierungsfunktion*

Die Gewissheit, dass zum Beispiel Klassenarbeiten oder Klausuren geschrieben werden, kann die Motivation der Schüler bedeutend erhöhen und auf diese Weise dafür sorgen, dass die Lernenden am Unterricht mit mehr Aufmerksamkeit und Fleiß teilnehmen.

3.2 Unterschiedliche Bewertungsverfahren

Es existieren eine Reihe von Verfahren zur Messung und Beurteilung von Schulleistungen. Häußler et al. unterscheiden hier grob schriftliche Verfahren, mündliche Verfahren sowie Verfahren, die auf Beobachtung beruhen (Häußler et al., 1998). Sacher nennt ergänzend das „praktische Verfahren“ bzw. die Form der praktischen Prüfung (Sacher, 1996).

Zu den schriftlichen Bewertungsverfahren zählen u.a. Tests, Klausuren, Portfolios, Versuchsprotokolle und Concept Maps. Allen gemeinsam ist, dass im Vorfeld ein Arbeitsauftrag in den meisten Fällen schriftlich formuliert wurde, der von den Schülern in schriftlicher Form bearbeitet wird (Häußler et al., 1998).

Bei der Beurteilung von schriftlichen Leistungen treten häufig Probleme dann auf, wenn die einzelnen Testaufgaben vorher nicht sorgfältig auf fachliche Richtigkeit, Eindeutigkeit und Verständlichkeit der Fragestellung überprüft wurden (Pfeifer et al., 2002). Zumindest bei standardisierten Tests ist daher im Vorfeld eine erste Überprüfung des Tests bei Vertretern einer Zielgruppe, die nicht bewertet werden soll, unumgänglich. Vorteile eines schriftlichen Bewertungsverfahrens gegenüber einer mündlichen Prüfungssituation liegen z.B. in der höheren Objektivität, der Vergleichbarkeit der Leistungen und der Transparenz der Beurteilung (Jäger, 2000).

Mündliche Befragungen haben dagegen den Vorteil, dass sich im Verlauf der Prüfung aus gelieferten Antworten neue Fragen ergeben können, die dem Wissensstand des Schülers besser angepasst sind als vorformulierte Fragen. Außerdem hat der Prüfer im Falle einer mündlichen Prüfung die Möglichkeit, bei Antworten genauer nachzufragen, wenn nicht eindeutig ist, ob der Schüler die korrekte Antwort gemeint hat (Häußler et al., 1998). Ein weiterer Vorteil ist, dass die Rückmeldungen an den Schüler bei einem mündlichen Bewertungsverfahren unmittelbar erfolgen. Dies wirkt sich auf die Motivation deutlich positiver aus als das Ergebnis eines schriftlichen Tests, das erst nach einem längeren Zeitraum vorliegt. Ein Nachteil von mündlichen Bewertungsverfahren ist die große Gefahr von Fehleinschätzungen. So kann z.B. die tagesabhängige Stimmung des Prüfers Einfluss auf die Notegebung haben (Pfeifer et al., 2002). Im Gegensatz zu schriftlichen Bewertungsverfahren erfolgt die Bewertung bei mündlichen Verfahren als Augenblicksentscheidung, was die Objektivität der Bewertung vermindert.

Die Objektivität, Reliabilität und Validität betreffend sind Bewertungsverfahren, die auf Beobachtung beruhen, am problematischsten. Der Lehrer bewertet die Schüler anhand von Beobachtungen und seinen daraus resultierenden Notizen. Diese Notizen des Lehrers stellen insofern ein Problem dar, als dass sie in der Regel aus emotional belasteten Situationen heraus gemacht werden, z.B. wenn sich ein Lehrer über das Verhalten eines Schülers ärgert. Zum anderen werden derartige Notizen häufig nicht unmittelbar, sondern erst nach einiger Zeit aus der Erinnerung aufgeschrieben, was zu einer Verfälschung der Eindrücke führen kann (Häußler et al., 1998).

3.3 Messung des Lernerfolgs im kognitiven Bereich

Hinsichtlich Lernerfolgsmessungen an Schulen spielen die Leistungen von Schülern im kognitiven Bereich eine zentrale Rolle. In der Regel sollen Tests oder Klassenarbeiten bzw. Klausuren Auskunft darüber geben, über welches Wissen die Lernenden verfügen, ob sie die Inhalte des vorangegangenen Unterrichts verstehen und ob sie in der Lage sind, das neu erworbene Wissen in anderen Zusammenhängen anzuwenden. In einem kontextorientierten Unterricht spielen beispielsweise die Prozesse der *Dekontextualisierung* und der *Rekontextualisierung* eine zentrale Rolle (vgl. Kapitel 1 und 2) und sollten in entsprechenden Tests berücksichtigt werden.

Kategorisierungsmöglichkeiten kognitiver Leistungen

Für die Kategorisierung von kognitiven Leistungen und den schriftlichen Verfahren, mit denen diese gemessen werden sollen, existieren verschiedene Kategoriensysteme. Eines der bekanntesten Kategoriensysteme ist die *Taxonomy of Educational Objectives* von Bloom und Mitarbeitern (Bloom et al., 1956). Ursprünglich war dieses Klassifikationssystem dazu gedacht, in den USA regionale Schulleistungstests bzw. Zugangstests zu den Hochschulen vergleichbar zu machen (Bloom et al., 1972). Aufgrund der fortschreitenden Erkenntnisgewinnung im Bereich der Lehr-Lern-Forschung wurde die Bloomsche Taxonomie überarbeitet und von Anderson und Krathwohl 2001 in revidierter Form veröffent-

licht (Anderson et al., 2001). Diese revidierte Fassung soll insbesondere Lehrer bei der Planung ihres Unterrichts unterstützen. Während die ursprüngliche Taxonomie lediglich eine einzige Dimension erfasste, werden die kognitiven Lernziele in der revidierten Taxonomie in zwei Dimensionen kategorisiert. Eine Dimension beschreibt unterschiedliche Arten von Wissen: Faktenwissen, Zusammenhangswissen, prozedurales Wissen sowie metakognitives Wissen. Die zweite Dimension kategorisiert kognitive Prozesse wie Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren, Beurteilen und „Kreieren“ (vgl. Tabelle 4). Die einzelnen Kategorien der zwei genannten Dimensionen sind dabei in Unterkategorien gegliedert: Die Kategorie *Verstehen* (Dimension der kognitiven Prozesse) wird z.B. in die sieben Unterkategorien *Interpretieren, durch ein Beispiel Erläutern, Klassifizieren, Zusammenfassen, Folgern, Vergleichen* sowie *Erklären* eingeteilt.

Tabelle 4: Dimensionen der revidierten Bloom-Taxonomie [nach Anderson et al., 2001]

kognitiver Prozess ►	<i>Remember</i> Erinnern	<i>Understand</i> Verstehen	<i>Apply</i> An- wenden	<i>Analyze</i> Analysieren	<i>Evaluate</i> Beurteilen	<i>Create</i> „Schaffen“
Art des Wissens ▼						
<i>Factual knowledge</i> Faktenwissen						
<i>Conceptual knowledge</i> Zusammenhangswissen						
<i>Procedural Knowledge</i> Prozedurales Wissen						
<i>Metacognitive Knowledge</i> Metakognitives Wissen						

Neben der Unterstützung bei der Planung von Unterricht dient die vorgestellte Taxonomie auch als Hilfsmittel für die Evaluation von Unterricht. Sie wird als Klassifikationsschema für die Entwicklung von Leistungstest und anderen Messinstrumenten eingesetzt (Homepage der Wirtschaftsuniversität Wien, Stand: 2003).

Eine weitere Möglichkeit, kognitive Leistungen von Schülern zu kategorisieren, ist eine hierarchische Anordnung der Lernleistungen. Roth unterscheidet dabei die vier Lernziel-

ebenen *Reproduktion, Reorganisation, Transfer* und *Neuleistungen* (Pfeifer et al., 2002). Unter *Reproduktion* wird die Wiedergabe des Gelernten aus dem Gedächtnis verstanden. Es handelt sich dabei um eine reine Gedächtnisleistung. Die eigene Verarbeitung und Anordnung des Gelernten wird als *Reorganisation* bezeichnet. Bei einem *Transfer* werden erlernte Grundprinzipien auf neue, ähnliche Aufgaben übertragen, während unter *Neuleistungen* produktive, für den Lernenden neuartige Leistungen verstanden werden (Universität Bayreuth, 2004).

Aufgabenformen für die Messung kognitiver Leistungen

Im Bereich der Messung kognitiver Leistungen sind unterschiedlichste schriftliche Bewertungsverfahren denkbar. Tabelle 5 zeigt Beispiele für häufig verwendete Aufgabentypen und gibt Anhaltspunkte, welche Aufgabentypen sinnvollerweise zur Erfassung welcher kognitiver Fähigkeiten eingesetzt werden können.

Der Vorteil freier Aufgabenformen wie Aufgaben mit freier Antwort, Aufsätze oder Portfolios liegt darin, dass das Verständnis der Schüler überprüft wird, da die Lernenden ihre Antworten selbst formulieren müssen (Klauer, 2001). Hinsichtlich der Gütekriterien sind die verschiedenen Aufgabentypen unterschiedlich zu bewerten: Schwierigkeiten treten bei freien Aufgabenformen häufig bei der Auswertung auf. Die Objektivität der Auswertung kann hier ein Problem sein.

Die Objektivität bei der Auswertung ist dagegen der Hauptvorteil von gebundenen Aufgabenformaten wie Lückentext-, Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben. Bei Multiple-Choice-Aufgaben zeigt sich allerdings ein gravierender Nachteil in der Ratemöglichkeit der Schüler. Eingeschränkt werden kann dieses Problem, indem die Testautoren eine größere Anzahl von Alternativantworten formulieren. Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeit, die richtige Antwort geraten zu haben, verringert werden.

Tabelle 5: Häufig verwendete Aufgabentypen zur Überprüfung kognitiver Lernziele (verändert nach Häußler et al., 1998)

Fähigkeiten ►	Wissen von Einzelheiten, Benennungen	Wissen über Begriffe, Theorien	Verstehen von Zusammenhängen	Höhere kognitive Leistungen	Bewerten, Einordnen, Erörtern
Aufgabentyp ▼					
Lückentextaufgaben	+	(-)	-	-	-
Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben	+	+	(+)	(+)	-
Concept Maps	(+)	(+)	+	(-)	-
Aufgaben mit freier Antwort	(+)	(+)	(+)	+	(-)
Aufsätze	(-)	(+)	+	(+)	+
Portfolio-Methode	(-)	(-)	+	+	+

- + Verfahren erscheint geeignet
- (+) Verfahren erscheint bedingt geeignet
- (-) Verfahren erscheint eher ungeeignet
- Verfahren erscheint ungeeignet

EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN

4 Untersuchungsdesign

Die Untersuchung gliedert sich in Pilot- und Hauptstudie: Im Rahmen der Pilotstudie wurde ein Wissenstest entwickelt, der in überarbeiteter und optimierter Form in der Hauptstudie das zentrale Untersuchungsinstrument darstellte.

An der Pilotstudie nahmen 46 Schüler aus fünf gymnasialen Chemiekursen teil, wobei es sich ausschließlich um Kurse des zwölften und dreizehnten Jahrgangs handelte. Die teilnehmenden Schulen befinden sich größtenteils in Schleswig-Holstein, eine Schule in Nordrhein-Westfalen.

Die Pilotstudie fand im Schuljahr 2001/2002 statt. Die Lehrpersonen führten die Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* durch und setzten am Ende der Unterrichtseinheit die Erstfassung des zu entwickelnden Wissenstests ein. Nach Auswertung der Daten der Pilotstudie wurde der Wissenstest überarbeitet, um im folgenden Schuljahr als zentrales Untersuchungsinstrument der Hauptstudie eingesetzt zu werden (vgl. Tabelle 6 sowie Abbildung 9).

Tabelle 6: Chronologie der Untersuchungen, Teil1

Schuljahr 2001/02	Pilotstudie	Durchführung der Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i> ; Einsatz der Erstfassung des Wissenstests am Ende der Unterrichtseinheit
Ende des Schuljahres 2001/02		Auswertung der Pilotstudie; Überarbeitung des Wissenstests
Schuljahr 2002/03	Hauptstudie	Durchführung der Unterrichtseinheit <i>(K)Ein Auto ohne Kunststoffe</i> ; Einsatz des überarbeiteten Wissenstests am Ende der Unterrichtseinheit, in fünf Kursen auch als Vortest; Unterrichtsdokumentation während der gesamten Unterrichtseinheit; Einsatz eines Fragebogens zum Vorwissen der Schüler; Einsatz eines Fragebogens zu den Unterrichtsinhalten

5 Pilotstudie: Entwicklung eines Wissenstests für die Unterrichtseinheit *K(E)in Auto ohne Kunststoffe*

5.1 Ziel der Untersuchung

Ziel der Pilotstudie ist die Entwicklung, Erprobung und anschließende Überarbeitung eines Wissenstests, der in der Hauptstudie als zentrales Untersuchungsinstrument eingesetzt wird, und mit dessen Hilfe der Wissensstand in den für *Chemie im Kontext* bedeutsamen Bereichen *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie ausgewählte kognitive Kompetenzen der Schüler erfasst werden sollen.

Die Ergebnisse der Pilotstudie sind in zweierlei Hinsicht von Interesse: Zentrales Anliegen ist zum einen zu überprüfen, ob der Test für die Hauptstudie einsatzfähig ist. Dazu werden bestimmte „äußere“ Merkmale des Wissenstests, wie zum Beispiel der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, untersucht.

Zum anderen soll untersucht werden, ob der Test bezüglich der oben genannten Bereiche und Kompetenzen beim Abschneiden der Schüler bereits Tendenzen abzubilden vermag.

5.2 Fragestellungen

Aus dem beschriebenen Ziel der Pilotstudie ergeben sich die folgenden Fragestellungen:

Fragestellung 1: Welchen Schwierigkeitsgrad haben die einzelnen Aufgaben?

Fragestellung 2: Ist die Länge des Fragebogens für den Einsatz im Unterricht geeignet?

Fragestellung 3: Sind die Fragen des Tests verständlich?

Fragestellung 4: Ist der Test in der Lage, differenzierte Aussagen über den Lernstand der Schüler zu geben?

5.2.1 Schwierigkeitsgrad der Aufgaben (Fragestellung 1)

Eine Fragestellung der Pilotstudie befasst sich mit dem Schwierigkeitsgrad der Aufgaben. Der Schwierigkeitsgrad einer Testaufgabe kann mithilfe einer Schwierigkeitsanalyse ermittelt werden. Das Ergebnis einer solchen Analyse sind Schwierigkeitsindices für die einzelnen Aufgaben (Lienert, 1994). Der Schwierigkeitsindex einer Testaufgabe berechnet sich nach der Formel $P = 100 \cdot N_R/N$, wobei N_R die Anzahl der Probanden, die die Aufgabe richtig beantwortet haben, widerspiegelt. N bezeichnet die Gesamtzahl der Versuchspersonen. Testaufgaben mit Schwierigkeitsindices von 0-35 sollen in der vorliegenden Arbeit als schwer betrachtet werden. Schwierigkeitsindices von 36-65 deuten auf Aufgaben von mittlerer Schwierigkeit hin, Aufgaben mit Schwierigkeitsindices von 66-100 sind als leicht anzusehen.

Nach Lienert sollten die Aufgaben eines Tests eine mittlere Schwierigkeit aufweisen (Lienert, 1994). Um eine Differenzierung zwischen den Schülern zu ermöglichen, enthält der Test neben mittelschweren auch leichte und schwere Testaufgaben. Etwa zwei Drittel der Testaufgaben werden als mittelschwer konzipiert, das verbleibende Drittel verteilt sich auf leichte und schwere Aufgaben.

5.2.2 Länge des Fragebogens (Fragestellung 2)

Bei dem zu entwickelnden Wissenstest handelt es sich um einen Niveautest, das heißt, der Test beinhaltet sowohl leichte, mittelschwere als auch schwere Testaufgaben. Bei Niveautests soll in der Regel keine Zeitbegrenzung vorgegeben werden (Lienert, 1994). Der zu entwickelnde Wissenstest sollte allerdings so eingesetzt werden können, dass er in ein bis zwei Schulstunden durchführbar ist. Der in der Pilotstudie eingesetzte Test ist bewusst etwas länger gewählt, um im Anschluss an die Auswertung die am besten geeigneten Testaufgaben auswählen zu können. Dabei ist im Rahmen der Pilotstudie zunächst einmal festzustellen, auf welche Weise der Test gekürzt werden kann. Eine genauere Betrachtung der Testzeit folgt in der Hauptstudie (vgl. Kapitel 6.2.1).

5.2.3 Verständlichkeit der Testaufgaben (Fragestellung 3)

Des Weiteren wird untersucht, ob die Testaufgaben für die Versuchspersonen verständlich sind, das heißt, ob die Schüler das antworten, was von der jeweiligen Fragestellung intendiert ist. Dazu soll zum einen eine kommunikative Validierung durchgeführt werden. Zum anderen werden die Schülerantworten der zurückerhaltenen Fragebögen dahingehend untersucht, ob eine nicht korrekte Antwort auf Unkenntnis seitens der Schüler oder auf eine missverständliche Formulierung der Fragestellung zurückzuführen ist. Diese Auswertung der Schülerantworten erfolgt inhaltlich.

5.2.4 Leistungen der Schüler (Fragestellung 4)

Bereits im Rahmen der Pilotstudie wird untersucht, ob der Wissenstest in der Lage ist, das Abschneiden der Schüler hinsichtlich der Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* abzubilden. Der zu entwickelnde Wissenstest orientiert sich an der Struktur von *Chemie im Kontext*: Er kann in die drei Teile *bekannter Kontext*, *Basiskonzepte* (keine Kontext, Dekontextualisierung) und *neuer Kontext* (Rekontextualisierung) gegliedert werden.

Des Weiteren wird im Rahmen der Pilotstudie untersucht, über welche kognitiven Fähigkeiten die Schüler verfügen. Die vierte Fragestellung befasst sich mit dem Abschneiden der Schüler in den Bereichen *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung*, die durch jeweils einen von drei Testabschnitten repräsentiert werden sollen, sowie mit dem Abschneiden der Schüler hinsichtlich verschiedener Kompetenzen, die im Chemieunterricht eine Rolle spielen.

Die vierte Fragestellung der Pilotstudie lässt sich in zwei Unterfragen gliedern:

Fragestellung 4.1: Ist der Test in der Lage, hinsichtlich der Bereiche Kontext, Dekontextualisierung und Rekontextualisierung zwischen den Schülern zu differenzieren?

Fragestellung 4.2: Vermag der Wissenstest hinsichtlich ausgewählter Kompetenzen zwischen den Schülern zu differenzieren?

5.3 Stichprobenbeschreibung

Fünf Lehrer aus Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen führten im Schuljahr 2001/02 die Unterrichtseinheit (K)*Ein Auto ohne Kunststoffe* durch und setzten die erste Fassung des Wissenstests ein. Auf diese Weise wurden Daten von 46 Schülern erhalten.

Die Teilnahme an der Untersuchung war freiwillig. Die an der Pilotstudie teilnehmenden Schulen konnten nicht zufällig ausgewählt werden, da die Durchführung der *Chemie-im-Kontext*-Einheit (K)*Ein Auto ohne Kunststoffe* Voraussetzung für die Beteiligung an der Untersuchung war. Bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse muss deshalb berücksichtigt werden, dass es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um sehr innovationsbereite Lehrer handelte.

Bei den Untersuchungsteilnehmern handelte es sich um Schüler des 12. und 13. Jahrgangs. Von diesen besuchten 56 Prozent einen Grundkurs und 44 Prozent einen Leistungskurs. 53 Prozent der Versuchspersonen waren männlich, während 47 Prozent dem weiblichen Geschlecht angehören.

5.4 Methoden

Als Untersuchungsinstrument der Pilotstudie diente die erste Version des Wissenstests. Der Test wurde im Anschluss an die Unterrichtseinheit (K)*Ein Auto ohne Kunststoffe* eingesetzt. Im Folgenden soll der Test kurz erläutert werden. Eine ausführliche Beschreibung des Tests erfolgt in Kapitel 6.4.1.

5.4.1 Der Wissenstest der Pilotstudie

Die einzelnen Fragen aus dem Test, der in der Pilotstudie eingesetzt wurde, können mithilfe von zwei Strukturierungsmerkmalen beschrieben werden (vgl. Abbildung 10). Ein Strukturierungsmerkmal beschreibt die unterschiedlichen Elemente *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung*, die in einem Unterricht nach *Chemie im Kontext* von großer Bedeutung sind (vgl. Kapitel 2).

Der Test ist so angelegt, dass er auch bestimmte Kompetenzen misst. Ein zweites Strukturierungsmerkmal beschreibt daher im Design unterschiedliche Kompetenzen, die im Chemieunterricht eine Rolle spielen. Zunächst einmal werden den Testaufgaben die Kompetenzen *Zeichnen von Strukturformeln*, *Umgang mit Fachbegriffen*, *Vernetzung von Eigenschaften bzw. Wechselwirkungen mit der Struktur von Stoffen* sowie *Erkennen und Benennen von Wechselwirkungen* zugeordnet. Kompetenzen dieser Art werden in den Lehrplänen der einzelnen Bundesländer gefordert (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein, 1997). Die Auswertung der Pilotstudie

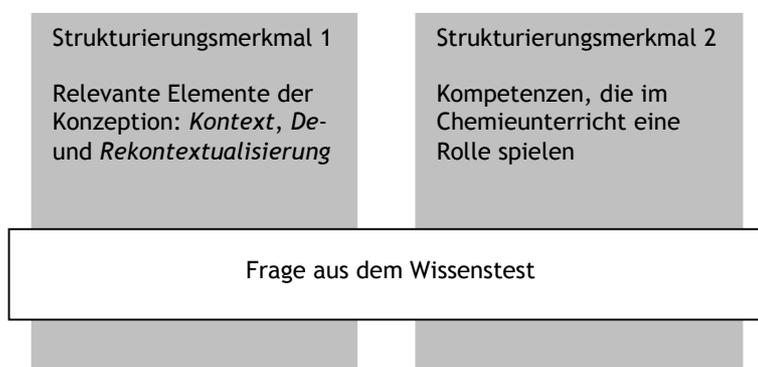


Abbildung 10: Unterschiedliche Strukturierungsmerkmale, mit deren Hilfe die Aufgaben des Wissenstests der Pilotstudie beschrieben werden können

sowie eine im Rahmen der Hauptstudie durchgeführte Faktorenanalyse führen schließlich zu einer endgültigen Definition des zweiten Strukturierungsmerkmals des Wissenstests (vgl. Kapitel 6.4.1).

Der Test der Pilotstudie beinhaltet 16 inhaltsbezogene Items zur Chemie von Kunststoffen sowie sieben Items, die die persönlichen Daten der Schüler betreffen, wie zum Beispiel die Geschlechtszugehörigkeit und die letzte Chemienote. Alle fachlichen Items haben ein offenes Antwortformat. Eingesetzt wurde der Test direkt im Anschluss an die Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe*. Anders als in der Hauptstudie wurde der Wissenstest in der Pilotstudie ausschließlich als Nachtest eingesetzt.

Unter Berücksichtigung fehlender Fragebögen von Schülern, die zum Messzeitpunkt nicht anwesend waren, ergibt sich ein Stichprobenumfang von $N = 46$.

5.4.2 Das Auswertungsverfahren

Für die Auswertung des Wissenstests wurde der Erwartungshorizont einer Testaufgabe in Teilantworten gegliedert. Für die Teilantwort wurde festgestellt, ob sie vollständig und richtig war, ob sie falsch oder unvollständig war oder ob die Teilantwort von einem Schüler gar nicht gegeben wurde. Das bedeutet, dass alle Teilaspekte einer vollständigen und korrekten Antwort als einzelne Items gewertet werden. Die Korrektur dieser einzelnen Items unterliegt einer besonderen Strenge. Es gibt nur richtige oder falsche Antworten:

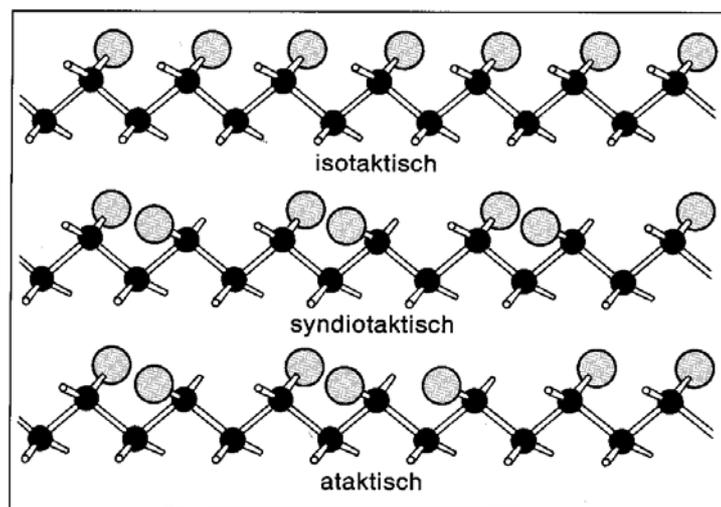


Abbildung 11: Abbildung aus dem zweiten Teil des Tests zur Taktizität von Polystyrol [Asselborn et al., 1998]

Halbrichtige Antworten werden als falsch gewertet. Das folgende Beispiel soll das geschilderte Vorgehen verdeutlichen (vgl. Abbildung 12): In Aufgabe 4.1 im zweiten Teil des Tests wird den Schülern eine Abbildung präsentiert, in der der Kunststoff Polystyrol in unterschiedlicher Taktizität abgebildet ist (vgl. Abbildung 11). Die Probanden sollen erklären, weshalb isotaktisches Polystyrol eine größere Dichte besitzt als ataktisches Polystyrol. Als Antwort wird erwartet, dass die Schüler zum einen beschreiben, dass die Seitengruppen beim isotaktischen Polystyrol regelmäßiger angeordnet sind als beim ataktischen Polystyrol (Teilantwort 4.1a).

Zum anderen sollen die Schüler aus der Taktizität folgern, dass sich die Moleküle des isotaktischen Polystyrols dichter zusammenlagern können als die Moleküle des ataktischen

Aufgabe 4.1 aus dem zweiten Teil des Fragebogens: „Erklären Sie, weshalb isotaktisches Polystyrol eine größere Dichte hat als ataktisches Polystyrol.“		
Erwartungshorizont	Teilantwort a (Item 1) „Isotaktisches Polystyrol ist regelmäßiger angeordnet als ataktisches Polystyrol.“	<input checked="" type="checkbox"/> Vollständig und richtig? <input type="checkbox"/> Falsch oder teilrichtig? <input type="checkbox"/> Keine Antwort?
	Teilantwort b (Item 2) „Isotaktisches Polystyrol kann sich dichter zusammenlagern als ataktisches Polystyrol.“	<input checked="" type="checkbox"/> Vollständig und richtig? <input type="checkbox"/> Falsch oder teilrichtig? <input type="checkbox"/> Keine Antwort?

Abbildung 12: Vorgehen bei der Auswertung des Tests im Rahmen der Pilotstudie

Polymers (Teilantwort 4.1b). Für jede der zwei Teilantworten wurde untersucht, ob sie richtig oder falsch war oder ob der Teil der Antwort gar nicht berücksichtigt wurde.

5.5 Ergebnisse

Im Folgenden sollen die Ergebnisse, die sich durch den Einsatz des Wissenstests im Rahmen der Pilotstudie ergaben, vorgestellt werden. Die Darstellung der Ergebnisse orientiert sich dabei an den in Kapitel 5.2 formulierten Fragestellungen.

5.5.1 Schwierigkeitsgrad der Aufgaben (Fragestellung 1)

Anhand einer Schwierigkeitsanalyse wurden leichte, mittelschwere und schwere Aufgaben des Wissenstests identifiziert (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Kennwerte der einzelnen Testaufgaben: Antwortteile (Items), gültige und fehlende Werte, Mittelwerte des prozentualen Anteils richtig gelöster Aufgaben, Standardabweichungen, Schwierigkeitsgrad.

Test-aufgabe	Antwortteile (= Items)	Gültige Antworten	Fehlende Antworten	M	SD	Schwierigkeitsgrad
I 1.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln	36	10	.67	.48	leicht
I 2.1	Definition des Begriffs <i>Wärmeformbeständigkeit</i>	46	0	.80	.40	leicht
I 2.2	Kunststoffklasse nennen	46	0	.63	.49	mittelschwer
I 2.3	a) Begründen, weshalb es sich bei der in Aufgabe 2.2 genannten Kunststoffklasse um die am wenigsten wärmeformbeständige handelt. Nennen der WW	46	0	.50	.51	mittelschwer
	b) WW mit den Eigenschaften vernetzen	46	0	.43	.50	mittelschwer
I 3.1	a) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu zwei Kunststoffen	37	9	.59	.50	mittelschwer
	b) Begründung	35	11	.37	.49	mittelschwer
	c) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu zwei Kunststoffen	35	11	.60	.50	mittelschwer
	d) Begründung	32	14	.50	.51	mittelschwer
II 1.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln	33	13	.79	.42	leicht
II 1.2	Reaktionstyp nennen	42	4	.69	.47	leicht
II 1.3	Zuordnung von Schmelzpunkten zu abgebildeten Polymeren	39	7	.62	.49	mittelschwer

II 1.4	Begründung der Zuordnung von Aufgabe 1.3	39	7	.31	.47	schwer
II 2.1a	a) Besitzen zwei Polymere unterschiedliche Eigenschaften, ja oder nein?	36	10	.67	.48	leicht
	b) Bindungsverhältnisse der Polymere beschreiben	35	11	.57	.50	mittelschwer
	c) Bindungsverhältnisse mit der Struktur in Zusammenhang bringen	35	11	.71	.46	leicht
II 3.1	a) Wärmeverhalten der drei Kunststoffklassen vergleichen	43	3	.65	.48	mittelschwer
	b) Begründung d. Wärmeverhaltens mit Vernetzungsgrad	43	3	.44	.50	mittelschwer
	c) Elastizität der Kunststoffklassen vergleichen	43	3	.53	.50	mittelschwer
II 4.1	a) Beschreibung von isotaktischem und ataktischem Polystyrol	37	9	.68	.47	leicht
	b) Aus Taktizität auf Eigenschaften folgern	37	9	.70	.46	leicht
III 1.1	Darlegen, weshalb sich Nylon als Textilfaser eignet	37	9	.70	.46	leicht
III 1.2	a) Definition von "Verstrecken"	34	12	.47	.51	mittelschwer
	b) Wechselwirkungen erkennen	34	12	.24	.43	schwer
	c) Struktur von Nylon mit den Eigenschaften in Zusammenhang bringen	34	12	.35	.49	schwer
III 2.1	a) Wechselwirkungen erkennen	33	13	.24	.44	schwer
	b) Waschen eines Sporthemdes, Begründung	32	14	.44	.50	mittelschwer
III 3.1	a) Zuordnung einer von drei Abbildungen zur Spinnenseide	34	12	.47	.51	mittelschwer
	b) Zuordnung der kristallinen Bereiche zur Eigenschaft Reißfestigkeit	33	13	.48	.51	mittelschwer
	c) Zuordnung der amorphen Bereiche zur Elastizität	33	13	.21	.42	schwer
	d) Begründung von 3.1b	33	13	.36	.49	mittelschwer
	e) Begründung von 3.1c	33	13	.06	.24	schwer
III 4.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln	20	26	.70	.47	leicht

Die römischen Zahlen I, II und III bei der Aufgabenbezeichnung beziehen sich auf die drei Teile des Wissenstests. Der Mittelwert und daraus resultierend auch der Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben beinhaltet nur die gültigen Antworten. Fehlende Werte sind hier nicht berücksichtigt.

Schwere Testaufgaben

Die Auswertung ergibt, dass sechs der insgesamt 33 Teilantworten dem Schwierigkeitsgrad „schwer“ zuzuordnen sind (vgl. Tabelle 7).

Bei diesen Antwortteilen geht es ausnahmslos darum, Wechselwirkungen zu erkennen und/oder diese mit Eigenschaften der Stoffe zu vernetzen. Diese als schwer klassifizierten Aufgaben sind fast ausschließlich im dritten Teil des Fragebogens zu finden, lediglich eine dieser Testaufgaben stammt aus dem zweiten Teil des Tests, im ersten Testteil wird keine der Aufgaben als schwer klassifiziert.

Bei der Aufgabe 1.4 des zweiten Teils waren die Schüler aufgefordert zu erklären, weshalb sie vorgegebene Schmelzbereiche zwei dargestellten Polymeren zugeordnet haben. Dabei sollten die Schüler in ihrer Antwort darauf hinweisen, dass zwischen den Molekülen des einen Polymers stärkere Wechselwirkungen herrschen als zwischen den Molekülen des anderen Kunststoffes. Viele der Lernenden haben die unterschiedlichen Schmelzbereiche auf die Benzolringe des einen Polymers zurückgeführt, nicht aber auf die Ausbildung von Wasserstoffbrückenbindungen, was die zu erwartende Antwort gewesen wäre. Einige Schüler haben in ihrer Antwort geschrieben, dass C-C-Bindungen kürzer und stabiler als C-N-Bindungen seien. Häufig wurden auch Fehlvorstellungen deutlich: So wurde z. B. der Schmelzvorgang auf das Reißen der Polymerkette zurückgeführt.

In der Aufgabe 1.2 im dritten Teil des Tests geht es um das Verstrecken von Textilfasern. In einem einleitenden Text wird darauf hingewiesen, dass die Reißfestigkeit der Faser durch den Vorgang des Verstreckens deutlich erhöht wird. Als Antwort wurde erwartet, dass die Schüler den Begriff *verstrecken* definieren (Teilantwort a) und anschließend erklären, welche Auswirkungen das Verstrecken auf molekularer Ebene hat (Teilantworten b und c). Das Definieren des Begriffes *verstrecken* kann als mittelschwer klassifiziert werden, da die Ergebnisse dieses Aufgabenteils einen Mittelwert von .47 ergeben. Bei der auf die Definition des *Verstreckens* folgenden Erklärung ergaben sich für den Antwortteil b) ein Mittelwert von .24 und für den Antwortteil c) ein Mittelwert von .35. Sowohl Teil b) als auch Teil c) der Antwort zu Aufgabe III 1.2¹ können daher als schwer bezeichnet werden. Die Lernenden sollten darauf eingehen, dass die Moleküle durch das Verstrecken besser in Wechselwirkung treten können und dass sich dadurch die Festigkeit der Faser erhöht.

¹ Die römischen Zahlen bei der Aufgabenbezeichnung beziehen sich auf die drei Teile des Wissenstests.

In den meisten Fällen wurde gar kein Versuch der Erklärung unternommen, in anderen Fällen ergaben sich die Fehler aus der vorangegangenen, nicht korrekten Definition von *verstrecken*. Häufig wurde auch durch ein einfaches Fragezeichen zum Ausdruck gebracht, dass die Frage nicht beantwortet werden konnte.

Der Erwartungshorizont von Aufgabe 3.1 im dritten Teil des Fragebogens gliedert sich in fünf Teilantworten. In einem einleitenden Text werden die außergewöhnlichen Eigenschaften von Spinnenseide beschrieben. Die Schüler sollen eine von drei abgebildeten Strukturen den Eigenschaften der Spinnenseide zuordnen und anschließend ihre Entscheidung begründen. Die Antwortteile c) und e) wurden als schwer identifiziert. Es zeigte sich, dass die amorphen Bereiche häufig nicht mit der Eigenschaft der Elastizität in Verbindung gebracht wurden. Die Struktur und die Wechselwirkungen konnten demnach nicht immer mit den beschriebenen Eigenschaften vernetzt werden.

Leichte Testaufgaben

Zehn von insgesamt 33 Antwortteilen werden durch die Schwierigkeitsanalyse als leicht identifiziert (vgl. Tabelle 7). Sechs dieser Teilantworten können dem zweiten Testteil, jeweils zwei Teilantworten dem ersten und dritten Teil des Wissenstests zugeordnet werden. Bei den Aufgaben 1.1 des ersten und zweiten sowie Aufgabe 4.1 des dritten Teils des Wissenstests geht es um die Vervollständigung von Reaktionsgleichungen. Jede dieser drei Aufgaben fiel, wie die Schwierigkeitsanalyse zeigt, den Schülern leicht. Da die Schüler einen traditionellen Chemieunterricht gewohnt sind, ist dieses Ergebnis erwartungskonform.

Aufgabe 2.1 im zweiten Teil des Tests fordert die Schüler auf, die unterschiedlichen Eigenschaften von zwei Polymeren zu erklären. Den Schülern fiel es leicht zu erklären, dass der eine Kunststoff linear und der andere Kunststoff vernetzt ist (Teilantworten a) und c)). Teil b) der Antwort wurde dagegen als mittelschwer identifiziert. Hier sollten die Schüler den Vernetzungsgrad der Kunststoffe auf die unterschiedliche Anzahl der funktionellen Gruppen zurückführen.

Aufgabe 4.1 aus dem zweiten Teils des Fragebogens konnte ebenfalls insgesamt als leicht betrachtet werden. Hier ging es um die Taktizität von Kunststoffen (vgl. Kapitel 5.4.2).

Mittelschwere Testaufgaben

Der größte Anteil der Aufgaben im Wissenstest kann mithilfe der Schwierigkeitsanalyse als mittelschwer gekennzeichnet werden. Von 33 Antwortteilen haben sich 17 als mittelschwer herausgestellt (vgl. Tabelle 7): Sieben der mittelschweren Teilantworten stammen aus dem ersten Teil des Wissenstests und je fünf aus dem zweiten und dritten Testteil.

Bei sechs dieser als mittelschwer klassifizierten Teilantworten sollten die Schüler abgebildeten Strukturen bestimmte Eigenschaften zuordnen, wie z.B. in Aufgabe 3.1 des dritten Teils des Wissenstests, bei der es um die Eigenschaften und Strukturen von Spinnenseide geht (vgl. *Schwere Testaufgaben*).

Der größte Teil der mittelschweren Teilantworten erfordert eine Vernetzung von Eigenschaften mit den jeweiligen Strukturen. In der Aufgabe 2.1 im dritten Teil des Fragebogens sollten die Schüler zum Beispiel erörtern, ob ein Sporthemd, das aus Baumwolle und Polypropen besteht, bei 90°C gewaschen werden darf. Es wurde erwartet, dass die Schüler die schwachen Wechselwirkungen des Polypropens erkennen (Teilantwort a) und anschließend diese Wechselwirkungen mit den Eigenschaften bei hohen Waschttemperaturen vernetzen (Teilantwort b).

Die meisten Schüler, die im Antwortteil a) schlecht abgeschnitten haben, sind auf die Wechselwirkungen nicht eingegangen.

5.5.2 Länge des Fragebogens (Fragestellung 2)

Im Hinblick auf die Länge des Wissenstests kann die Anzahl fehlender Schülerantworten wichtige Hinweise geben. Es fällt auf, dass die Fehlzahlen im dritten Teil des Fragebogens höher liegen als im ersten und zweiten Teil (vgl. Tabelle 7, Seite 47). Im ersten Teil des Wissenstests fehlen durchschnittlich 13 Prozent möglicher Teilantworten. Im zweiten Teil des Fragebogens sind es durchschnittlich 16 Prozent an fehlenden Teilantworten, während im dritten Testteil durchschnittlich 23 Prozent möglicher Teilantworten von den Schülern nicht gegeben wurden. Die Aufgabe 4.1 des dritten Testteils fällt mit einer Anzahl von 26 fehlenden Antworten besonders stark ins Auge.

Neben der Anzahl fehlender Schülerantworten können auch Kommentare von Schüler- oder Lehrerseite hinsichtlich der Testlänge zur Beantwortung der Fragestellung mitunter

deutlich Hinweise geben. So wurden des Öfteren Kommentare wie „*Viel zu lang!!!!*“ oder „*Zeitmangel!!!*“ von den Schülern auf den Fragebögen vermerkt.

Ob die Fehlzahlen auf Zeitmangel zurückgeführt werden können und auf welche Weise der Wissenstest gekürzt werden soll, kann nur in Zusammenhang mit den Fragestellungen 1 und 3 beantwortet werden und ist Gegenstand der Diskussion.

5.5.3 Verständlichkeit der Testaufgaben (Fragestellung 3)

Vor dem Einsatz des Wissenstests in der Pilotstudie wurde mit vier Schülern eine kommunikative Validierung der Testaufgaben durchgeführt, um das Itemverständnis zu überprüfen. Des Weiteren wurden die Testitems mit Fachdidaktikern und Lehrern sowie mit einem Mitglied der *Salters*-Projektgruppe diskutiert. Nach einer ersten Überarbeitung der Testaufgaben und dem Einsatz des Fragebogens in der Pilotstudie wurde das Itemverständnis noch einmal inhaltlich untersucht.

Dabei wies das Antwortverhalten der Probanden bei einigen Teilantworten des Wissenstests darauf hin, dass die Fragestellung missverständlich war oder dass die Frage nicht präzise genug formuliert wurde. Im Hinblick auf die Verständlichkeit der Testaufgaben wurden die als schwer identifizierten Antwortteile genauer betrachtet. Dabei zeigte sich, dass die Testaufgaben verstanden wurden, dass allerdings die Fragestellungen häufig nicht kleinschrittig genug formuliert waren.

In der Aufgabe 2.1 im dritten Teil des Fragebogens sollten die Schüler beispielsweise erörtern, ob ein Sportheemd, das aus Baumwolle und Polypropen besteht, bei 90°C gewaschen werden darf (vgl. Kapitel 2.5.1, *Mittelschwere Testaufgaben*).

Die meisten Schüler, die die Frage 2.1 nicht vollständig richtig beantwortet haben, sind nicht auf die Wechselwirkungen eingegangen. So lautete zum Beispiel die Antwort eines Schülers „*Es darf nicht so heiß gewaschen werden, da die zwei Lagen dann aufgrund einer chemischen Reaktion verkleben könnten.*“ Frage 2.1 ist demnach nicht deutlich genug gestellt worden, an dieser Stelle ist es also nötig, in der Aufgabenstellung die Strukturebene des Polypropens zu erwähnen.

Bei der Aufgabe 1.4 des zweiten Teils waren die Schüler aufgefordert, anhand der Molekülstrukturen zu erklären, weshalb sie vorgegebene Schmelzbereiche zwei dargestellten Polymeren zugeordnet haben. Die Antworten zu dieser Frage waren zwar fachlich nicht

korrekt (vgl. Kapitel 2.5.1, *Schwere Testaufgaben*), aber sie lassen erkennen, dass die Schüler versucht haben, die Eigenschaften anhand der Molekülstrukturen zu erklären. Aufgabe 1.4 wurde demnach prinzipiell verstanden.

Bei der Aufgabe 1.2 des dritten Fragebogenteils geht es um das Verstrecken von Textilfasern (vgl. Kapitel 2.5.1, *Schwere Testaufgaben*). Es wurde erwartet, dass die Probanden darauf eingehen, dass die Moleküle durch den Vorgang des Verstreckens besser in Wechselwirkung treten können und dass sich dadurch die Festigkeit der Faser erhöht. Meistens wurde auf diesen Zusammenhang gar nicht eingegangen. Wenn doch, ergaben sich die Fehler aus der vorangegangenen nicht korrekten Begriffsdefinition.

Bei der Frage 3.1 im dritten Teil des Fragebogens wurden in einem einleitenden Text die außergewöhnlichen Eigenschaften von Spinnenseide beschrieben (vgl. Kapitel 2.5.1, *Schwere Testaufgaben*). Es zeigt sich, dass die amorphen Bereiche häufig nicht mit der Eigenschaft der Elastizität vernetzt wurden.

5.5.4 Leistungen der Schüler (Fragestellung 4)

Leistungen bezüglich der Bereiche Kontext, Dekontextualisierung und Rekontextualisierung (Fragestellung 4.1)

Der Wissenstest gliedert sich in drei Abschnitte. Im ersten Teil des Tests werden Fragen zu dem aus der Unterrichtseinheit bekannten Kontext *Auto* gestellt, im zweiten Teil sollen die Schüler Fragen zur „reinen“ Kunststoffchemie beantworten (*Dekontextualisierung*), während die Probanden im dritten Teil des Tests Fragen zu einem unbekanntem Kontext (hier: *Textilien*) beantworten sollen (*Rekontextualisierung*) (vgl. Kapitel 5.4.1).

Betrachtung der gesamten Stichprobe

Im ersten Teil des Wissenstests, in dem es um den bekannten Kontext *Auto* geht, zeigt ein Mittelwert von 4.59, dass im Mittel fünf von neun Aufgaben richtig gelöst wurden.

Die Standardabweichung von 2.41 weist darauf hin, dass die Streuung groß ist.

Es gab sowohl Schüler, die nur eine, als auch Schüler, die alle Aufgaben des ersten Fragebogens richtig gelöst haben.

Im zweiten Teil des Fragebogens ergab sich ein Mittelwert von 6.36. Dies bedeutet, dass im Schnitt sechs von zwölf Aufgaben richtig gelöst wurden.

Die Standardabweichung von 2.78 zeigt, dass die Streuung auch hier groß ist.

Es gab Schüler, die nur eine, aber auch Schüler, die alle Aufgaben des zweiten Teils richtig gelöst haben.

Im dritten Teil des Fragebogens zeigt ein Mittelwert von 3.78, dass im Durchschnitt vier von elf Aufgaben richtig gelöst wurden.

Die Standardabweichung von 2.96 zeigt, dass die Streuung ebenfalls groß ist.

Es gab Schüler, die keine, aber auch Schüler, die elf von zwölf Aufgaben des dritten Teils richtig gelöst haben.

Abbildung 13 verdeutlicht noch einmal die Ergebnisse. In den ersten beiden Teilen des Fragebogens lösten die Schüler durchschnittlich etwa 50 Prozent der Testaufgaben, im dritten Teil des Tests etwa 30 Prozent.

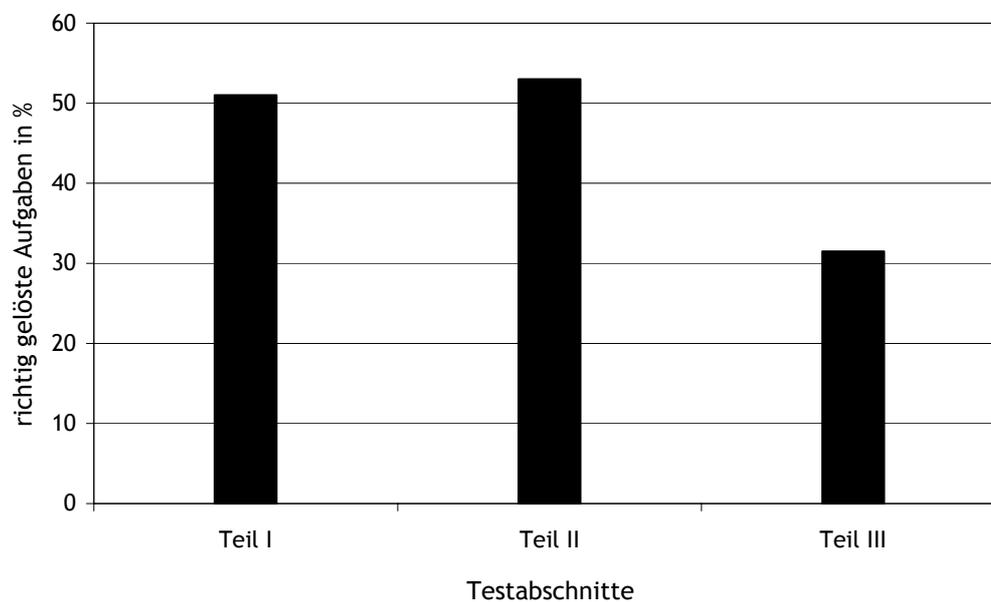


Abbildung 13: Vergleich der einzelnen Testabschnitte über alle Kategorien. Betrachtung der gesamten Stichprobe.

Betrachtet man Tabelle 7 (Kapitel 2.5.1), fällt auf, dass im dritten Teil des Fragebogens nicht nur weniger Testaufgaben vollständig und richtig beantwortet wurden, sondern dass auch die Fehlzahlen höher liegen als im ersten und zweiten Teil.

Ein T-Test bezüglich Geschlechterdifferenzen zeigt, dass sich Jungen und Mädchen in ihren Leistungen nicht unterscheiden, Testteil 1: $t_{(43)} < 1$; Testteil 2: $t_{(42)} = 1.36$, $p > .10$; Testteil 3: $t_{(38)} < 1$.

Vergleich von Grund- und Leistungskursen

Ein Vergleich von Grund- und Leistungskursschülern zeigt, dass bezogen auf den zweiten und dritten Fragebogenteil signifikante Unterschiede bestehen. Während die Grundkurse im zweiten Teil des Tests durchschnittlich fünf bis sechs von zwölf Aufgaben lösen konnten, bearbeiteten die Leistungskurse durchschnittlich sieben Aufgaben richtig, $t_{(42)} = -2.09$; $p < .05$. Im dritten Teil des Fragebogens lösten die Grundkurse durchschnittlich zwei bis drei, die Leistungskurse fünf von zwölf Aufgaben $t_{(38)} = -2.87$; $p < .01$. Die Schüler der Leistungskurse schneiden in allen Teilen des Fragebogens besser ab als die Schüler der Grundkurse, wie Abbildung 14 zeigt.

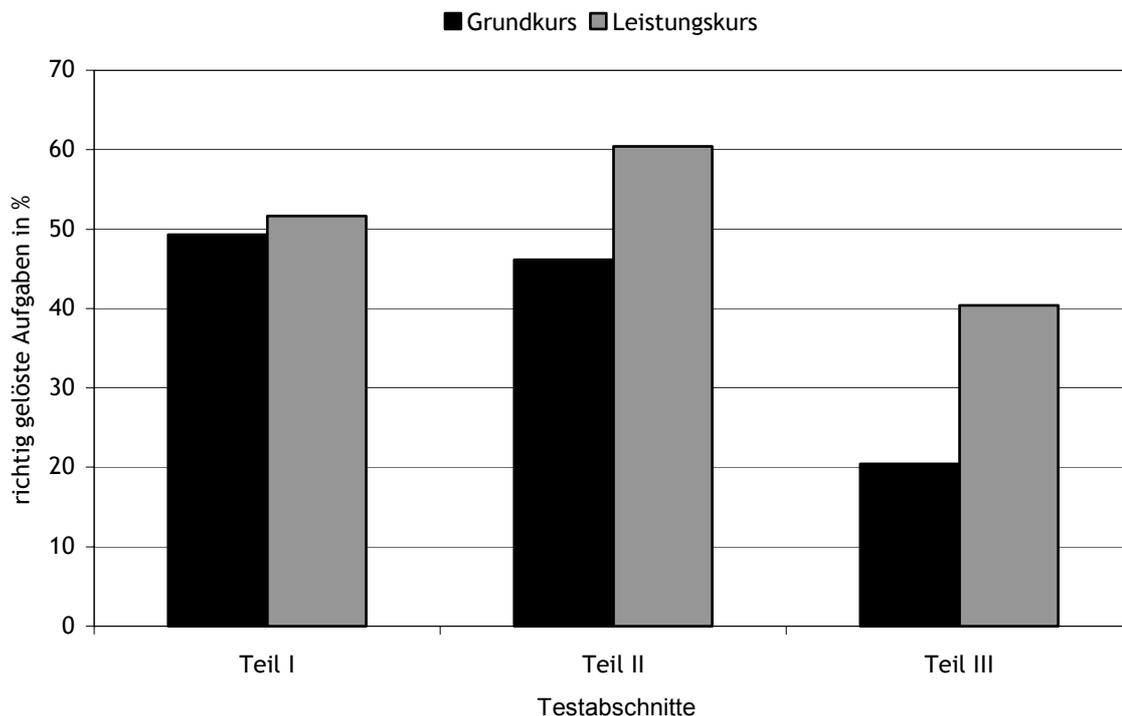


Abbildung 14: Vergleich von Grund- und Leistungskursen bezüglich der drei Testabschnitte.

Vergleich der einzelnen Chemiekurse

Abbildung 15 zeigt einen Vergleich der unterschiedlichen Testgruppen bezüglich des Abschneidens in den drei Teilen des Fragebogens.

Die Chemiekurse 1, 4 und 5 schnitten im ersten Teil des Fragebogens besser ab als im zweiten und im dritten Teil. Die Versuchsgruppen 2 und 3 konnten dagegen im zweiten Teil des Fragebogens mehr Aufgaben richtig lösen als im ersten und dritten Teil des Tests.

Im ersten Teil des Fragebogens beantwortete die Versuchsgruppe 5, im zweiten und dritten Teil des Fragebogens hat die Versuchsgruppe 2 die meisten Aufgaben richtig. Auffällig ist, dass die Versuchsgruppen 2 und 3 in dem Testteil, in dem es um den neuen Kontext *Textilien* geht, besser abschnitten als im ersten Teil des Fragebogens.

Die Versuchsgruppen 1 und 4 konnten im dritten Teil des Fragebogens auffällig wenig Fragen vollständig und richtig beantworten.

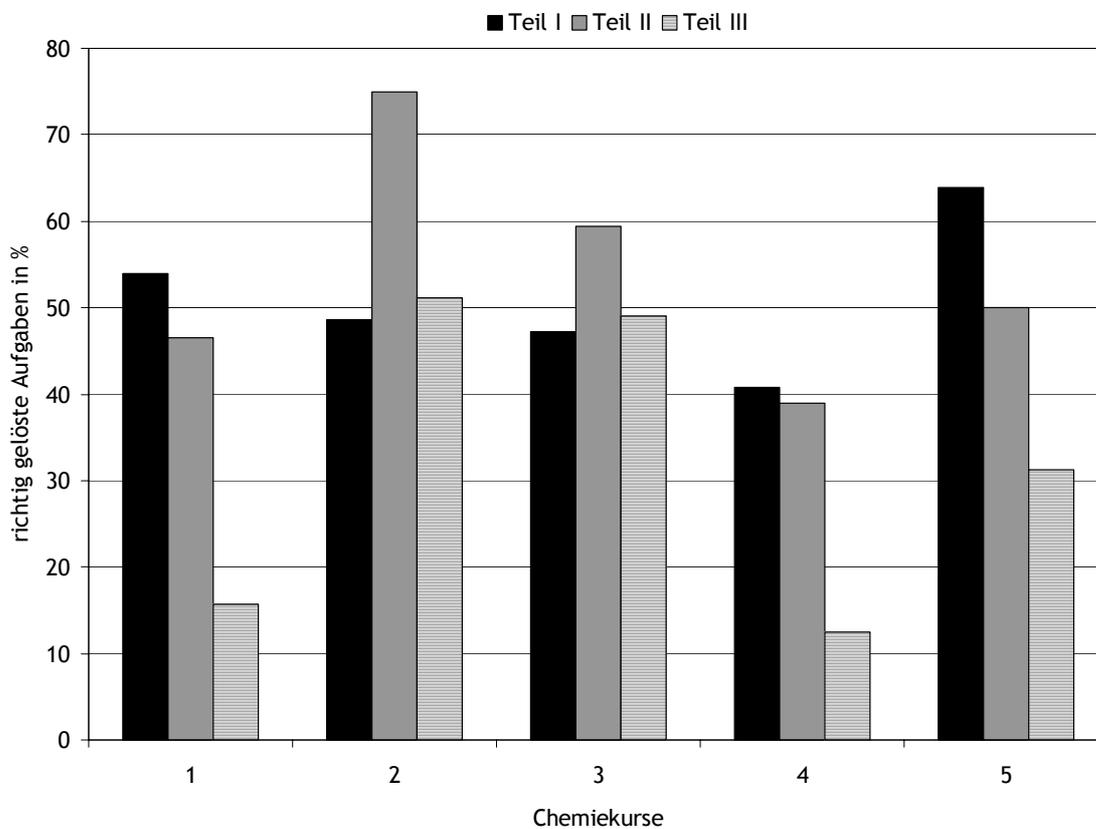


Abbildung 15: Vergleich der einzelnen Fragebogenteile für die einzelnen Chemiekurse; Summe gegebener Teilantworten in Prozent.

Leistungen bezüglich verschiedener Kompetenzen (Fragestellung 4.2)

Die Fragen aus dem Wissenstest der Pilotstudie lassen sich folgenden Kategorien zuordnen: *Zeichnen von Strukturformeln, Umgang mit Fachbegriffen, Vernetzung von Eigenschaften bzw. Wechselwirkungen mit der Struktur von Stoffen sowie Erkennen und Benennen von Wechselwirkungen.*

Betrachtung der gesamten Stichprobe

Vergleicht man die Summe gelöster Aufgaben in den einzelnen Kategorien, so zeigt sich, dass die Probanden in erster Linie die Aufgaben zum *Vernetzen von Strukturen oder Wechselwirkungen mit Eigenschaften* und Aufgaben zum *Erkennen bzw. Nennen von Wechselwirkungen* häufig nicht richtig beantwortet haben.

Testaufgaben, die den Kategorien *Zeichnen von Strukturformeln* oder *Nennen von Fachbegriffen* zugeordnet werden können, wurden von den Schülern wesentlich häufiger richtig gelöst (vgl. Abbildung 16).

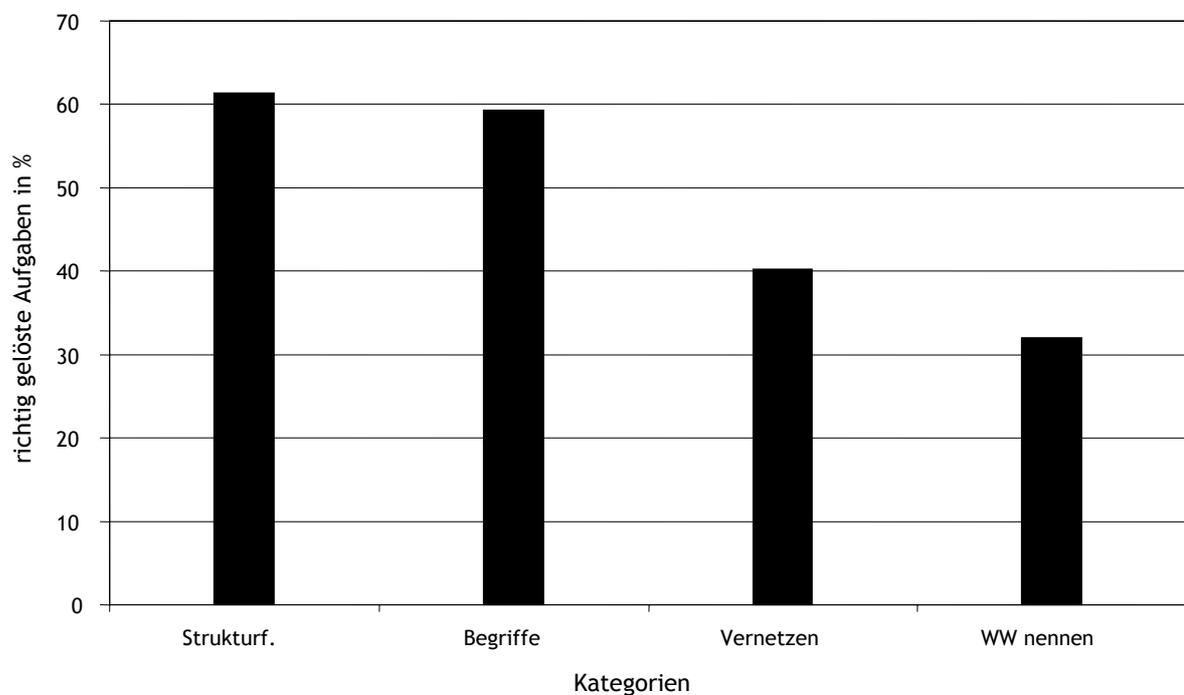


Abbildung 16: Vergleich der einzelnen Kategorien. Betrachtung der gesamten Stichprobe.

Vergleich von Grund- und Leistungskursen

Ein Vergleich von Grund- und Leistungskurschülern zeigt, dass auch bezogen auf die Kategorien deutliche Unterschiede bestehen. Eine Betrachtung der Mittelwerte (vgl. Tabelle 7) macht wieder deutlich, dass die Schüler der Leistungskurse hinsichtlich aller Kategorien besser abschneiden (vgl. Abbildung 17). Besonders auffällig sind die Leistungsunter-

schiede hinsichtlich der Kategorien *Zeichnen von Strukturformeln* sowie *Umgang mit Fachbegriffen*. In beiden Fällen lösten die Leistungskurse durchschnittlich 77 Prozent der Testaufgaben, während die Grundkurse durchschnittlich 45 bzw. 44 Prozent der entsprechenden Fragen richtig beantworteten, diese Unterschiede sind signifikant (*Zeichnen von Strukturformeln*: $t(40)=-2.91$; $p<.01$; *Umgang mit Fachbegriffen*: $t(43)=-4.83$; $p<.001$).

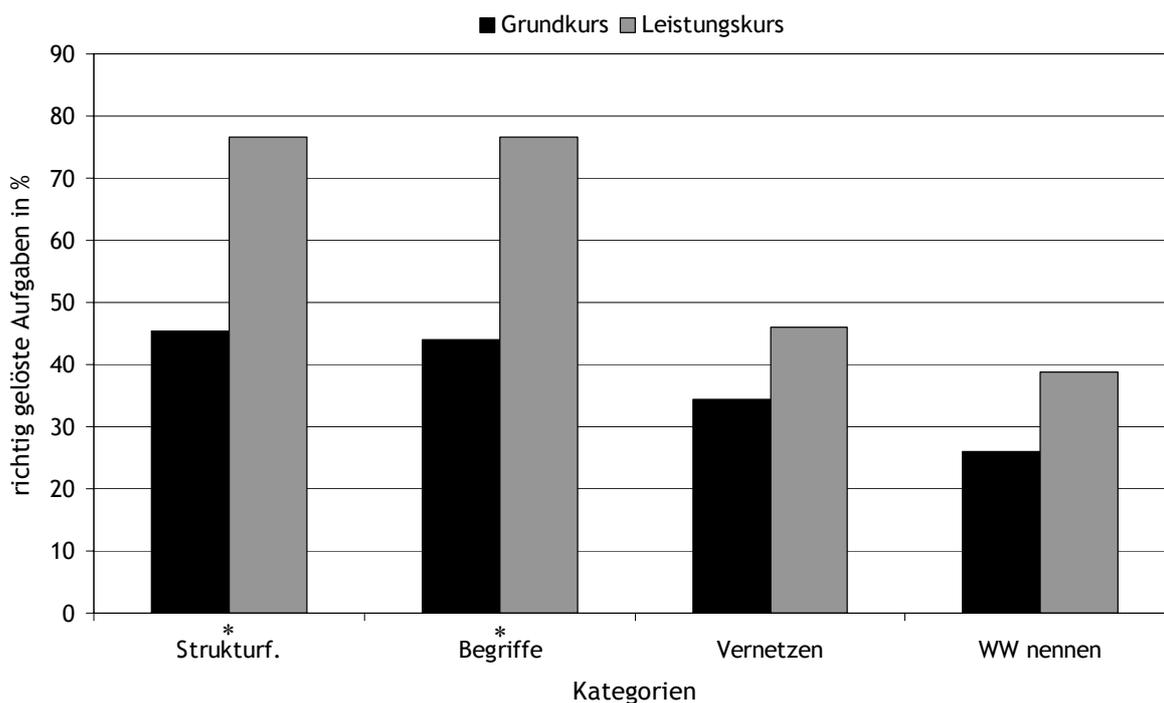


Abbildung 17: Vergleich von Grund- und Leistungskursen bezüglich der verschiedenen Kategorien.

Vergleich der einzelnen Chemiekurse

Abbildung 18 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Versuchsgruppen bezüglich des Abschneidens in den vier Kategorien.

In den Kategorien *Zeichnen von Strukturformeln* sowie *Verwenden von Fachbegriffen* wurden in allen Chemiekursen die höchsten Lösungswahrscheinlichkeiten erreicht. Der Chemiekurs mit der Nummer 2 löste in der Kategorie *Zeichnen von Strukturformeln* sogar 96 Prozent der Testaufgaben.

Von den Testaufgaben, die der Kategorie *Erkennen und Nennen von Wechselwirkungen* zugeordnet werden können, wurden durchgängig die wenigsten Aufgaben richtig gelöst. Keiner der teilnehmenden Kurse erreichte hier eine Lösungswahrscheinlichkeit von 40 Prozent. Die Kurse 1, 2 und 4 lösten nicht einmal 30 Prozent dieser Testaufgaben.

Die Versuchsgruppen 2, 3 und 5 fallen dadurch auf, dass sie vor allem bei den Strukturformeln und den Begriffen besonders gut abschnitten. Die Versuchsgruppen 1 und 4 schnitten insgesamt schlechter ab.

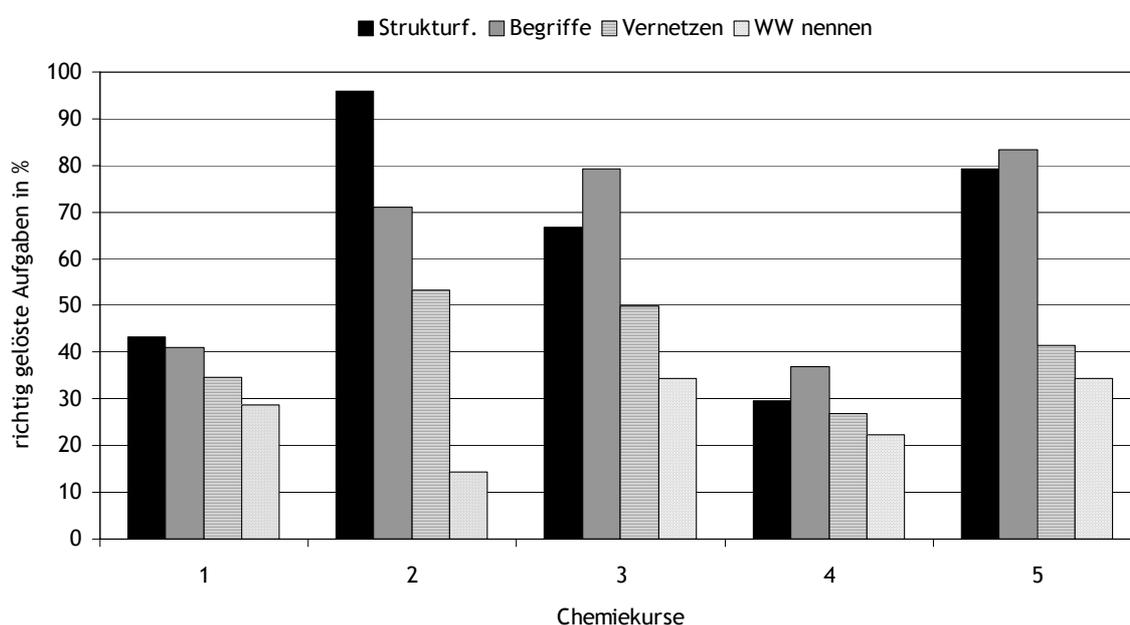


Abbildung 18: Vergleich der einzelnen Kategorien bei den verschiedenen Chemiekursen.

5.6 Diskussion der Pilotstudie

Aus den Ergebnissen der Pilotstudie ergeben sich mehrere Konsequenzen für die Überarbeitung des Tests. In diesem Kapitel sollen die am Wissenstest vorgenommenen Änderungen ausführlich dargestellt werden.

Bei der Formulierung der Fragestellungen wurde bezüglich des Schwierigkeitsgrads der Testaufgaben erwähnt, dass zwei Drittel der Testaufgaben mittelschwer sein sollten. Die Auswertung ergab, dass 17 von 33 Teilaufgaben, also 52 Prozent, als mittelschwer identi-

fiziert werden konnten. Das bedeutet, dass der Anteil leichter und schwerer Aufgaben gegebenenfalls reduziert bzw. der Anteil mittelschwerer Aufgaben erhöht werden muss.

Hinsichtlich der Länge des Fragebogens fordern die Untersuchungsergebnisse eine generelle Kürzung des Fragebogens.

Darüber hinaus sollten bestimmte Testaufgaben umformuliert werden, um Missverständnisse bei der Bearbeitung der Aufgaben zu vermeiden.

Optimierungen im ersten Teil des Tests

Der erste Teil des Fragebogens behandelt den aus der Unterrichtseinheit bekannten Kontext *Auto*. Er beinhaltet fünf Aufgaben, die sich in neun Testitems gliedern lassen. Eine Schwierigkeitsanalyse ergab, dass sieben dieser Items als mittelschwer und zwei Items als leicht identifiziert wurden.

Aufgabe 1.1 des ersten Testteils, bei der die Schüler aufgefordert werden, eine Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln zu zeichnen, soll im Prinzip bestehen bleiben. Sie soll sich allerdings mehr an dem vorhandenen Unterrichtsmaterial orientieren, um zu gewährleisten, dass es sich nicht um eine Rekontextualisierungsaufgabe handelt. Um sicher zu gehen, dass die Schüler die im einleitenden Text genannten Edukte kennen, werden diese als Strukturformeln abgebildet. Die Aufgabe konzentriert sich somit auf die funktionellen Gruppen und deren Reaktion.

Aufgabe 2.1 wird aus dem Test entfernt, da „Wärmeformbeständigkeit“ keinen im Unterricht gebräuchlichen Begriff darstellt. Die Kenntnis dieses Begriffs ist jedoch Voraussetzung, wenn der erste Teil des Fragebogens den Bereich *bekannter Kontext* repräsentieren soll.

Aus dem Fehlen von Aufgabe 2.1 folgt, dass die Aufgaben 2.2 und 2.3 geringfügig geändert werden müssen, da sie sich ursprünglich auf Aufgabe 2.1 bezogen. In Aufgabe 2.2 sollen die Schüler die Kunststoffklasse mit der geringsten Wärmeformbeständigkeit nennen. Aufgabe 2.3 fordert eine Begründung für die Entscheidung für die genannte Kunststoffklasse. In der neuen Testversion sollen sich diese Aufgaben auf die nun unmittelbar vorhergehende Aufgabe beziehen.

Bei Aufgabe 3.1, in der es um das Recycling von Kunststoffen geht, hat sich gezeigt, dass die Aufgabe zu offen gestellt ist. Um Antworten der Schüler auf alle Teilfragen zu erhal-

ten, soll die Aufgabe gegliedert werden. In Tabelle 8 sind die im ersten Teil des Tests vorgenommenen Änderungen noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 8: Änderungen, die im Rahmen der Pilotstudie im ersten Teil des Wissenstests vorgenommen wurden

Testaufgaben Pilotstudie	Erwartete Teilantworten (Testitems)	Testaufgaben Hauptstudie	Erwartete Teilantworten
		I 1.1 (neu)	Vorteile von Kunststoffen für Automobilindustrie nennen
		I 2.1a (neu)	a) Formulierung einer Reaktionsgleichung zur Synthese von PU unter Verwendung von Strukturformeln
I 1.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung zur Synthese von PA unter Verwendung von Strukturformeln (Strukturformeln der Edukte sind <i>nicht</i> abgebildet)	I 2.1b	b) Formulierung einer Reaktionsgleichung zur Synthese von PA unter Verwendung von Strukturformeln (<i>Strukturformeln der Edukte sind abgebildet</i>)
I 2.1 (wird gestrichen)	Definition des Begriffs „Wärmeformbeständigkeit“		
		I 2.2a (neu)	a) Kunststoffklasse nennen (<i>Multiple Choice</i>)
I 2.2	Kunststoffklasse nennen (offene Antwort)	I 2.2b	b) Kunststoffklasse nennen (<i>Multiple Choice</i>)
		I 2.3a (neu)	a) Begründen, weshalb es sich um die Kunststoffklasse handelt, die in Aufgabe 2.2a angekreuzt wurde. Nennen der WW
I 2.3	a) Begründen, weshalb es sich bei der in Aufgabe 2.2 genannten Kunststoffklasse um die am wenigsten wärmeformbeständige handelt. Nennen der WW b) WW mit den Eigenschaften vernetzen	I 2.3b	b) Begründen, weshalb es sich um die Kunststoffklasse handelt, die in Aufgabe 2.2b angekreuzt wurde. Nennen der WW
I 3.1a	a) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu einem von zwei Kunststoffen b) Begründung von 3.1a c) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu einem von zwei Kunststoffen d) Begründung von 3.1c	I 2.4	a) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu einem von zwei Kunststoffen b) Begründung von 2.4a c) Zuordnung eines Recycling-Verfahrens zu einem von zwei Kunststoffen d) Begründung von 2.4c

Testaufgaben, die sich im Test der Pilotstudie und im Test der Hauptstudie entsprechen, sind in der Tabelle in derselben Zeile vermerkt.

Testaufgaben, die in der Hauptstudie nicht mehr vorkommen, sind in der ersten Spalte der Tabelle durchgestrichen.

Geringfügige Änderungen innerhalb einer Testaufgabe sind kursiv geschrieben.

Optimierungen im zweiten Teil des Tests

Den Fragen des zweiten Testteils liegt kein spezieller Kontext zu Grunde. Hier geht es um den Prozess der *Dekontextualisierung*. Der zweite Teil des Fragebogens beinhaltet sieben Testaufgaben, die sich in zwölf Items gliedern lassen. Von diesen zwölf Items wurden mithilfe der Schwierigkeitsanalyse sechs Items als leicht und fünf Items als mittelschwer identifiziert. Für eine der Teilaufgaben ergab sich der Schwierigkeitsgrad „schwer“.

Bei der ersten Aufgabe des zweiten Testteils werden die Schüler aufgefordert, die Reaktionsgleichung zur Bildung eines von zwei abgebildeten Polymeren zu vervollständigen (Aufgabe 1.1). Im Anschluss daran sollen die Schüler den Reaktionstyp nennen (Aufgabe 1.2), den abgebildeten Polymeren Schmelzpunkte zuordnen (Aufgabe 1.3) sowie die Zuordnung der Schmelzpunkte begründen (Aufgabe 1.4).

Da sich gezeigt hat, dass die Benzolringe des einen Polymers die Schüler von den eigentlichen Überlegungen zu Aufgabe 1.4 ablenken, wird das betreffende Polymer durch ein anderes ersetzt. Die Aufgaben 1.2, 1.3 und 1.4 bleiben aber im Prinzip bestehen. Aufgabe 1.3 wird jedoch in eine Multiple-Choice-Aufgabe umgewandelt, um die Auswertung zu erleichtern. Darüber hinaus wird Aufgabe 1.4 deutlicher von Aufgabe 1.3 abgegrenzt. Außerdem soll in der zweiten Version des Wissenstests explizit darauf hingewiesen werden, dass die Schüler auf die intermolekularen Bindungsverhältnisse eingehen sollen.

Die Aufgaben 2.1, 3.1 sowie 4.1 des zweiten Fragebogenteils sollen aus dem Test gestrichen werden. Die chemischen Inhalte der Aufgaben 2.1 und 3.1a werden bereits an anderer Stelle des Fragebogens erfragt und verlängern den Test unnötig. Die Aufgaben 3.1b und 4.1 werden aus dem Test entfernt, da die ihnen zu Grunde liegenden chemischen Basis-konzepte nicht mit denen aus dem ersten und dritten Teil des Fragebogens übereinstimmen. Ein Vergleich der drei Testteile würde andernfalls erschwert. Tabelle 9 fasst die im zweiten Teil des Wissenstests vorgenommenen Änderungen zusammen.

Tabelle 9: Änderungen, die im Rahmen der Pilotstudie im zweiten Teil des Wissenstests vorgenommen wurden

Testaufgaben Pilotstudie	Antwortteile (Testitems)	Testaufgaben Hauptstudie	Antwortteile
II 1.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln	II 1.1	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln
II 1.2	Reaktionstyp nennen	II 1.2	Reaktionstyp nennen
II 1.3	Zuordnung von Schmelzpunkten zu abgebildeten Polymeren	II 1.3	Zuordnung von Schmelzpunkten zu abgebildeten Polymeren (<i>Multiple Choice</i>)
II 1.4	Begründung der Zuordnung von Aufgabe 1.3	II 1.4	Begründung der Zuordnung von Aufgabe 1.3 (<i>Verweis auf intermol. Bindungsverhältnisse ergänzt</i>)
II-2.4 (wird gestrichen)	a) Besitzen zwei Polymere unterschiedliche Eigenschaften, ja oder nein? b) Bindungsverhältnisse der Polymere beschreiben c) Bindungsverhältnisse mit der Struktur in Zusammenhang bringen		
II-3.4 (wird gestrichen)	a) Wärmeverhalten der drei Kunststoffklassen b) Begründung d. Wärmeverhaltens mit Vernetzungsgrad c) Elastizität der Kunststoffklassen		
II-4.4 (wird gestrichen)	a) Beschreibung von isotaktischem und ataktischem Polystyrol b) Aus Taktizität auf Eigenschaften folgern		

Testaufgaben, die sich im Test der Pilotstudie und im Test der Hauptstudie entsprechen, sind in der Tabelle in derselben Zeile vermerkt.

Testaufgaben, die in der Hauptstudie nicht mehr vorkommen, sind in der ersten Spalte der Tabelle durchgestrichen. Geringfügige Änderungen innerhalb einer Testaufgabe sind kursiv geschrieben.

Optimierungen im dritten Teil des Tests

Die Aufgaben im dritten Teil des Fragebogens beschäftigen sich mit dem Kontext *Textilien*, hier spielt demnach der Prozess der *Rekontextualisierung* eine Rolle. Der letzte Teil des Tests beinhaltet fünf Fragestellungen, die in zwölf Items gegliedert werden können. Die Schwierigkeitsanalyse ergab, dass zwei der Teilaufgaben als leicht, fünf als mittelschwer und ebenfalls fünf Items als schwer bezeichnet werden können.

Da der Anteil der leichten und schweren Aufgaben etwas zu hoch ist, wird hier Aufgabe 1.2 als schwere Aufgabe gestrichen. Damit geht einher, dass auch Aufgabe 1.1 aus dem Test entfernt wird, da diese Aufgabe inhaltlich eng mit Aufgabe 1.2 verknüpft ist.

Aufgabe 2.1, in der die Schüler aufgefordert sind zu erörtern, ob ein Sporthemd bei 90 Grad gewaschen werden darf, soll bestehen bleiben, wird aber geringfügig verändert, da die ursprüngliche Aufgabe inhaltlich nicht korrekt war. Als Antwort auf die Frage 2.1 wurde erwartet, dass die Schüler sich gegen eine 90-Grad-Wäsche entscheiden, da die Kunstfaser schmelzen könnte. Da die Kunstfaser tatsächlich aber erst bei weit höheren Temperaturen schmilzt, wird in der neuen Testversion nicht der Waschvorgang, sondern das Bügeln thematisiert. Außerdem werden die Schüler aufgefordert, auf die intermolekularen Wechselwirkungen einzugehen.

Aufgabe 3.1 soll bestehen bleiben, während Aufgabe 4.1 umformuliert wird. Die im dritten Teil des Fragebogens vorgenommenen Änderungen sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Mithilfe der eben beschriebenen Maßnahmen wurden hauptsächlich leichte und schwere Aufgaben verändert oder aus dem Fragebogen entfernt, um den Anteil mittelschwerer Testaufgaben zu erhöhen. Insgesamt hat sich dadurch die Anzahl der Items reduziert.

Die Gesamtheit der Ergebnisse macht deutlich, dass der entwickelte Wissenstest für den Einsatz in der Hauptstudie geeignet ist: zum einen, weil der Test eine Differenzierung zwischen den Schülern zulässt, zum anderen, weil eine angemessene Verteilung von schweren, mittelschweren und leichten Aufgaben gewährleistet ist.

Obwohl die Pilotstudie der Entwicklung dieses Untersuchungsinstruments diente, zeigen die Ergebnisse schon jetzt sehr deutlich, welche fachlichen Kompetenzen den Schülern mehr oder weniger Schwierigkeiten bereitet haben. Eine eingehendere Untersuchung von Kompetenzen soll im Rahmen der Hauptstudie erfolgen. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der Pilotstudie, dass die Rekontextualisierung erlernter Fachinhalte den Schülern große Schwierigkeiten bereitet hat.

Tabelle 10: Änderungen, die im Rahmen der Pilotstudie im dritten Teil des Wissenstest vorgenommen wurden

Testaufgaben Pilotstudie	Antwortteile (Testitems)	Testaufgaben Hauptstudie	Antwortteile
III 1.4 (wird gestrichen)	Darlegen, weshalb sich Nylon als Textilfaser eignet		
III 1.2 (wird gestrichen)	a) Definition von "Verstrecken" b) Wechselwirkungen erkennen c) Struktur von Nylon mit den Eigenschaften in Zusammenhang bringen		
III 2.1	a) Waschen eines Sporthemdes bei 90° C. Wechselwirkungen erkennen b) Waschen eines Sporthemdes, Struktur mit Eigenschaften vernetzen	III 1.1	a) Bügeln eines Sportheimes auf höchster Stufe? <i>Entscheidung für ja oder nein</i> b) Begründung von 1.1a. WW erkennen <i>oder</i> Eigenschaften von Thermoplasten nennen
		III 2.1	Begründung, weshalb Kevlar sehr stabil ist (Strukturausschnitt ist abgebildet)
III 3.1	a) Zuordnung einer von 3 Abbildungen zur Spinnenseide b) Zuordnung der kristallinen Bereiche zur Eigenschaft Reißfestigkeit c) Zuordnung der amorphen Bereiche zur Elastizität d) Begründung von 3.1b e) Begründung von 3.1c	III 3.1 III 3.2	Zuordnung einer von 3 Abbildungen zur Spinnenseide (<i>Multiple Choice</i>) a) Zuordnung der kristallinen Bereiche zur Eigenschaft Reißfestigkeit <i>und</i> der amorphen Bereiche zur Elastizität b) Begründung von 3.2a
III 4.4 (wird gestrichen)	Formulierung einer Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln		

Testaufgaben, die sich im Test der Pilotstudie und im Test der Hauptstudie entsprechen, sind in der Tabelle in derselben Zeile vermerkt.

Testaufgaben, die in der Hauptstudie nicht mehr vorkommen, sind in der ersten Spalte der Tabelle durchgestrichen. Geringfügige Änderungen innerhalb einer Testaufgabe sind kursiv geschrieben.

6 Hauptstudie: Einsatz des entwickelten Wissenstests

6.1 Ziel der Untersuchung

Ziel der Pilotstudie war die Entwicklung eines Wissenstest, der in der Hauptstudie als zentrales Untersuchungsinstrument genutzt werden soll. Im Rahmen der Hauptstudie kommt der Test bei einer größeren Stichprobe zum Einsatz. Neben einer Überprüfung der Einsatzfähigkeit des in der Pilotstudie überarbeiteten Tests wird untersucht, wie die Schüler in den einzelnen Teilen des Fragebogens (*Kontext, Dekontextualisierung, Rekontextualisierung*) abschneiden und welche Leistungen die Probanden hinsichtlich ausgewählter kognitiver Fähigkeiten zeigen.

6.2 Fragestellungen

Aus dem beschriebenen Ziel der Hauptstudie ergeben sich folgende übergeordnete Fragestellungen:

- Fragestellung 1: Ist der Wissenstest für den Einsatz im Unterricht geeignet?*
- Fragestellung 2: Wie schneiden die Schüler im Wissenstests ab?*
- Fragestellung 3: Können Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen, wie z.B. Vielfalt des Methodeneinsatzes, festgestellt werden?*

6.2.1 Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht (Fragestellung 1)

Für die Weiterentwicklung von Unterricht insgesamt und der Konzeption *Chemie im Kontext* im Speziellen ist unter anderem entscheidend zu erfahren, über welche kognitiven Kompetenzen die Schüler verfügen. Im Zuge der Diskussionen über eine zeitgemäße naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) sind auch Kompetenzen wie die des Beurteilens und Argumentierens von großer Bedeutung (vgl. Kapitel 3).

Um den Testaufgaben bestimmte kognitive Kompetenzen zuordnen zu können, wird zunächst eine Faktorenanalyse durchgeführt. Hier wird rechnerisch ermittelt, welche Testaufgaben "zusammengehören", also in etwa die gleichen Fähigkeiten der Schüler erfassen. Auf diese Weise erhält man mehrere Gruppen (Faktoren) von Testaufgaben, die in diesem Fall durch bestimmte kognitive Kompetenzen beschrieben werden sollen.

Um bei der Auswertung des Tests zwischen den einzelnen Schülern differenzieren zu können, ist es wichtig, dass die Testaufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen angehören. Wie in der Pilotstudie wird Auch hier eine Schwierigkeitsanalyse durchgeführt (vgl. Kapitel 5.2.1).

Da der Wissenstest für den Einsatz im Unterricht entwickelt wurde, muss zudem die Testlänge überprüft werden. Die Zeit, die zur Bearbeitung des Fragebogens aufgewendet werden muss, sollte dabei ein bis zwei Schulstunden nicht überschreiten.

Fragestellung 1 gliedert sich demnach in drei Unterfragen:

Fragestellung 1.1: Welche kognitiven Kompetenzen werden durch den Wissenstest erfasst?

Fragestellung 1.2: Welche Schwierigkeitsstufen werden mithilfe des Tests berücksichtigt?

Fragestellung 1.3: Wie lange benötigen die Probanden zur Bearbeitung des Tests?

6.2.2 Leistungen der Schüler im Wissenstest (Fragestellung 2)

Der entwickelte Test gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Teil des Fragebogens beinhaltet Fragen zu dem in der Unterrichtseinheit behandelten Kontext *Auto*. Die Testaufgaben des zweiten Teils können keinem speziellen Kontext zugeordnet werden (*Dekontextualisierung*), während die Fragen im dritten Abschnitt des Tests in den Kontext *Textilien* eingebettet sind (*Rekontextualisierung*).

Neben der Zuordnung der einzelnen Testaufgaben zu einem der drei Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* oder *Rekontextualisierung* können die Aufgaben durch bestimmte kognitive Kompetenzen charakterisiert werden.

Anhand des Fragebogens lassen sich Aussagen darüber treffen, wie die Schüler in den drei Teilen des Tests (*Kontext, Dekontextualisierung, Rekontextualisierung*) und wie sie hinsichtlich der kognitiven Kompetenzen abschneiden.

Die zweite Fragestellung gliedert sich in die folgenden Unterfragen:

Fragestellung 2.1: Welche Leistungen erbringen die Schüler bezüglich unterschiedlicher kognitiver Kompetenzen?

Fragestellung 2.2: Welche Leistungen erbringen die Schüler in den drei Chemie-im-Kontext-relevanten Bereichen Kontext, Dekontextualisierung und Rekontextualisierung?

6.2.3 Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen (Fragestellung 3)

Mithilfe des entwickelten Wissenstests soll im Anschluss an die Unterrichtseinheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe* untersucht werden, wie die Probanden hinsichtlich bestimmter kognitiver Fähigkeiten und hinsichtlich der einzelnen Testteile abschneiden.

Eine weitere Fragestellung betrifft Zusammenhänge zwischen den im Wissenstest erbrachten Leistungen der Schüler und verschiedenen Unterrichtsmerkmalen.

Es wird untersucht, welchen Einfluss die Dauer der Unterrichtseinheit auf die Leistungen der Schüler hat. Des Weiteren soll das Vorwissen der Probanden betrachtet werden. Zahlreiche Belege aus der Literatur zeigen, dass das Vorwissen oder Vorkenntnisse die Informationsaufnahme neuer Fakten erleichtern. Beispiele aus der Expertise-Forschung zeigen, dass sich ein umfangreiches Vorwissen direkt auf Gedächtnis- und Verständnisleistungen auswirkt (Schneider et al., 1989). Zur Erfassung des Vorwissens wird zum einen ein Fragebogen eingesetzt, in dem die unterrichtenden Lehrer angeben, welche chemischen Konzepte, Stoffklassen und Themengebiete bereits vor der Intervention in ihrem Unterricht thematisiert wurden. Zum anderen wird der Wissenstest von den Schülern auch als Vortest bearbeitet. Von den Ergebnissen des Vortests wird im Rahmen der zweiten Fragestellung berichtet.

Neben der Betrachtung der Dauer der Unterrichtseinheit und dem Vorwissen der Schüler soll darüber hinaus ein möglicher Einfluss bestimmter Schüler- und Lehreraktivitäten un-

tersucht werden. Die erforderlichen Daten werden mit einem von Ebel et al. (2002) entwickelten Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation erhoben.

Um große Unterschiede zwischen den einzelnen Chemiekursen bezüglich der Unterrichtsinhalte berücksichtigen zu können, beantworten die Lehrpersonen außerdem einen Fragebogen zu den realisierten Unterrichtsinhalten.

Die dritte Fragestellung gliedert sich demnach in vier Unterfragen:

Fragestellung 3.1: Welchen Einfluss hat die Dauer der Unterrichtseinheit auf die Leistungen der Schüler im Wissenstest?

Fragestellung 3.2: Über welches Vorwissen verfügen laut Auskunft der Lehrer die Schüler der an der Untersuchung teilnehmenden Chemiekurse?

Fragestellung 3.3: Wie wirken sich bestimmte Schüler- und Lehreraktivitäten auf die Leistungen im Test aus?

Fragestellung 3.4: Welche fachlichen Inhalte wurden in den teilnehmenden Chemiekursen während der Unterrichtseinheit realisiert?

6.3 Stichprobenbeschreibung

An der Untersuchung nahmen zwölf Chemiekurse mit insgesamt 142 Schülern teil. Die Teilnahme an der Datenerhebung erfolgte freiwillig und wurde durch die Schulleitungen sowie durch das Land genehmigt.

Die Schulen stammten größtenteils aus Schleswig-Holstein, eine Schule aus Nordrhein-Westfalen sowie eine Schule aus Rheinland-Pfalz, wobei es sich bei den Schulen mit einer Ausnahme um Gymnasien handelte: Bei einer der schleswig-holsteinischen Schulen handelte es sich um eine Gesamtschule. Die Lehrer von neun der zwölf Versuchsgruppen arbeiten in dem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt *Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von „Chemie im Kontext“* mit (vgl. Kapitel 2.4). Die Stichprobenwahl erfolgte nicht zufällig, da die Durchführung der *Chemie-im-Kontext*-Unterrichtseinheit (K) *Ein Auto ohne Kunststoffe* Voraussetzung für die Teilnahme an der Untersuchung war. Es muss deshalb bei der Auswertung der Daten berücksichtigt werden, dass es sich um übermäßig innovationsorientierte Lehrpersonen handeln kann.

Die teilnehmenden Chemiekurse sind ausschließlich Kurse der Sekundarstufe II, wobei fünf Kurse dem zwölften und sieben Kurse dem dreizehnten Jahrgang angehören. Darunter waren je sechs Grund- und sechs Leistungskurse vertreten. Die Grundkurse wurden von 59 Prozent der Versuchspersonen besucht, die Leistungskurse von 41 Prozent.

Von 142 Versuchspersonen sind 44 Prozent männlich und 56 Prozent weiblichen Geschlechts. Tabelle 11 fasst die Kennwerte aus der Hauptstudie zusammen.

Tabelle 11: Stichprobenbeschreibung

Chemiekurs	Jahrgang	Kurs	Anzahl der Schüler		
			Mädchen	Jungen	gesamt
1	13	Grundkurs	6	8	14
2	13	Leistungskurs	5	3	8
3	13	Leistungskurs	6	1	7
4	13	Grundkurs	4	3	7
5	12	Leistungskurs	15	3	18
6	12	Grundkurs	11	13	24
7	13	Leistungskurs	5	4	9
8	13	Leistungskurs	1	4	5
9	12	Grundkurs	10	8	18
10	13	Grundkurs	6	6	12
11	12	Leistungskurs	4	7	11
12	12	Grundkurs	6	3	9

6.4 Methoden

Drei Untersuchungsinstrumente werden in der Hauptstudie eingesetzt. Das zentrale Untersuchungsinstrument bildet der Wissenstest, der im Rahmen der Pilotstudie entwickelt wurde (vgl. Kapitel 5). Mithilfe dieses Tests soll untersucht werden, wie die Schüler am Ende der Unterrichtseinheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe* in den Bereichen *Kontext*, *Dekontextualisierung* sowie *Rekontextualisierung* und wie die Probanden hinsichtlich ausgewählter kognitiver Fähigkeiten abschneiden.

Drei weitere Testinstrumente sollen während der Hauptstudie von den unterrichtenden Lehrern bearbeitet werden. Es handelt sich dabei um einen Fragebogen zur Einschätzung des Vorwissens der Schüler durch die Lehrkräfte, um einen Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation sowie um einen Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit. Der Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation erfasst die während der Unterrichtseinheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe* zum Einsatz gekommenen Schüler- und Lehreraktivitäten. Im Folgenden sollen die Untersuchungsinstrumente genauer vorgestellt werden.

6.4.1 Der Wissenstest der Hauptstudie

Der Wissenstest wurde im Rahmen der in Kapitel 5 vorgestellten Pilotstudie entwickelt und erprobt. Mithilfe dieses Tests ist es möglich, das Wissen hinsichtlich der Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie bestimmte kognitive Fähigkeiten der Schüler zu testen. Bei der Wahl des Bewertungsverfahrens wurde auf ein schriftliches Verfahren Wert gelegt, da es sich im Vergleich zu mündlichen Verfahren oder Verfahren, die auf Beobachtung beruhen, durch eine höhere Objektivität, eine bessere Vergleichbarkeit der Leistungen und eine Transparenz der Beurteilung auszeichnet (vgl. Kapitel 3.2). Die Bevorzugung eines Tests, wie er im Folgenden dargestellt ist, gegenüber anderer schriftlicher Verfahren wie beispielsweise Concept Maps oder Portfolios liegt u.a. in der Einfachheit der Auswertung begründet. So gibt es bei Multiple-Choice-Aufgaben keine Probleme mit der Interpretation bei der Auswertung. Die Auswerteobjektivität bei Aufgaben mit freier Antwort ist zwar geringer als bei Aufgaben mit vorformulierten Antworten, durch das in der vorliegenden Arbeit gewählte sehr strenge Auswertungsverfahren wird jedoch versucht, diesem Mangel entgegenzutreten. Concept Maps hätten in der beschriebenen Untersuchung den Nachteil, dass sie in der Regel den Schülern als Verfahren nicht geläufig sind. Ihr Anfertigen hätte im Vorfeld von den Schülern geübt werden müssen. Des Weiteren sind sie zur Erfassung höherer kognitiver Leistungen eher nicht geeignet (Häußler et al., 1998). Auch das Anfertigen von Portfolios ist ein zeitaufwändiges Verfahren. Der im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Wissenstest gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Teil des Tests beinhaltet elf Items zu dem in der Unterrichtseinheit behandelten Kontext *Auto*. Der zweite Testteil setzt sich aus vier Items zusammen, die kei-

nem speziellen Kontext angehören (Bereich *Dekontextualisierung*), während der dritte Teil des Fragebogens sechs Items zum Kontext *Textilien* beinhaltet (Bereich *Rekontextualisierung*).

Die Untersuchung dient der Prüfung der grundsätzlichen Struktur des Tests, um im Anschluss an diese exemplarische Umsetzung die Entwicklung weiterer Tests zu ermöglichen.

Im Folgenden wird der Aufbau des Wissenstests erläutert (vgl. Anhang B), dazu wird zunächst auf die Struktur des Tests eingegangen (vgl. Kapitel 2.2), darauf folgt eine Systematisierung der Fragen im Wissenstest.

Struktur des Wissenstests

Die drei in Kapitel 2.2 vorgestellten Elemente des Wissenserwerbs im Unterricht nach *Chemie im Kontext* (*Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung*) bilden eines von drei Strukturierungsmerkmalen des Wissenstests, mit denen sich die einzelnen Aufgaben beschreiben lassen (vgl. Tabelle 12).

Der Wissenstest enthält im ersten Teil Fragen zu dem in der Unterrichtseinheit bearbeiteten Kontext *Auto*. Im zweiten Teil beinhaltet der Test Fragen zu Aspekten eines chemischen Basiskonzepts, die anhand des Kontextes *Auto* von den Schülern erarbeitet wurden (*Dekontextualisierung*). Der dritte Testteil enthält schließlich Fragen zu dem Kontext *Textilien*, der auf den gleichen chemischen Konzepten beruht wie der Kontext *Auto* (*Rekontextualisierung*). Im Folgenden sind einige Fragen beispielhaft genannt.

Beispiel für eine Aufgabe zum *Kontext Auto*:

„[...] Welches dieser Autoteile können Sie durch einfaches Umschmelzen recyceln, welches müssen Sie durch Pyrolyse in niedermolekulare Substanzen zerlegen? Begründen Sie Ihre Meinung mithilfe der molekularen Strukturen der Stoffe.“

Beispiel für eine Aufgabe ohne Anwendungskontext:

„[...] Welcher der beiden abgebildeten Kunststoffe hat den höheren Schmelzbereich, Polymer A oder Polymer B?“

Beispiel für eine Aufgabe zum Kontext *Textilien*:

„[...] Erörtern Sie, ob ein derartiges Sporthemd auf höchster Stufe (über 200 °C) gebügelt werden darf! Gehen Sie dabei auch auf zwischenmolekulare Wechselwirkungen ein.“

Für die Weiterentwicklung von Chemieunterricht insgesamt und der Konzeption im Speziellen ist weiterhin entscheidend, welche Kompetenzen den Schülern vermittelt werden können. Weinert definiert Kompetenzen als „... die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert, 2001). Neben der bereits erläuterten Dreiteilung des Fragebogens in *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* lassen sich die Fragen des Tests darüber hinaus durch ein zweites Strukturierungsmerkmal beschreiben. Diese Ebene bringt unterschiedliche Fertigkeiten, die im Chemieunterricht eine Rolle spielen, zum Ausdruck (vgl. Tabelle 12). In der Pilotstudie handelte es dabei um das *Zeichnen von Strukturformeln*, den *Umgang mit Fachbegriffen*, um die *Vernetzung von Eigenschaften bzw. Wechselwirkungen mit der Struktur von Stoffen* sowie um das *Erkennen und Benennen von Wechselwirkungen* (vgl. Kapitel 5.4.1). Im Rahmen der Hauptstudie werden die einzelnen Testaufgaben im Hinblick auf die Kompetenzen mittels einer Faktorenanalyse überprüft (vgl. Kapitel 6.5.1). Dies war aufgrund der geringen Probandenzahl in der Pilotstudie nicht möglich.

Die dritte Strukturierungsebene beschreibt unterschiedliche kognitive Fähigkeiten, die zur Lösung der Aufgaben im Wissenstest erforderlich sind (vgl. Tabelle 12). Es ergaben sich in diesem Fall um zwei Kategorien, die der revidierten Bloom-Taxonomie nach Andersson und Krathwohl entnommen sind (Anderson et al., 2001, vgl. Kapitel 3.3). Zur Bearbeitung der Aufgaben müssen die Schüler entweder etwas einordnen bzw. klassifizieren oder einen Sachverhalt begründen.

Tabelle 12: Die unterschiedlichen Strukturierungsmerkmale des Wissenstests

1. Relevante Elemente der Konzeption

- (a) Kontext
- (b) Dekontextualisierung (chemische Basiskonzepte)
- (c) Rekontextualisierung

2. Fertigkeiten, die im Chemieunterricht von Bedeutung sind

- (a) Vervollständigen von Reaktionsgleichungen (chemische Formelsprache anwenden und Reaktionsbegriff beherrschen)
- (b) Umgang mit Fachbegriffen (Stoffe und Reaktionen chemietypisch in Kategorien einteilen)
- (c) zueinander in Beziehung setzen von Strukturen und Eigenschaften von Stoffen

3. Kognitive Fähigkeiten

- (a) klassifizieren, einordnen
- (b) erklären (begründen, argumentieren)

Die entgeltliche Festlegung der zweiten Ebene soll mittels einer Faktorenanalyse erfolgen.

Die Betrachtung der Testaufgaben aus den vorgestellten drei Perspektiven soll an einem Beispiel aus dem Wissenstest verdeutlicht werden:

„Ein modernes Sporthemd besteht aus zwei Gewebelagen: einer inneren netzartigen Schicht aus Polypropen und einer äußeren Schicht aus Baumwolle. Dadurch soll Schweiß von der Haut weggeführt werden.

Erörtern Sie, ob ein derartiges Sporthemd auf höchster Stufe (über 200 °C) gebügelt werden darf! Gehen Sie dabei auch auf zwischenmolekulare Wechselwirkungen ein.“ (Aufgabe III 1)

Hinsichtlich des *Relevanten Elemente eines Chemie-im-Kontext-Unterrichts* (Strukturierungsmerkmal 1) kann in diesem Fall von *Rekontextualisierung* gesprochen werden, da der Kontext *Textilien*, in den die Frage eingebettet ist, den Schülern aus dem Unterricht nicht bekannt ist. Von den *Fertigkeiten*, die im Chemieunterricht von Bedeutung sind (Strukturierungsmerkmal 2), kommt das zueinander in Beziehung setzen von Strukturen und Eigenschaften von Stoffen in Frage. Zur Beantwortung dieser Frage müssen die Schüler die Struktur und die Eigenschaften des Kunststoffes Polypropen zueinander in Beziehung setzen. Die *kognitiven Fähigkeiten* (Strukturierungsmerkmal 3), die an dieser Stelle angesprochen werden, sind das Begründen und Argumentieren.

In Tabelle 13 ist die Zuordnung der Strukturierungsmerkmale für die einzelnen Testaufgaben zusammengefasst.

Tabelle 13: Unterschiedliche Strukturierungsmerkmale der einzelnen Testaufgaben¹

Aufgabe	Itemtext	Ebenen des Wissenstest
<i>Kontext Auto ...</i>		
I 1.1	Nennen Sie Gründe für den Einsatz von Kunststoffen im Auto	<i>Aufwärmfrage</i>
I 2.1a	Zeichnen Sie einen Strukturformel-Ausschnitt der Polymere, aus denen die Autoteile bestehen ...	1a, 2a, 3a
I 2.1b	Zeichnen Sie einen Strukturformel-Ausschnitt der Polymere, aus denen die Autoteile bestehen ...	1a, 2a, 3a
I 2.2a	Um welche Kunststoffklassen handelt es sich bei den Autoteilen? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1a, 2b, 3a
I 2.2b	Um welche Kunststoffklassen handelt es sich bei den Autoteilen? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1a, 2b, 3a
I 2.3a	Erklären Sie, warum es sich um diese Kunststoffklassen handelt ...	1a, 2c, 3b
I 2.3b	Erklären Sie, warum es sich um diese Kunststoffklassen handelt ...	1a, 2c, 3b
I 2.4a	Welches der Autoteile können Sie durch Umschmelzen recyceln, welches müssen Sie durch Pyrolyse recyceln? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1a, 2b, 3a
I 2.4b	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...	1a, 2c, 3b
I 2.4c	Welches der Autoteile können Sie durch Umschmelzen recyceln, welches müssen Sie durch Pyrolyse recyceln? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1a, 2b, 3a
I 2.4d	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...	1a, 2c, 3b
<i>Kein Kontext ...</i>		
II 1.1	Notieren Sie die Reaktionsgleichung ...	1b, 2a, 3a
II 1.2	Nennen Sie den Namen des Reaktionstyps ...	1b, 2b, 3a
II 1.3	Welcher der abgebildeten Kunststoffe hat den höheren Schmelzbereich? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1b, 2c, 3a

¹ Es handelt sich bei den Items um die bereits überarbeitete Version des Wissenstests

II 1.4	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...	1b, 2c, 3b
<i>Kontext Textilien ...</i>		
III 1.1a	Sollte das Sporthemd auf höchster Stufe gebügelt werden, ja oder nein?	1c, 2c, 3a
III 1.1b	Begründen Sie Ihre Antwort ...	1c, 2c, 3b
III 2.1	Erklären Sie, weshalb man zur Herstellung kugelsicherer Kleidung Kevlar verwendet ...	1c, 2c, 3b
III 3.1	Welche der abgebildeten Strukturen entspricht der Spinnenseide? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	1c, 2c, 3a
III 3.2a	Wie erklären Sie die Eigenschaften der Spinnenseide? (Schüler ordnen Strukturen zu)	1c, 2c, 3a
III 3.2b	Wie erklären Sie die Eigenschaften der Spinnenseide?	1c, 2c, 3b

Systematisierung der Fragen im Wissenstest

Bei der Entwicklung des Wissenstests wurde darauf geachtet, dass sich die Struktur der Aufgaben in den drei Teilen des Fragebogens gleicht, um einen Vergleich des Abschneidens der Lernenden in den drei Fragebogenteilen zu ermöglichen.

Tabelle 14 gibt einen Überblick über die einzelnen Aufgaben, deren Format und deren Aufgabentyp (vgl. Kapitel 3.3).

Wie die Tabelle verdeutlicht, werden im gesamten Fragebogen nahezu alle Aufgaben durch einen einleitenden Text eingeführt. In jedem Fragebogenteil existiert außerdem eine Aufgabe, bei der der einleitende Text durch abgebildete Strukturformeln ergänzt wird. Eine Ausnahme bildet der zweite Teil des Wissenstests. Hier ist die Frage durch keinen einleitenden Text gekennzeichnet, was auf den Gesamtaufbau des Fragebogens zurückzuführen ist: Der zweite Teil des Fragebogens ist dadurch gekennzeichnet, dass die Fragen keinem speziellen Anwendungskontext zuzuordnen sind. Im ersten und dritten Teil des Wissenstests binden dagegen die Einleitungstexte die Fragen an die entsprechenden Kontexte an.

An Antwortformaten findet man in allen drei Teilen des Wissenstests sowohl offene Antworten als auch Multiple-Choice-Antworten: In jedem Fragebogenteil werden je drei offe-

ne Antworten und mindestens eine Multiple-Choice-Antwort verlangt, der erste Teil des Fragebogens enthält eine Multiple-Choice-Antwort mehr als der zweite und dritte Teil. Aufgabe 1 des ersten Teils geht in die Bewertung nicht mit ein, da diese Aufgabe als „Aufwärmfrage“ angesehen wird.

Tabelle 14: Format und Typ der einzelnen Aufgaben²

Aufgabe	Aufgabenformat	Teilaufgabe	Aufgabentyp
<i>Kontext Auto ...</i>			
I 1	Einleitender Text	1.1	Freie Kurzantwort
I 2	Einleitender Text mit abgebildeten Strukturformeln	2.1	Freie Antwort
		2.2	Multiple-Choice
		2.3	Freie Antwort
		2.4	Multiple-Choice + Freie Antwort
<i>Kein Kontext ...</i>			
II 1	Abgebildete Strukturformeln	1.1	Freie Antwort
		1.2	Freie Antwort
		1.3	Multiple-Choice
		1.4	Freie Antwort
<i>Kontext Textilien ...</i>			
III 1	Einleitender Text	1.1	Freie Antwort
III 2	Einleitender Text mit abgebildeten Strukturformeln	2.1	Freie Antwort
III 3	Einleitender Text	3.1	Multiple-Choice
		3.2	Freie Antwort

² Es handelt sich um die bereits überarbeitete Version des Wissenstests

Das Auswertungsverfahren

Bei der Auswertung der Hauptstudie wird entsprechend der Pilotstudie vorgegangen (vgl. Kapitel 5.4.2): Es soll nur zwischen vollständig richtigen (Codierung 1) und falschen (Codierung 0) Schülerantworten unterschieden werden. Halbrichtige Antworten werden als falsch gewertet.

6.4.2 Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation

Im Rahmen des Projekts *Chemie im Kontext* wurde von Ebel et al. (2002) ein Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation entwickelt. Dieser Fragebogen gliedert sich in vier Abschnitte: Im ersten Abschnitt werden Informationen und Eindrücke der Lehrkräfte zu ihrer Lerngruppe erfragt. Der zweite Abschnitt des Fragebogens befasst sich mit einer tabellarischen Unterrichtsdokumentation für die gesamte Unterrichtseinheit. Dabei kreuzen die Lehrkräfte für jede Unterrichtsstunde an, welche Organisationsformen in der betreffenden Stunde eingesetzt wurden und durch welche Schüler- und Lehreraktivitäten die einzelne Unterrichtsstunde hauptsächlich gekennzeichnet war. Die Items aus dem zweiten Teil des Fragebogens sind im Anhang C zu finden.

Im dritten Teil des Fragebogens haben die Lehrer die Gelegenheit, sich zu jeder Phase der Unterrichtseinheit noch einmal ausführlicher zu äußern.

Während im ersten Abschnitt des Fragebogens die *vor* der Unterrichtseinheit herrschenden Eindrücke zur Lerngruppe dokumentiert werden, erfasst der vierte und letzte Abschnitt des Fragebogens die Eindrücke, welche die Lehrer *nach* der Unterrichtseinheit von ihrer Lerngruppe haben.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen Zusammenhänge zwischen den Lehrer- und Schüleraktivitäten und den Leistungen im Wissenstest untersucht werden.

6.4.3 Fragebogen zum Vorwissen der Schüler

Der Fragebogen zu dem von den Lehrern eingeschätzten Vorwissen ihrer Schüler setzt sich aus 19 Items zusammen (vgl. Anhang D). Die Fragen beziehen sich auf chemische Inhalte und Prinzipien, die als Vorwissen das Antwortverhalten der Schüler im Wissenstest beeinflussen können. Es wird mit diesem Fragebogen z.B. in Erfahrung gebracht, ob den Schülern eines Chemiekurses bestimmte Stoffklassen bereits vor der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* bekannt waren. Die Antwortmöglichkeiten beschränken sich in diesem Fragebogen auf ein „Ja/Nein“-Format. Von zwölf Lehrern haben acht diesen Fragebogen beantwortet.

6.4.4 Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit

Um zu erfahren, welche Inhalte in den einzelnen Chemiekursen während der Intervention eine Rolle gespielt haben, soll ein kurzer Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit eingesetzt werden. Die Struktur des Fragebogens orientiert sich an dem generellen Aufbau sowie an dem vorhandenen Material der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe*. Mithilfe von 58 Items werden die Lehrkräfte in einem Ankreuzformat gefragt, welche Materialien, Experimente und sonstige Aktivitäten während der Unterrichtseinheit zum Einsatz kamen (vgl. Anhang E).

6.5 Ergebnisse

6.5.1 Überprüfung der Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht (Fragestellung 1)

Im Folgenden werden die Ergebnisse hinsichtlich der Einsatzfähigkeit des entwickelten Tests vorgestellt. Dabei werden zunächst Aussagen über die kognitiven Fähigkeiten, die mithilfe des Tests erfasst werden können, getroffen. Es folgen die Ergebnisse zum Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben sowie zur Testlänge.

Zuordnung der Testitems zu Bereichen kognitiver Fähigkeiten im Wissenstest (Fragestellung 1.1)

In der vorliegenden Arbeit wird mithilfe einer Faktorenanalyse ermittelt, welche Aufgaben des Wissenstests auf gemeinsame Faktoren zurückgeführt werden können und wie sich diese Faktoren durch die Strukturierungsmerkmale des Tests klassifizieren lassen. Die Strukturierungsmerkmale sind in Kapitel 6.4.1 dieser Arbeit vorgestellt worden.

Bei der Faktorenanalyse wurde als Extraktionsmethode die Hauptkomponentenanalyse, als Rotationsmethode die Varimaxrotation gewählt.

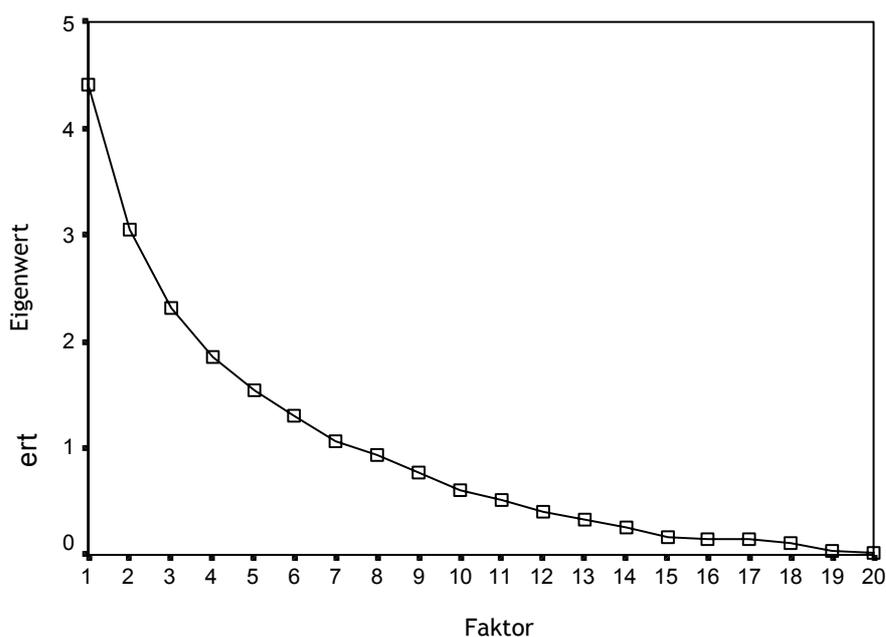


Abbildung 19: Screeplot zur Faktorenbestimmung. Darstellung der Eigenwerte.

Der Screeplot stellt eine anschauliche Methode dar, zu einer sinnvollen Auswahl an Faktoren zu gelangen. Die Darstellung der Eigenwerte im Screeplot deutet an, dass der größte Varianzanteil der Testaufgaben durch drei bis fünf Faktoren erklärt werden kann (vgl. Abbildung 19).

Im Folgenden wird eine Faktorenanalyse (rotierte Komponentenmatrix) mit der Annahme von drei Faktoren dargestellt. Die Zuordnung der Items zu den Faktoren auf der Basis einer inhaltlichen Interpretation folgt der Darstellung der Faktorenanalyse.

Rotierte Komponentenmatrix mit drei Komponenten

In Tabelle 15 sind alle Ladungen $>.30$ dargestellt. Die Zuordnung zu den Faktoren ist jeweils fett gedruckt. Von der Berechnung abweichende Zuordnungen der Items werden im Text erläutert.

Tabelle 15: Zuordnung der Testitems zu drei Faktoren (Rotierte Hauptkomponentenmatrix)

Aufgabe	Itemtext	Faktoren		
		1	2	3
<i>Kontext Auto ...</i>				
I 2.1a	Zeichnen Sie einen Strukturformel-Ausschnitt der Polymere, aus denen die Autoteile bestehen ...	.38	.31	
I 2.1b	Zeichnen Sie einen Strukturformel-Ausschnitt der Polymere, aus denen die Autoteile bestehen ...	.51		
I 2.2a	Um welche Kunststoffklassen handelt es sich bei den Autoteilen? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.37		
I 2.2b	Um welche Kunststoffklassen handelt es sich bei den Autoteilen? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.80		
I 2.3a	Erklären Sie, warum es sich um diese Kunststoffklassen handelt ...		.85	
I 2.3b	Erklären Sie, warum es sich um diese Kunststoffklassen handelt ...		.82	
I 2.4a	Welches der Autoteile können Sie durch Umschmelzen recyceln, welches müssen Sie durch Pyrolyse recyceln? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.33		.49
I 2.4b	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...		.65	.40
I 2.4c	Welches der Autoteile können Sie durch Umschmelzen recyceln, welches müssen Sie durch Pyrolyse recyceln? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.37	.32	

I 2.4d	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...	.77	+	
<i>Kein Kontext ...</i>				
II 1.1	Notieren Sie die Reaktionsgleichung ...	+	.40	
II 1.2	Nennen Sie den Namen des Reaktionstyps ...		.74	.40
II 1.3	Welcher der abgebildeten Kunststoffe hat den höheren Schmelzbereich? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.32		.48
II 1.4	Begründen Sie Ihre Entscheidung ...		.35	.68
<i>Kontext Textilien ...</i>				
III 1.1a	Sollte das Sportheemd auf höchster Stufe gebügelt werden, ja oder nein?			.55
III 1.1b	Begründen Sie Ihre Antwort ...			.62
III 2.1	Erklären Sie, weshalb man zur Herstellung kugelsicherer Kleidung Kevlar verwendet ...			.73
III 3.1	Welche der abgebildeten Strukturen entspricht der Spinnenseide? Kreuzen Sie Entsprechendes an ...	.72		
III 3.2a	Wie erklären Sie die Eigenschaften der Spinnenseide? (<i>Schüler ordnen Strukturen zu</i>)	.76		
III 3.2b	Wie erklären Sie die Eigenschaften der Spinnenseide?	.43		.50
Erklärte Gesamtvarianz in %		17,73	16,06	15,07

Aufgaben, die auf dem Faktor 1 laden

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Strukturierungsmerkmale, die den Aufgaben des Wissenstests zu Grunde liegen (vgl. Kapitel 6.4.1), laden vermehrt die Aufgaben auf dem ersten Faktor, die ähnliche kognitive Fähigkeiten abbilden (vgl. Abbildung 20). Die Aufgaben, die auf dem Faktor 1 laden, sind größtenteils dadurch charakterisiert, dass die Schüler etwas ein- oder zuordnen müssen. Es handelt sich bei diesen Aufgaben weitgehend um Multiple-Choice-Aufgaben. In der Aufgabe I 2.2 sollen die Probanden z.B. zwei Autoteilen die entsprechenden Kunststoffklassen zuordnen.

Auch die Testaufgaben, bei denen die Schüler aufgefordert werden, eine Reaktionsgleichung mit Strukturformeln zu vervollständigen, laden auf dem ersten Faktor. Betrachtet man die einzelnen Denkschritte, die zur Lösung jener Aufgaben führen, wird die Hauptladung auf diesem Faktor plausibel: Die Lernenden müssen die Reaktion einem bestimmten Reaktionstyp zuordnen können. Würden die Schüler beispielsweise bei der Aufgabe I 2.1b die Reaktion nicht dem Reaktionstyp *Polykondensation* zuordnen, kämen sie in ihrem Lösungsweg nicht zu einer Abspaltung von Wasser und folglich auch nicht zu dem richtigen Produkt, dem Nylon. Hier kann demnach eine Übereinstimmung bezüglich der kognitiven

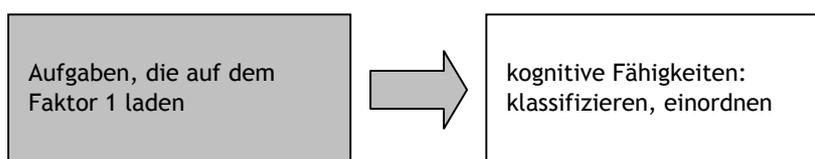


Abbildung 20: Gemeinsamkeiten der Testaufgaben, die auf dem Faktor 1 laden.

Fähigkeiten mit den übrigen Aufgaben, die auf dem Faktor 1 laden, festgestellt werden. Auch die Aufgaben II 1.1 und I 2.4a werden dem Faktor 1 zugeordnet, auch wenn sie auf dem Faktor keine Hauptladungen aufweisen. Die Aufgabe 1.1 aus dem zweiten Teil des Wissenstests entspricht inhaltlich und hinsichtlich des Aufgabentyps den Aufgaben 2.1a und 2.1b aus dem ersten Teil des Fragebogens. In der Aufgabe I 2.4a sollen sich die Schüler entscheiden, welches zweier genannter Autoteile sie durch einfaches Umschmelzen und welches sie durch Pyrolyse recyceln würden. Auch in diesem Fall ordnen die Schüler etwas zu. Der Wert der Nebenladung der Aufgabe I 2.4a von 0.33 unterscheidet sich außerdem nicht zu sehr von dem Wert der Hauptladung (0.49). Des Weiteren unterscheidet sich diese Aufgabe inhaltlich nicht von der Aufgabe I 2.4c, die eindeutig auf dem Faktor 1 lädt. Die Aufgabe I 2.4d wird dem Faktor 2 zugeordnet, obwohl sie nach der Berechnung eindeutig auf dem ersten Faktor lädt (Begründung s.u.).

Aufgaben, die auf dem Faktor 2 laden

Die Aufgaben, die auf den Faktoren 2 und 3 laden, sind dadurch gekennzeichnet, dass die Schüler begründen und argumentieren müssen. Demnach werden durch diese Aufgaben vergleichbare kognitive Fähigkeiten angesprochen (Strukturierungsmerkmal 3 des Wissenstests, vgl. Tabelle 12). Bei dem Faktor 2 sind diese kognitiven Fähigkeiten an den aus dem Unterricht bekannten Kontext *Auto* geknüpft. Zieht man wieder die unterschiedlichen Strukturierungsmerkmale des Wissenstests heran, kommen in diesem Fall somit neben den kognitiven Fähigkeiten auch die unterschiedlichen Elemente des *Chemie-im-Kontext*-Unterrichts (Strukturierungsmerkmal 1, vgl. Tabelle 12) zum Tragen (vgl. Abbildung 21). Den Aufgaben, die auf dem Faktor 2 laden, ist außerdem gemeinsam, dass die Schüler bei fast allen dieser Aufgaben Beziehungen zwischen Strukturen und Eigenschaften von Kunststoffen herstellen müssen (Strukturierungsmerkmal 2c, vgl. Tabelle 12).

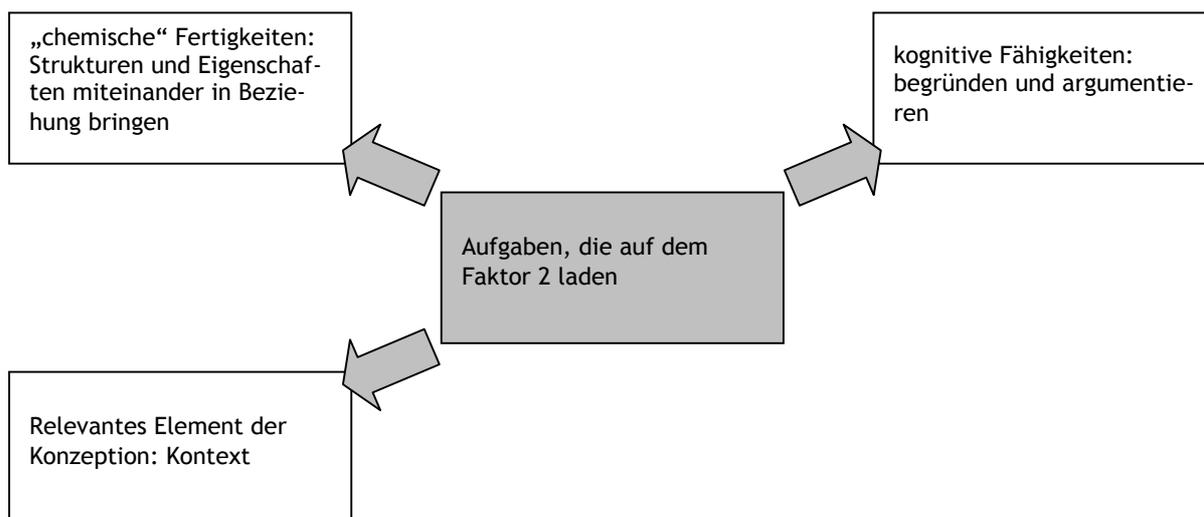


Abbildung 21: Gemeinsamkeiten der Testaufgaben, die auf dem Faktor 2 laden.

Die Aufgabe I 2.4d wird, wie bereits erwähnt, dem Faktor zwei zugeordnet. In dieser Aufgabe sollen die Schüler begründen, weshalb sie sich in der vorangegangenen Aufgabe für ein bestimmtes Recyclingverfahren entschieden haben. Die Schüler ordnen demnach nichts zu wie bei den Aufgaben, die auf dem Faktor 1 laden. Bei dieser Aufgabe müssen die Lernenden begründen und argumentieren (Strukturierungsmerkmal 3b). Darüber hinaus müssen die Probanden an dieser Stelle Strukturen und Eigenschaften miteinander in Beziehung

bringen (Strukturierungsmerkmal 2c). Wie bei den anderen Aufgaben, die auf dem zweiten Faktor laden, gehört diese Aufgabe dem ersten Teil des Wissenstests an. Hinsichtlich der Konzeption *Chemie im Kontext* spielt hier der Bereich *Kontext* eine Rolle (Strukturierungsmerkmal 1a). Zudem unterscheidet sich diese Aufgabe inhaltlich in keiner Weise von der Aufgabe I 2.4b, die ebenfalls auf dem Faktor 2 lädt.

Die Faktorladung der Aufgabe II 1.2 ist nicht erwartungskonform. Bei dieser Aufgabe sollen die Schüler einer Reaktion einen Reaktionstyp zuordnen. Es war folglich zu erwarten, dass diese Aufgabe auf dem ersten Faktor lädt. Eine Erklärung für die Ladung auf Faktor 2 könnte sein, dass die Bearbeitung dieser Aufgabe mit der Aufgabe II 1.1, die ebenfalls auf dem Faktor 2 lädt, inhaltlich zusammen hängt. Da es bei dieser Aufgabe auf allen vier Ebenen keine Übereinstimmungen mit den übrigen Aufgaben dieses Faktors gibt, wird diese Aufgabe bei der weiteren Auswertung nicht beachtet.

Aufgaben, die auf dem Faktor 3 laden

Wie die Aufgaben, die auf dem Faktor 2 laden, ist auch die Mehrheit der auf dem Faktor 3 ladenden Aufgaben dadurch gekennzeichnet, dass die Schüler begründen und argumentieren müssen (Strukturierungsmerkmal 3b, vgl. Tabelle 12). Während bei dem Faktor 2 diese kognitiven Fähigkeiten an den im Unterricht erarbeiteten *Kontext Auto* geknüpft sind, erfordert das Begründen und Argumentieren bei dem Faktor 3 zusätzlich eine *Rekontextualisierung* der erarbeiteten chemischen Basiskonzepte (Strukturierungsmerkmal 1c, vgl. Tabelle 12). Auch auf der ersten Ebene sind bis auf eine Ausnahme Übereinstimmungen festzustellen. Die Aufgaben, die auf dem Faktor 3 laden, verlangen von den Schülern, dass sie Strukturen und Eigenschaften von Kunststoffen miteinander vernetzen (Strukturierungsmerkmal 2c, vgl. Tabelle 12).

Bei der Faktorenanalyse haben demnach alle Aufgaben mit folgenden Merkmalen auf dem Faktor 3 geladen:

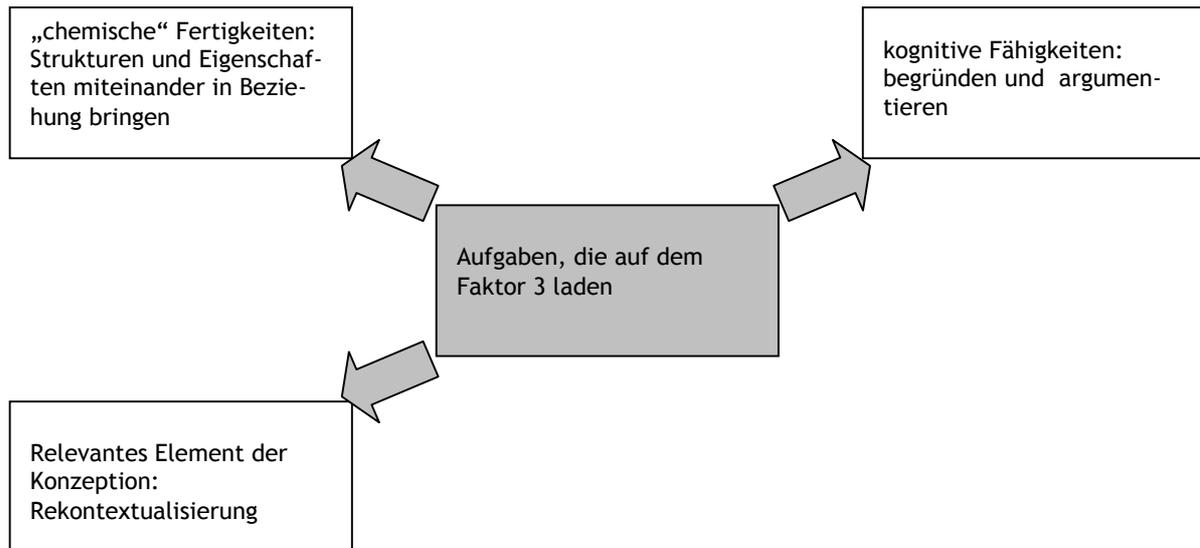


Abbildung 22: Gemeinsamkeiten der Testaufgaben, die auf dem Faktor 3 laden.

Die Aufgabe I 2.4a wird aus genannten Gründen dem Faktor 1 zugeordnet. Ebenfalls wird die Aufgabe II 1.3 dem ersten Faktor angerechnet, da die Schüler bei dieser Aufgabe nicht begründen, sondern zuordnen müssen. In diesem Fall ist der Unterschied zwischen Hauptladung (0.48) und Nebenladung (0.32) auch nicht sehr groß.

Die Aufgabe III 1.1a müsste theoretisch auf dem ersten Faktor laden, da die Schüler hier zunächst zuordnen. Da diese Aufgabe eindeutig auf dem dritten Faktor lädt, wird diese Aufgabe bei der weiteren Auswertung nicht beachtet.

Die oben diskutierte Faktorenanalyse zeigt, dass eine Kategorisierung der Aufgaben nach unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten, Fertigkeiten und den unterschiedlichen Elementen der Konzeption sinnvoll ist.

Nach inhaltlicher Interpretation der Faktorenanalyse lassen sich die Aufgaben des Wissenstest in die drei Kategorien *Klassifizieren*, *Argumentieren/Kontext* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* einteilen (vgl. Tabelle 16). Die Kategorien, die den Aufgaben der Pilotstudie zu Grunde gelegt wurden (vgl. Kapitel 5.4.1), konnten statistisch nicht bestätigt werden.

Tabelle 16: Einteilung der Testaufgaben in unterschiedliche Kategorien

Kategorie	Aufgaben des Wissenstests	Merkmale der Kategorie
1 <i>Klassifizieren</i>	I 2.1a, I 2.1b, I 2.2a, I 2.2b, I 2.4a, I 2.4c, II 1.1, II 1.3, III 3.1, III 3.2a	<ul style="list-style-type: none"> • Kognitive Fähigkeiten: klassifizieren, einordnen
2 <i>Argumentieren/ Kontext</i>	I 2.3a, I 2.3b, I 2.4b, I 2.4d	<ul style="list-style-type: none"> • Kognitive Fähigkeiten: begründen, argumentieren • Fertigkeiten: Strukturen und Eigenschaften von Stoffen vernetzen • Relevantes Element der Konzeption: Kontext
3 <i>Argumentieren/ Rekontextualisierung</i>	II 1.4, III 1.1b, III 2.1, III 3.2b	<ul style="list-style-type: none"> • Kognitive Fähigkeiten: begründen, argumentieren • Fertigkeiten: Strukturen und Eigenschaften von Stoffen vernetzen • Relevante Elemente der Konzeption: Dekontextualisierung (eine der Aufgaben) und Rekontextualisierung

Die Reliabilität der Skalen wurde über interne Konsistenzberechnungen (Cronbachs α) geprüft. Wie Tabelle 17 zeigt, können die internen Konsistenzen als befriedigend bis gut angesehen werden.

Tabelle 17: Kennwerte der Skalen, die sich durch die Faktorenanalyse ergeben: Anzahl Versuchspersonen, Anzahl der Items, interne Konsistenz, Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimum und Maximum.

Skalen	N	Zahl der Items	Cronbachs α	M	SD	Min	Max
Klassifizieren	142	10	.68	.44	.26	0	1
Argumentieren/ Kontext	142	4	.78	.40	.39	0	1
Argumentieren/ Rekontextualisierung	142	4	.66	.32	.32	0	1

Im Ganzen betrachtet fällt auf, dass die erste Kategorie in allen drei Teilen des Fragebogens zu finden ist, während die zweite Kategorie im ersten Teil und die dritte Kategorie im zweiten und im dritten Teil des Fragebogens anzutreffen sind.

Der Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben

Der Schwierigkeitsgrad einer Testaufgabe kann wie beschrieben mithilfe einer Schwierigkeitsanalyse ermittelt werden. Das Ergebnis einer solchen Analyse sind Schwierigkeitsindices für die einzelnen Aufgaben (Lienert, 1994) (vgl. Kapitel 5.5.1).

Ein Schwierigkeitsindex von 56 sagt aus, dass 56 Prozent derjenigen Schüler, die die Aufgabe bearbeitet haben, diese Aufgabe vollständig und richtig gelöst haben. Eine Betrachtung der Schwierigkeitsindices, die sich für die einzelnen Testaufgaben ergaben (vgl. Mittelwerte¹ in Tabelle 18), zeigt, dass die Bearbeitung des Fragebogens den Schülern im Nachtest wie erwartet leichter fiel. Während sich im Vortest drei Aufgaben als leicht, sechs Aufgaben als mittelschwer und elf Aufgaben als schwer herausstellten, gab es im Nachtest fünf als leicht, 14 als mittelschwer sowie eine als schwer einzustufende Aufgaben (vgl. Abbildung 23).

Nahezu alle Aufgaben, die den Schülern während des Vortests große Schwierigkeiten bereitet haben, können im Nachtest als mittelschwer eingestuft werden. Lediglich Aufgabe 2.2b aus dem ersten Teil des Fragebogens wurde sowohl im Vor- als auch im Nachtest als schwer eingestuft. Von den Testaufgaben, die im Vortest als mittelschwer identifiziert wurden, fielen den Schülern zwei im Nachtest leicht. Die restlichen dieser Aufgaben blieben auch im Nachtest mittelschwer. Die Testaufgaben, die bereits im Vortest als leicht eingestuft wurden, konnten auch im Nachtest als leicht identifiziert werden.

¹ Durch Multiplikation der Mittelwerte mit 100 ergeben sich die entsprechenden Schwierigkeitsindices.

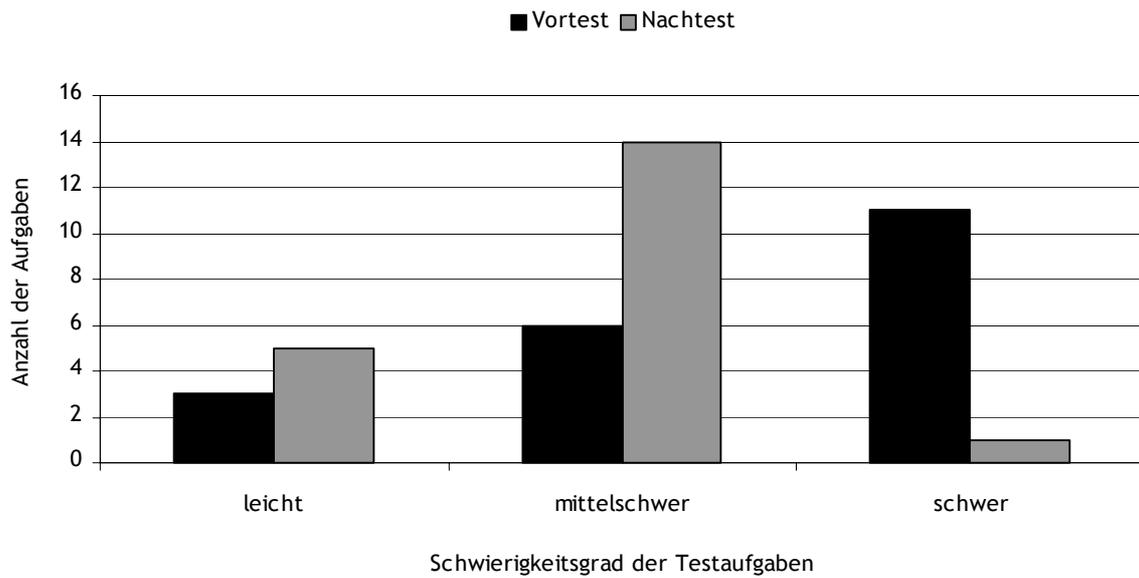


Abbildung 23: Häufigkeit von leichten, mittelschweren und schweren Aufgaben im Wissenstest. Vergleich von Vor- und Nachtest.

Die Standardabweichungen im Nachtest liegen größtenteils bei .50 (vgl. Tabelle 18). Das Spektrum zwischen null (Antwort unvollständig oder falsch) und eins (Antwort vollständig und richtig) ist demnach gut abgedeckt. Vier Testaufgaben zeigen in der Auswertung niedrige Standardabweichungen von .24 bis .42. Es handelt sich bei diesen Aufgaben ausschließlich um Aufgaben, die als leicht eingestuft werden können.

Tabelle 18: Kennwerte der einzelnen Testaufgaben: Mittelwerte des prozentualen Anteils richtig gelöster Aufgaben, Standardabweichungen, Minimum und Maximum.

Testaufgabe	„Zeitpunkt“	N	M	SD	Min	Max
I 2.1a	Vortest (V)	11	.09	.30	0	1
	Nachtest (N)	95	.51	.50	0	1
I 2.1b	V	14	.36	.50	0	1
	N	85	.67	.47	0	1
I 2.2a	V	50	.66	.48	0	1
	N	129	.81	.40	0	1
I 2.2b	V	48	.13	.33	0	1
	N	129	.35	.48	0	1
I 2.3a	V	33	.00	.00	0	0
	N	116	.64	.48	0	1
I 2.3b	V	32	.00	.00	0	0
	N	115	.56	.50	0	1
I 2.4a	V	42	.45	.50	0	1
	N	123	.67	.42	0	1
I 2.4b	V	20	.05	.22	0	1
	N	100	.60	.49	0	1
I 2.4c	V	40	.38	.49	0	1
	N	123	.61	.49	0	1
I 2.4d	V	20	.00	.00	0	0
	N	103	.52	.50	0	1
II 1.1	V	16	.31	.48	0	1
	N	96	.44	.50	0	1
II 1.2	V	19	.00	.00	0	0
	N	110	.63	.49	0	1
II 1.3	V	52	.69	.47	0	1
	N	120	.88	.32	0	1
II 1.4	V	36	.25	.44	0	1
	N	110	.56	.50	0	1
III 1.1a	V	39	.97	.16	0	1
	N	102	.94	.24	0	1
III 1.1b	V	36	.47	.51	0	1
	N	99	.61	.49	0	1
III 2.1	V	24	.08	.28	0	1
	N	98	.42	.50	0	1
III 3.1	V	56	.45	.50	0	1
	N	125	.58	.49	0	1
III 3.2a	V	20	.45	.51	0	1
	N	87	.43	.50	0	1
III 3.2b	V	18	.11	.32	0	1
	N	74	.39	.49	0	1

Vergleich des Schwierigkeitsgrads der Testaufgaben von Pilot- und Hauptstudie

Eine Schwierigkeitsanalyse der Testaufgaben der Pilotstudie ergab zehn leichte, 17 mittelschwere sowie sechs schwere Aufgaben. Im Nachtest der Hauptstudie, der sich aus insgesamt 20 Items zusammensetzt, konnten eine schwere, 14 mittelschwere und 5 leichte Testaufgaben ermittelt werden. Tabelle 19 fasst die Ergebnisse der Schwierigkeitsanalysen noch einmal zusammen. Die Testaufgaben wurden im Anschluss an die Pilotstudie größtenteils umformuliert (vgl. Kapitel 5.5.3). In Tabelle 19 sind deshalb die Testaufgaben der Pilot- und der Hauptstudie, die einander inhaltlich entsprechen, gegenüber gestellt. Die Aufgaben, die in der jeweils anderen Testversion keine Entsprechung finden, sind in der Tabelle nicht abgebildet.

Tabelle 19: Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben von Studie 1 und Studie 2 im Vergleich

Testaufgaben Pilotstudie	Schwierigkeitsgrad der Aufgaben im Nachtest		Testaufgaben Hauptstudie
	Pilotstudie	Hauptstudie	
I 1.1	leicht	leicht	I 2.1b
I 2.2	mittel	schwer	I 2.2b
I 2.3a	mittel	mittel	I 2.3b
I 2.3b	mittel		
I 3.1a	mittel	leicht	I 2.4a
I 3.1b	mittel	mittel	I 2.4b
I 3.1c	mittel	mittel	I 2.4c
I 3.1d	mittel	mittel	I 2.4d
<hr/>			
II 1.1	leicht	mittel	II 1.1
II 1.2	leicht	mittel	II 1.2
II 1.3	mittel	leicht	II 1.3
II 1.4	schwer	mittel	II 1.4
<hr/>			
III 2.1a	schwer	mittel	III 1.1b
III 2.1b	mittel		
III 3.1a	mittel	mittel	III 3.1
III 3.1b	mittel	mittel	III 3.2a
III 3.1c	schwer		
III 3.1d	mittel		
III 3.1e	schwer	mittel	III 3.2b

19 Items aus dem Fragebogen der Pilotstudie können 15 Items aus dem Test der Hauptstudie gegenüber gestellt werden. Das Ungleichgewicht in der Anzahl der Testaufgaben hängt

u.a. damit zusammen, dass in vier Fällen zwei Aufgaben der Pilotstudie einer Aufgabe der Hauptstudie entsprechen. Es zeigt sich, dass sich die Schwierigkeitsgrade bei fünf Testaufgaben in Pilot- und Hauptstudie gleichen. In drei Fällen entsprechen eine mittelschwere und eine schwere Testaufgabe aus der Pilotstudie einer mittelschweren Aufgabe aus der Hauptstudie. Drei der Testaufgaben fallen den Schülern in der Hauptstudie leichter als in der Pilotstudie. Es handelt sich hier um die Aufgabe 2.4a aus dem ersten Teil des Tests sowie um die Aufgaben 1.3 und 1.4 aus dem zweiten Teil des Fragebogens². Aufgabe I 2.4a fiel den Lernenden in der Pilotstudie mittelschwer, in der Hauptstudie leicht, Aufgabe II 1.3 ebenso. Aufgabe II 1.4 konnte in der Pilotstudie als schwer und in der Hauptstudie als mittelschwer identifiziert werden. Die Aufgabe 2.2b aus dem ersten Teil des Tests sowie die Aufgaben 1.1 und 1.2 aus dem zweiten Teil des Fragebogens werden in der Hauptstudie schwerer eingestuft als in der Pilotstudie. Während sich bei Aufgabe I 2.2b eine Entwicklung von mittelschwer nach schwer zeigt, fielen die beiden letztgenannten Aufgaben den Schülern in der Pilotstudie leicht und in der Hauptstudie mittelschwer.

Der niedrigere Schwierigkeitsgrad von Aufgabe I 2.4a in der Hauptstudie kann damit erklärt werden, dass das eher offene Antwortformat dieser Aufgabe in der neueren Testversion in eine Multiple-Choice-Aufgabe umgewandelt wurde. Gleiches gilt für Aufgabe II 1.3. In Aufgabe 1.4 aus dem zweiten Teil des Tests der Hauptstudie werden die Schüler im Gegensatz zur Pilotstudie explizit darauf hingewiesen, bei der Beantwortung der Frage auf die intermolekularen Wechselwirkungen einzugehen. Dies könnte erklären, weshalb den Schülern diese Aufgabe in der Hauptstudie leichter fiel als in der Pilotstudie.

Dass die Schüler bei der Aufgabe I 2.2 in der Hauptstudie mehr Schwierigkeiten hatten als in der Pilotstudie, könnte mit der etwas veränderten Aufgabenstellung zusammenhängen: Während die Schüler in der Pilotstudie die Kunststoffklasse mit der geringsten Wärmeformbeständigkeit nennen sollten, waren die Schüler in der Hauptstudie aufgefordert, die Kunststoffklasse zu nennen, aus denen ein Treibstoff-Schlauch besteht. Obwohl die Schüler in der Aufgabe zuvor einen Strukturformel-Ausschnitt dieses Kunststoffes gezeichnet hatten, ließen sie sich vermutlich durch ihre Alltagserfahrungen mit Schläuchen beeinflussen. Sie entschieden sich häufig für die Kunststoffklasse *Elastomere* mit der Begründung, dass Schläuche gummiartig seien.

In Aufgabe 1.1 des zweiten Testteils sollten die Schüler eine Reaktionsgleichung unter Verwendung von Strukturformeln vervollständigen. In der Pilotstudie waren die Edukte

² Die Angaben beziehen sich auf die Testversion von der Hauptstudie.

gegeben, während die Schüler in der Hauptstudie von dem Produkt der Reaktion ausgehen mussten. Dies könnte die erhöhte Schwierigkeit der Aufgabe in der Hauptstudie erklären, da die Schüler aus einer geknüpften Bindung auf die funktionellen Gruppen rückschließen müssen. Außerdem müssen die Schüler erkennen, an welcher Stelle die Reaktion stattgefunden hat.

Eine entsprechende Erklärung ist für die folgende Testaufgabe heranzuziehen. Hier sollten die Schüler den Reaktionstyp nennen, der der vorangehenden Aufgabe zu Grunde liegt. Bei der Vervollständigung der Reaktionsgleichung in Aufgabe 1.1 wurden häufiger falsche funktionelle Gruppen angenommen, als Folge davon wurde auch häufiger auf einen nicht korrekten Reaktionstyp geschlossen.

Die Testzeit

Im Folgenden soll dargestellt werden, wie viel Zeit die Schüler der einzelnen Chemiekurse für die Bearbeitung des Tests benötigt haben bzw. wie viel Zeit den Schülern für die Bearbeitung des Tests zur Verfügung gestellt wurde. Tabelle 20 fasst die Ergebnisse zusammen, die sich auf die Aussagen der unterrichtenden Lehrer stützen. Danach fällt der Chemiekurs mit der Nummer 7 besonders auf. Da der Wissenstest hier als Klausur eingesetzt wurde, hatten die Schüler fünf Schulstunden Zeit, die Fragen des Tests zu beantworten. Den Kursen 4 und 8 standen anderthalb Schulstunden zur Verfügung, während die Schüler der Chemiekurse 1, 3, 5, 6 und 9 etwa eine Schulstunde zur Bearbeitung des Tests benötigten bzw. zur Verfügung gestellt bekamen. Die Kurse 11 und 12 beantworteten die Fragen des Wissenstests innerhalb von zwei Schulstunden. Auffällig ist, dass die Schüler des Chemiekurses mit der Nummer 10 nur ungefähr 30 Minuten auf die Bearbeitung des Tests verwendet haben. Zu der Bearbeitungszeit der Schüler des Chemiekurses 2 können keine genauen Angaben gemacht werden, da die Schüler den Test zu Hause bearbeitet haben.

Tabelle 20: Zeit, die den Probanden zur Bearbeitung des Tests zur Verfügung stand bzw. die sie zur Bearbeitung benötigten

Chemiekurs	Dauer der Bearbeitung des Wissenstests
1	1 Schulstunde
2	Test wurde zu Hause bearbeitet, Bearbeitungszeit individuell
3	Knappe Schulstunde
4	1,5 Schulstunden
5	Ca. 1 Schulstunde
6	Knappe Schulstunde
7	5 Schulstunden (Klausur)
8	1,5 Schulstunden
9	Knappe Schulstunde
10	Ca. 30 min.
11	2 Schulstunden
12	2 Schulstunden

6.5.2 Leistungen der Schüler im Wissenstest (Fragestellung 2)

Im Folgenden sollen die Ergebnisse hinsichtlich der Schülerleistungen, die sich bei der Auswertung des Wissenstests ergaben, vorgestellt werden. Zur Überprüfung der Objektivität wurde eine doppelte Codierung vorgenommen. Dabei wurden 40 Prozent der Fragebögen des Nachtests von einer weiteren Person ausgewertet. Als Hauptkriterium wurden die Prozent direkte Übereinstimmung ($>80\%$) herangezogen. Das Übereinstimmungsmaß Cohens Kappa ($>.70$) soll als Nebenkriterium Beachtung finden (Bortz et al., 2003).

In Tabelle 21 sind die Kennwerte zusammengefasst, die Kennwerte für die einzelnen Testaufgaben sind insgesamt zufrieden stellend bis sehr gut. Bei 18 von 21 Aufgaben ergibt sich eine sehr gute, bei einer Aufgabe eine gute und bei zwei Testaufgaben eine zufrieden stellende Übereinstimmung in der Auswertung.

Kenndaten zur Testgruppe können Tabelle 11 auf Seite 71 entnommen werden.

Mithilfe einer Faktorenanalyse konnten bezüglich der Aufgaben des Wissenstests drei Kategorien voneinander abgegrenzt werden: (1) *klassifizieren*, (2) *argumentieren/Kontext* sowie (3) *argumentieren/Rekontextualisierung*.

Tabelle 21: Auswertungsübereinstimmung in den einzelnen Aufgaben des Nachtests

Testaufgabe	N	Direkte Übereinstimmung in %	Cohens Kappa
I 1.1	57	91.2	.41
I 2.1a	35	100	1.0
I 2.1b	31	93.5	.84
I 2.2a	57	100	1.0
I 2.2b	57	100	1.0
I 2.3a	52	88.5	.75
I 2.3b	50	78.0	.57
I 2.4a	53	96.2	.91
I 2.4b	43	97.7	.95
I 2.4c	54	94.4	.88
I 2.4d	44	93.2	.86

II 1.1	42	97.6	.95
II 1.2	47	97.9	.95
II 1.3	54	100	1.0
II 1.4	50	98.0	.96

III 1.1a	45	100	1.0
III 1.1b	44	95.5	.90
III 2.1	45	95.6	.91
III 3.1	56	100	1.0
III 3.2a	39	92.3	.82
III 3.2b	38	84.2	.63

Der Kategorie *Klassifizieren* können zehn Items zugeordnet werden, den übrigen beiden Kategorien jeweils vier Items.

Weitere Kenndaten der Skalen können der Tabelle 18 auf Seite 91 entnommen werden.

Der Wissenstest gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Teil des Fragebogens enthält Fragen zu dem in der Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* behandelten Kontext. Der zweite Teil des Tests ist „kontextfrei“ (*Dekontextualisierung*), während im dritten Teil des Wissenstests Fragen zu einem neuen Kontext gestellt werden (*Rekontextualisierung*, vgl. Kapitel 6.4.1). Tabelle 16 auf Seite 88 ist zu entnehmen, dass die Items des ersten Fragebogenteils den Kategorien *klassifizieren* und *argumentieren/Kontext* zugeordnet werden können. Die Items im zweiten und dritten Teil

des Fragebogens können den Kategorien *klassifizieren* und *Argumentieren/Dekontextualisierung, Rekontextualisierung* zugeordnet werden.

Die Darstellung der folgenden Ergebnisse orientiert sich an den in Kapitel 6.2.2 formulierten Fragestellungen. Demnach werden zunächst die Ergebnisse zu den Leistungen bezüglich kognitiver Fähigkeiten vorgestellt. Im Anschluss daran erfolgt eine Betrachtung der Schülerleistungen hinsichtlich der einzelnen Testteile. In beiden Fällen wird zwischen den Kursen, die nur den Nachtest bearbeitet haben, und jenen Kursen, die sowohl am Vor- als auch am Nachtest teilgenommen haben, unterschieden. Des Weiteren sollen Grund- und Leistungskurse sowie alle einzelnen Chemiekurse, die an der Untersuchung teilgenommen haben, miteinander verglichen werden.

Leistungen bezüglich kognitiver Fähigkeiten (Fragestellung 2.1)

Zunächst werden die Leistungen der Schüler hinsichtlich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien über den gesamten Test verglichen. Es folgt eine Betrachtung der Kategorien in den einzelnen Teilen des Tests. Abschließend werden für jede der drei Kategorien die einzelnen Teile des Fragebogens verglichen.

Vergleich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien über den gesamten Wissenstest

Chemiekurse, die nur am Nachtest teilgenommen haben

Die Schüler, die nur den Nachtest bearbeitet haben, lösten im Mittel 54.2 Prozent der Aufgaben, bei denen sie *klassifizieren* mussten, vollständig und richtig. Von den Aufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Kontext* angehören, wurden im Mittel 53.3 Prozent vollständig und richtig gelöst. Bezüglich der dritten Kategorie lösten die Schüler durchschnittlich 29.6 Prozent der Testaufgaben (vgl. Abbildung 24).

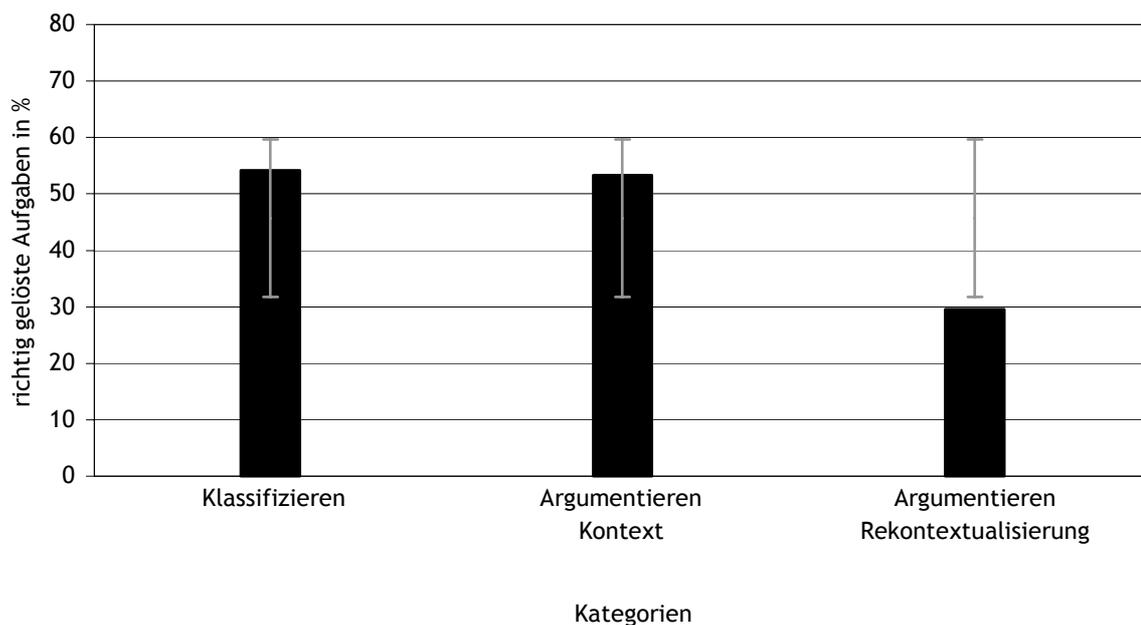


Abbildung 24: Richtig gelöste Testaufgaben in den einzelnen Kategorien bei Betrachtung der Schüler, die nur den Nachtest bearbeitet haben.

Chemiekurse, die sowohl am Vor- als auch am Nachtest teilgenommen haben

Es zeigt sich, dass die Chemiekurse, die sowohl am Vor- als auch am Nachtest teilgenommen haben, im Nachtest in allen drei Kategorien etwa gleich abgeschnitten haben. Die Schüler haben in allen drei Kategorien ungefähr 50 Prozent der Testaufgaben richtig und vollständig lösen können (vgl. Abb. 25). Damit unterscheiden sich die Schüler dieser Chemiekurse von denen, die nur den Nachtest bearbeitet haben. Letztere haben in den Kategorien *Klassifizieren* und *Argumentieren/Kontext* zwar auch ungefähr 50 Prozent der Aufgaben richtig bearbeitet. Von den Testaufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zugeordnet werden können, lösten die Schüler im Mittel dahingegen nur 30 Prozent der Aufgaben (vgl. Abb. 24).

Bei der Betrachtung des Vortests fällt auf, dass der Wissenszuwachs in der Kategorie *Argumentieren/Kontext* besonders deutlich ist. Hier lösten die Schüler im Vortest gerade mal 0.6 Prozent der Aufgaben.

In der Kategorie *Klassifizieren* konnten die Schüler im Vortest im Mittel 26.1 Prozent, in der Kategorie *Argumentieren/Dekontextualisierung, Rekontextualisierung* 16.0 Prozent der entsprechenden Testaufgaben vollständig und richtig lösen (vgl. Abbildung 25).

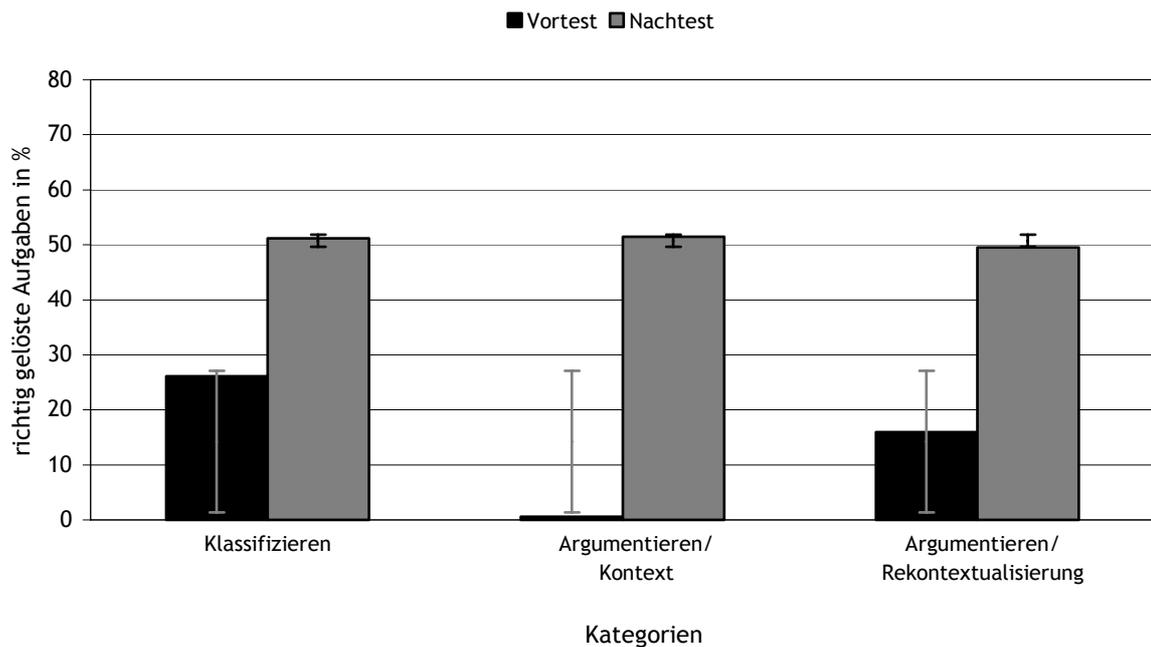


Abbildung 25: Richtig gelöste Testaufgaben in den einzelnen Kategorien bei Betrachtung der Schüler, die sowohl Vor- als auch Nachtest bearbeitet haben.

Vergleich der Grund- und Leistungskurse

An der Hauptstudie nahmen sechs Grundkurse und sechs Leistungskurse teil. In Abbildung 26 ist dargestellt, wieviel Prozent der Testaufgaben durchschnittlich von den Grund- und Leistungskursen vollständig und richtig gelöst wurden.

Die Abbildung verdeutlicht, dass die Leistungskurse in allen drei Kategorien durchschnittlich mehr Testaufgaben lösen konnten als die Grundkurse. Im Mittel haben die Leistungskurse 16 Prozent mehr Aufgaben aus dem Fragebogen lösen können.

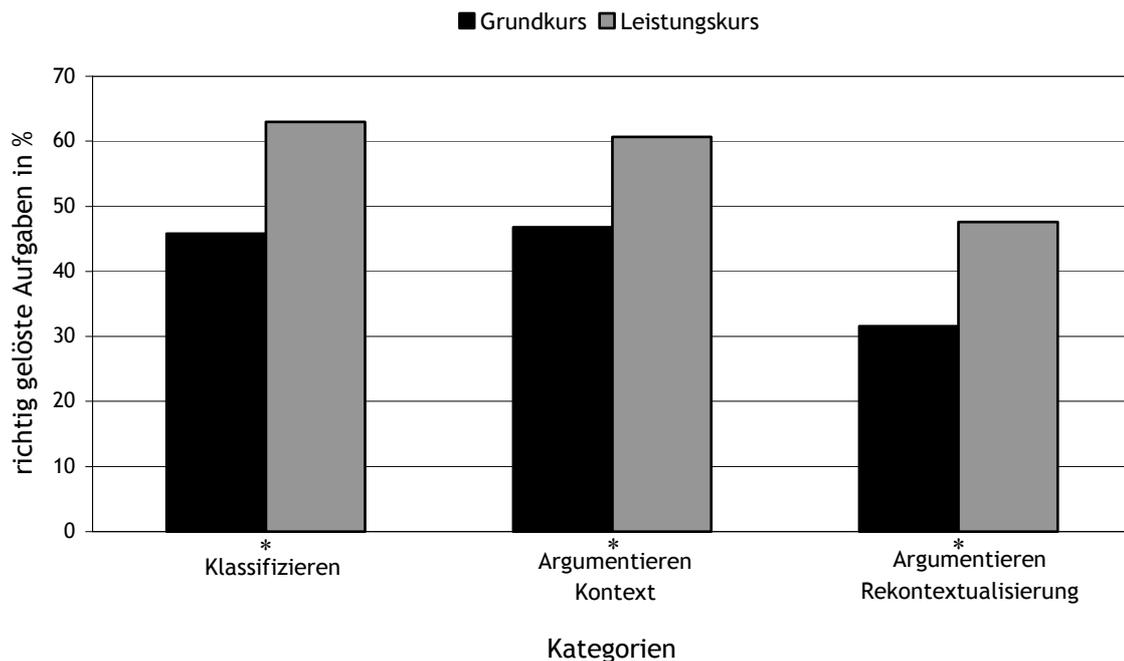


Abbildung 26: Darstellung des prozentualen Anteils gelöster Testaufgaben in den einzelnen Kategorien über den gesamten Wissenstest.

Am deutlichsten ist der Unterschied in der Kategorie *Klassifizieren*. Hier beträgt die Differenz an gelösten Testaufgaben 17 Prozent. Der Unterschied zwischen Leistungs- und Grundkursen ist hier signifikant ($t_{(127)} = -4.02$; $p = .000$). Von den Aufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* angehören, haben die Leistungskurse im Mittel 16 Prozent mehr richtig gelöst. Auch bezüglich dieser Kategorie ist der Unterschied zwischen Leistungs- und Grundkursen signifikant ($t_{(93,3)} = -2.61$; $p = .010$). Bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Kontext* zeigt sich zwischen Leistungs- und Grundkursen eine Differenz von 14 Prozent. Der Unterschied ist ebenfalls signifikant ($t_{(118)} = -2.06$; $p = .042$).

Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen

Im Folgenden sollen die einzelnen Chemiekurse, die an der Untersuchung teilnahmen, untereinander verglichen werden. Bei der Betrachtung der Ergebnisse wurden die Kurse

dahingehend verglichen, ob sie durchschnittlich 50 Prozent der Testaufgaben eines bestimmten Bereichs lösen konnten oder nicht.

Abbildung 27 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Versuchsgruppen hinsichtlich der durch den Wissenstest repräsentierten Kategorien. Das Balkendiagramm gibt an, wieviel Prozent der Testaufgaben einer bestimmten Kategorie von einem bestimmten Chemiekurs im Mittel richtig gelöst wurden. Bei diesen Ergebnissen ist nur der Nachtest berücksichtigt.

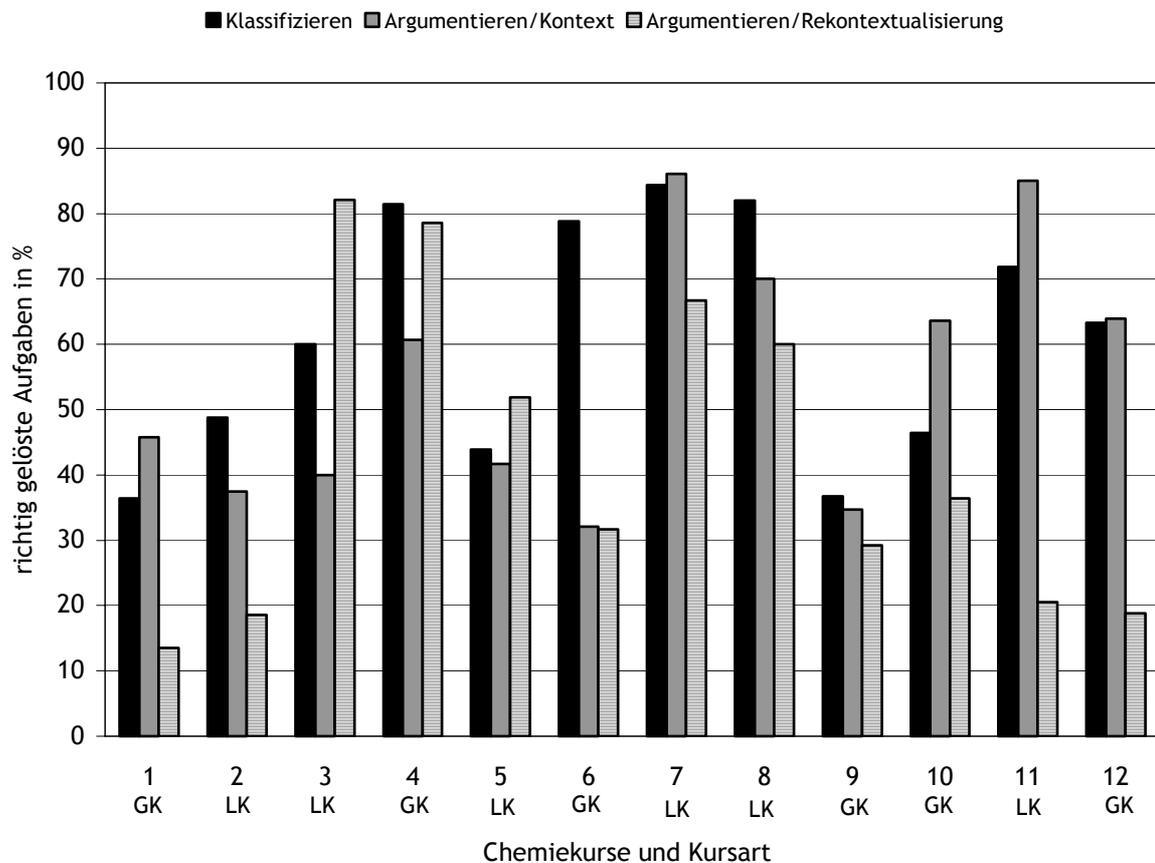


Abbildung 27: Richtig gelöste Testaufgaben in den einzelnen Kategorien; die zwölf Testgruppen im Vergleich. Die Kurse 3, 5, 6, 7 und 10 haben auch am Vortest teilgenommen.

Die Schüler der Chemiekurse mit den Nummern 4, 7 und 8 haben in allen Kategorien durchschnittlich mindestens 50 Prozent der Aufgaben des Nachtests vollständig und richtig gelöst.

In den Chemiekursen, die in der Grafik mit 1, 2 und 9 beziffert sind, haben die Schüler in allen Kategorien weniger als 50 Prozent der Testaufgaben vollständig und richtig gelöst. Die Schüler der übrigen Chemiekurse (3, 5, 6, 10, 11, 12) haben überwiegend in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* schlechter abgeschnitten. Die Schüler der Kurse mit den Nummern 11 und 12 beantworteten in dieser Kategorie maximal 20 Prozent der Aufgaben vollständig und richtig. Der Kurs mit der Nummer 3 hat dagegen in dieser Kategorie über 80 Prozent der Aufgaben gelöst. Die Schüler dieses Kurses hatten offensichtlich mit der Kategorie *Argumentieren/Kontext* verstärkte Schwierigkeiten. In diesem Bereich lösten sie 40 Prozent der Testaufgaben vollständig und richtig. Auch die Chemiekurse mit den Nummern 4 und 5 fallen dadurch auf, dass sie in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* besser abgeschnitten haben als in der Kategorie *Argumentieren/Kontext*.

Vergleicht man die Chemiekurse bezüglich der Leistungen im Vortest miteinander, zeigen sich keine so deutlichen Unterschiede (vgl. Abbildung 28). Kurs 7 fällt lediglich dadurch auf, dass die Schüler hinsichtlich der Kategorie *Klassifizieren* deutlich besser abschneiden als die übrigen Kurse. Die Probanden lösten hier durchschnittlich mindestens 20 Prozent mehr Testaufgaben. Ansonsten fällt bei der Betrachtung des Diagramms auf, dass die Schüler aller Kurse in der Kategorie *Argumentieren/Kontext* deutlich schlechter abgeschnitten haben als in den anderen zwei Kategorien. Bis auf die Schüler aus Kurs 10 wurde hier im Vortest keine einzige Testaufgaben bearbeitet.

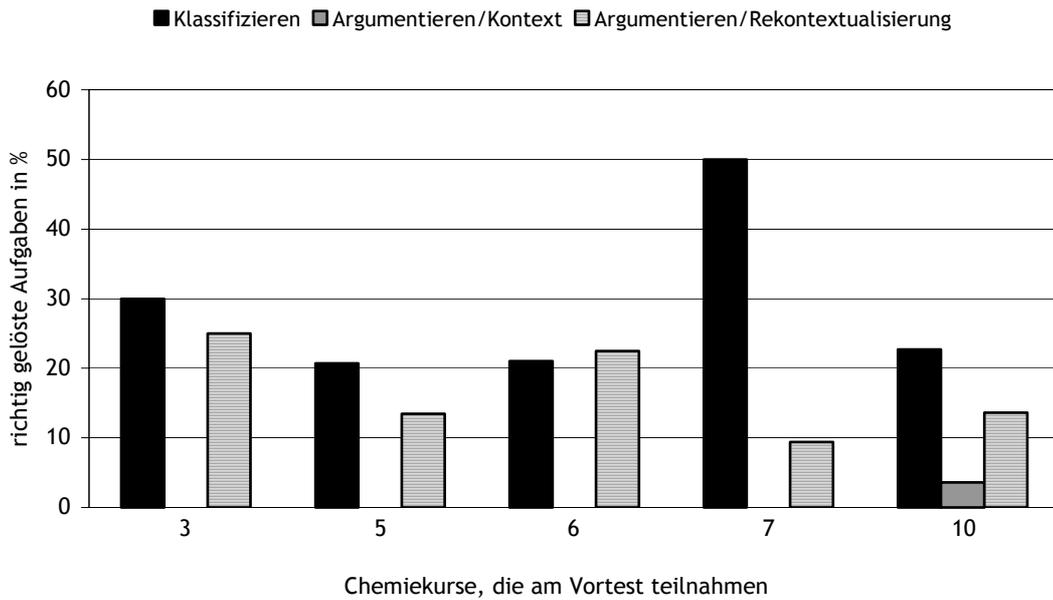


Abbildung 28: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten in den einzelnen Kategorien im Vortest

Teilzusammenfassung 1 (Vergleich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien über den gesamten Wissenstest)

In dem vorangegangenen Abschnitt wurde ein Vergleich der mithilfe der Faktorenanalyse ermittelten Kategorien über den gesamten Wissenstest vorgenommen. Dabei wurden zunächst die Chemiekurse betrachtet, die nur am Nachtest teilgenommen haben. Anschließend wurden die Kurse untersucht, die sowohl den Vor- als auch den Nachtest bearbeiteten. Es folgte ein Vergleich der Grund- und Leistungskurse hinsichtlich ihres Abschneidens im Wissenstest. Abschließend wurden die einzelnen Testgruppen betrachtet. Tabelle 22 fasst noch einmal die Ergebnisse für die Betrachtung der genannten Kursgruppen, Tabelle 23 für die einzelnen Chemiekurse zusammen.

Tabelle 22: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Testaufgaben in %

	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien					
	Klassifizieren		Argumentieren/ Kontext		Argumentieren/ Rekon- textualisierung	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben		54.2% (NT)		53.3% (NT)		29.6% (NT)
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	26.1% (VT)	51.2% (NT)	0.6% (VT)	51.5% (NT)	16.0% (VT)	49.5% (NT)
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	45.8% (GK)	63.0%** (LK)	46.8% (GK)	60.7%* (LK)	31.6% (GK)	47.6%** (LK)

Bei den Kursen, die am Vor- und am Nachtest teilgenommen haben, ist zuerst der Wert für den Vortest und dann der Wert für den Nachtest angegeben.

Beim Vergleich der Grund- und Leistungskurse ist zuerst der Wert für den Grundkurs und dann der Wert für den Leistungskurs angegeben. Außerdem ist die Signifikanz angegeben: ** $p < .01$, * $p < .05$.

Die Testaufgaben, die der Kategorie *Klassifizieren* zugeordnet werden können, wurden von den Versuchspersonen in der Regel am häufigsten vollständig und richtig gelöst. Eine Ausnahme bilden die Grundkurse. Sie lösten von den Aufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Kontext* zugeordnet werden können, durchschnittlich mehr als von den Aufgaben der Kategorie *Klassifizieren*.

Die Testaufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zugeordnet werden können, wurden von den Schülern am seltensten richtig bearbeitet. Dies trifft beim Nachtest für alle betrachteten Gruppen zu. Die Schüler, die auch am Vortest teilgenommen haben, lösten im Vortest in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* durchschnittlich deutlich mehr Aufgaben als in der Kategorie *Argumentieren/Kontext*. Generell ist der Unterschied zwischen Vor- und Nachtest im Hinblick auf die Kategorie *Argumentieren/Kontext*, welche ausschließlich im ersten Teil des Wissenstests vorzufinden ist, besonders auffällig. Während im Vortest nahezu keine Aufgabe von den Schülern vollständig und richtig beantwortet wurde, haben die Versuchspersonen im Nachtest im Mittel 51.5 Prozent dieser Aufgaben richtig gelöst.

Des Weiteren kann festgehalten werden, dass die Kurse, die bereits am Vortest teilgenommen haben, im Nachtest bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* deutlich besser abschneiden als die Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben.

Tabelle 23: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Testaufgaben bei Betrachtung der einzelnen Chemiekurse

Chemiekurse	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien		
	Klassifizieren	Argumentieren/ Kontext	Argumentieren/ Rekon- textualisierung
1	36,4%	45,8%	13,5%
2	48,8%	37,5%	18,6%
3	60,0%	40,0%	82,1%
4	81,4%	60,7%	78,6%
5	43,9%	41,7%	51,9%
6	78,8%	32,1%	31,7%
7	84,4%	86,1%	66,7%
8	82,0%	70,0%	60,0%
9	36,7%	34,7%	29,2%
10	46,4%	63,6%	36,4%
11	71,8%	85,0%	20,5%
12	63,3%	63,9%	18,8%

Vergleicht man die einzelnen Chemiekurse, die an der Untersuchung teilgenommen haben, so fallen die Kurse 4, 7 und 8 besonders ins Auge. Die Schüler dieser Versuchsgruppen haben im Nachtest von den Testaufgaben aller Kategorien durchschnittlich über 50 Prozent gelöst. Die Chemiekurse 1,2 und 9 fallen dagegen dadurch auf, dass sie in allen Kategorien weniger als 50 Prozent der Aufgaben richtig beantwortet haben. Im Vortest zeigen sich dagegen keine nennenswerten Unterschiede zwischen den einzelnen Chemiekursen.

Des Weiteren fällt auf, dass die Chemiekurse 3 und 4 sehr hohe Lösungswahrscheinlichkeiten in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* aufzeigen. Beide Kurse erreichten hier etwa 80 Prozent. Die Kurse 2, 11 und 12 lösten in dieser Kategorie dagegen durchschnittlich nur etwa 20 Prozent der Testaufgaben vollständig und richtig. Auffällig ist an dieser Stelle, dass die Kurse 11 und 12 in den übrigen Kategorien sehr gut abschnitten.

Vergleich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien in den einzelnen Testteilen

Chemiekurse, die nur am Nachtest teilgenommen haben

Vergleicht man die Mittelwerte, die sich bei den einzelnen Kategorien im ersten Teil des Wissenstests ergaben, so zeigt sich, dass den Probanden, die nur den Nachtest bearbeitet haben, das *Klassifizieren* leichter fiel als das *Argumentieren/Kontext* (vgl. Tabelle 25, Seite 113). Im Mittel haben die Schüler 59.0 Prozent der Aufgaben, in denen klassifiziert werden musste, vollständig und richtig gelöst. Die Testaufgaben, in denen mit dem Anforderungsniveau der Reproduktion argumentiert werden musste, haben die Versuchspersonen zu 53.3 Prozent richtig gelöst.

Aufgaben zur Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* kommen im ersten Teil des Fragebogens nicht vor.

Im zweiten Teil des Tests wurden die Aufgaben zur Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* im Mittel zu 42.6 Prozent von den Schülern vollständig und richtig gelöst, während die Aufgaben der Kategorie *Klassifizieren* von den Lernenden im Mittel zu 58.8 Prozent richtig beantwortet wurden (vgl. Tabelle 26, Seite 114).

Der Fragebogenteil III enthielt keine Aufgaben zur Kategorie *Argumentieren/Kontext*. Im Mittel konnten 40.4 Prozent der Aufgaben, die der Kategorie *Klassifizieren* angehören, von den Schülern vollständig und richtig gelöst werden. Die Aufgaben zur Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* konnten im Mittel zu 29.7 Prozent richtig beantwortet werden (vgl. Tabelle 27, Seite 115).

Chemiekurse, die sowohl am Vor- als auch am Nachtest teilgenommen haben

Im ersten Testteil, der den den Schülern bekannten Kontext *Auto* thematisiert, ist der Wissenszuwachs hinsichtlich der Kategorie *Argumentieren/Kontext* am auffälligsten (siehe oben). In dieser Kategorie konnten die Schüler im Nachtest im Mittel über 50 Prozent mehr Aufgaben lösen als im Vortest. In der Kategorie *Klassifizieren* lösten die Schüler im Vortest 24.4 und im Nachtest 49.4 Prozent der Testaufgaben (vgl. Tabelle 25, Seite 113).

Dem zweiten Teil des Wissenstests liegt kein Kontext zu Grunde. Die Testaufgaben dieses Teils können den Kategorien *Klassifizieren* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zugeordnet werden. Bezüglich der Kategorie *Klassifizieren* fällt auf, dass die Schüler bereits im Vortest ein relativ großes Vorwissen hatten. So konnten die Schüler vor der Unterrichtseinheit im Mittel 39.4 Prozent der Aufgaben dieser Kategorie richtig lösen. Auch hinsichtlich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* lösten die Schüler bereits im Vortest 25 Prozent der Testaufgaben. Im Nachtest erreichten die Schüler eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von 73.5 Prozent (vgl. Tabelle 26, Seite 114).

Wie im zweiten Teil des Wissenstests sind auch im dritten Testteil die Kategorien *Klassifizieren* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* von Bedeutung. Wie in den ersten beiden Testteilen konnten die Schüler auch im dritten Teil bereits im Vortest relativ viele Aufgaben der Kategorie *Klassifizieren* korrekt lösen. So wurden hinsichtlich dieser Kategorie im Vortest 30.4 Prozent der Testaufgaben richtig bearbeitet. Im Nachtest lösten die Testteilnehmer 48.2 Prozent dieser Aufgaben vollständig und richtig. Bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* ergab sich ein Zuwachs der Lösungswahrscheinlichkeit von anfänglich 15.6 Prozent auf 45.1 Prozent (vgl. Tabelle 27, Seite 115).

Vergleich von Grund- und Leistungskursen

Bei der Betrachtung der Kategorien in den einzelnen Teilen des Fragebogens zeigen sich die gleichen Tendenzen wie bei der Betrachtung des gesamten Wissenstests: Die Leistungskurse schnitten in allen drei Testteilen in allen Kategorien besser ab als die Grundkurse (vgl. Abbildung 29). Besonders deutlich sind die Unterschiede zwischen den zwei Kursarten im zweiten Teil des Fragebogens, in welchem den Testaufgaben kein Kontext zu Grunde liegt.

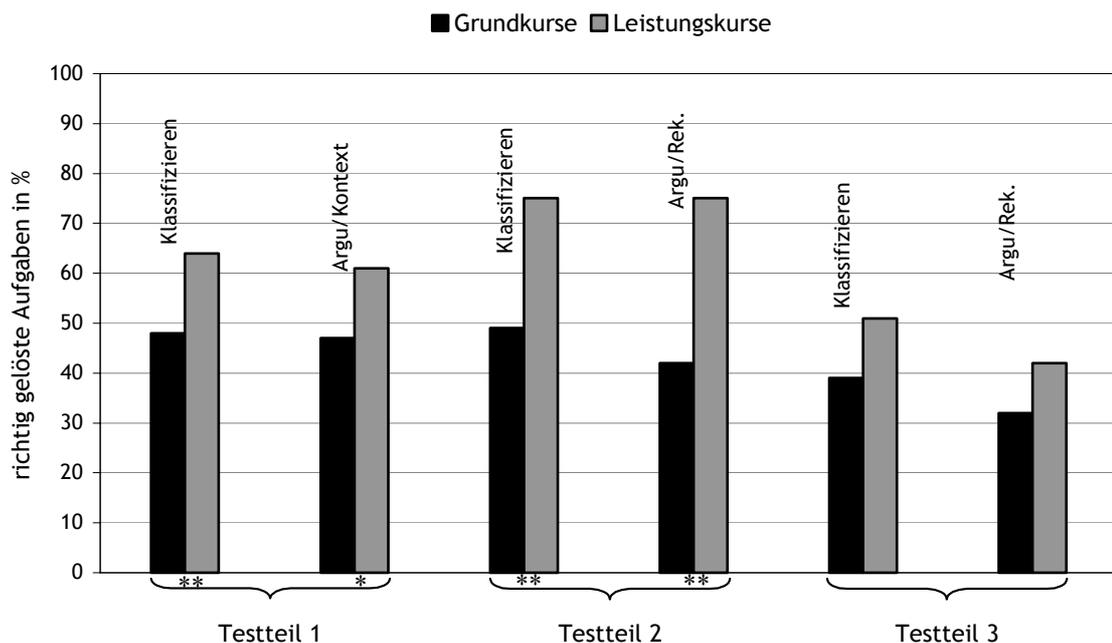


Abbildung 29: Darstellung des prozentualen Anteils gelöster Testaufgaben in den einzelnen Kategorien für jeden Teil des Wissenstests.

Von den Aufgaben der Kategorie *Klassifizieren* haben die Leistungskurschüler im Mittel 75 Prozent vollständig und richtig gelöst, während die Grundkurse durchschnittlich 49 Prozent richtig bearbeitet haben. Es handelt sich in diesem Fall um eine Differenz von 26 Prozent. Dieser Unterschied zwischen Grund- und Leistungskursen ist hoch signifikant ($t_{(107,4)} = -5.28$; $p = .000$). Bei den Testaufgaben zur Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* ergibt sich im zweiten Testteil eine Differenz von 33 Prozent richtig gelöster Aufgaben. Auch hier haben die Leistungskurse durchschnittlich 75 Prozent der Testaufgaben richtig beantwortet, die Grundkurse hingegen 42 Prozent. Auch dieser Unterschied zwischen den zwei Kursarten ist signifikant ($t_{(106,2)} = -3.70$; $p = .000$).

Tabelle 24 fasst die Ergebnisse noch einmal zusammen:

Tabelle 24: Vergleich von Grund- und Leistungskursen bezüglich der durchschnittlichen Lösungswahrscheinlichkeit der Testaufgaben in %. Betrachtung der einzelnen Kategorien und Teile des Tests. t-Test für unabhängige Stichproben

Kategorien und Testabschnitte	Grundkurse		Leistungskurse		df	t	p
	M	SD	M	SD			
Argumentieren/Kontext Testteil 1	46.83	36.09	60.71	36.80	118	-2.06	*
Argumentieren/Kontext alle Testteile	46.83	36.09	60.71	36.80	118	-2.06	*
Argumentieren/Rekontext. Testteil 2	41.94	49.75	75.00	43.76	106.2	-3.70	**
Argumentieren/Rekontext. Testteil 3	32.34	30.13	42.48	38.92	91.6	-1.54	n.s.
Argumentieren/Rekontext. alle Testteile	31.60	28.46	47.64	37.42	93.3	-2.61	**
Klassifizieren Testteil 1	48.25	28.49	64.15	25.82	127	-3.24	**
Klassifizieren Testteil 2	49.30	26.04	75.00	27.12	107.4	-5.28	**
Klassifizieren Testteil 3	39.20	40.77	50.98	40.61	123	-1.59	n.s.
Klassifizieren alle Testteile	45.79	24.67	63.02	22.92	127	-4.02	**

** $p < .01$, * $p < .05$, n.s. = nicht signifikant ($p \geq .05$)

Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen

Die folgenden drei Abbildungen zeigen, wieviel Prozent an Testaufgaben in den drei Kategorien pro Testteil gelöst werden konnten.

Erster Teil des Fragebogens

Im ersten Teil des Fragebogens spielen die Kategorien *Klassifizieren* und *Argumentieren/Kontext* eine Rolle (vgl. Tabelle 16, Seite 88).

Die Schüler, die in beiden Kategorien im ersten Teil des Fragebogens durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben richtig gelöst haben, gehörten den Chemiekursen mit den Nummern 4, 7, 8, 10, 11 und 12 an. Wie aus Abbildung 30 ersichtlich, handelt es sich hier zur Hälfte um Grund- und zur anderen Hälfte um Leistungskurse.

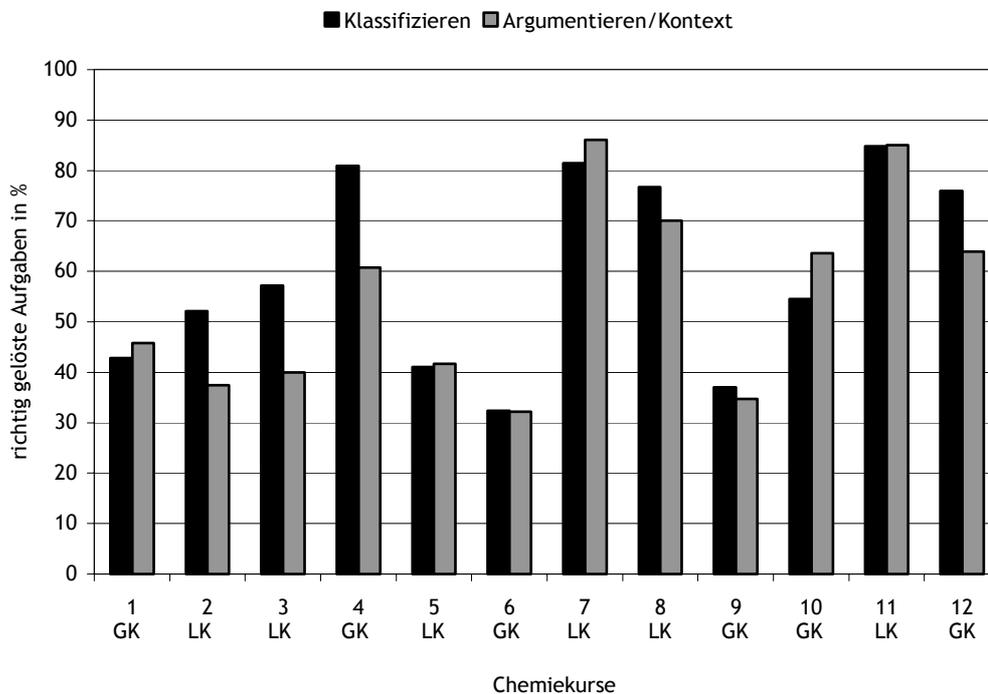


Abbildung 30: Vergleich der Kategorien im ersten Teil des Wissenstests. Gegenüberstellung der einzelnen Chemiekurse.

Die Schüler der mit den Ziffern 1, 5, 6 und 9 bezeichneten Kurse erreichten dagegen in beiden Kategorien weniger als 50 Prozent. Während die Schüler des Chemiekurses 5 einem Leistungskurs angehörten, handelte es sich bei den übrigen drei Kursen um Grundkurse.

Die Schüler der Kurse 2 und 3 haben in der Kategorie *Klassifizieren* durchschnittlich zwischen 50 und 60 Prozent der Testaufgaben richtig beantwortet. Bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Kontext* bleiben die Kurse 2 und 3 in ihren Leistungen unter 40 Prozent richtig gelöster Aufgaben.

Zweiter Teil des Fragebogens

Im zweiten Fragebogenteil lassen sich die Testaufgaben den Kategorien *Klassifizieren* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* zuordnen (vgl. Tabelle 16, Seite 88).

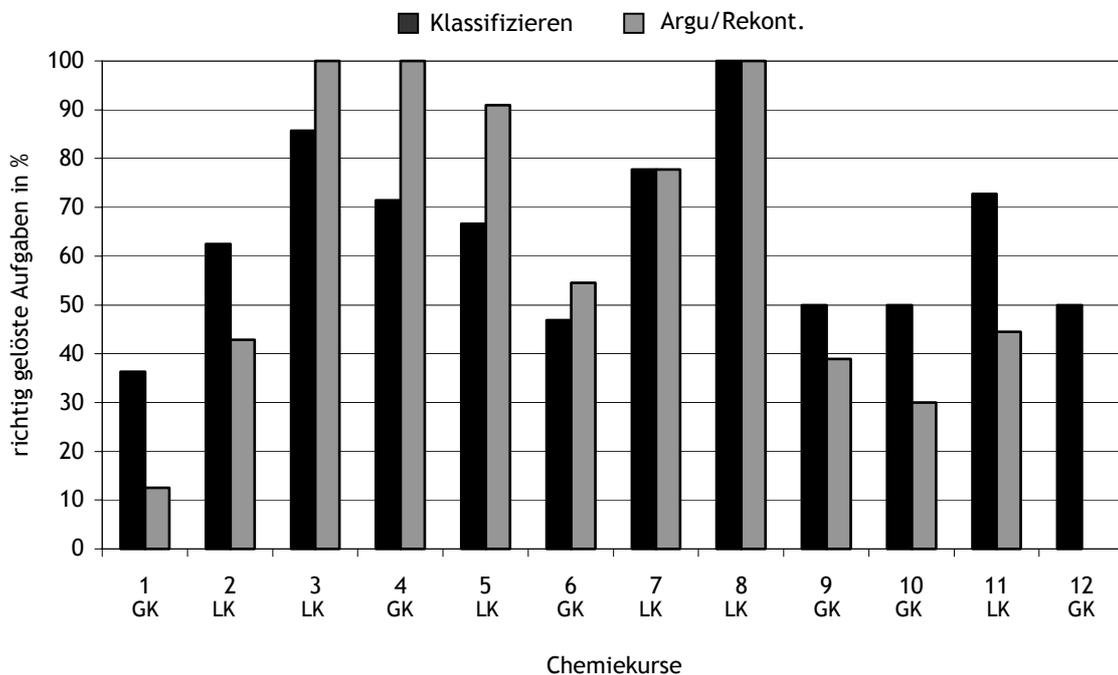


Abbildung 31: Vergleich der Kategorien im zweiten Teil des Wissenstests. Gegenüberstellung der einzelnen Chemiekurse.

Insgesamt betrachtet fällt auf, dass die Chemiekurse, die im zweiten Teil des Fragebogens besser abgeschnitten haben, in der Regel bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* einen höheren Prozentsatz an Aufgaben richtig beantwortet haben. Die Schüler der übrigen Kurse haben dagegen in der Kategorie *Klassifizieren* besser abgeschnitten (vgl. Abbildung 31).

Über 50 Prozent gelöste Aufgaben in beiden Kategorien haben die Kurse 3, 4, 5, 7 und 8 erreicht. Während es sich bei dem Kurs mit der Nummer 4 um einen Grundkurs handelt, gehörten die Schüler der übrigen Kurse einem Leistungskurs an. Es fällt auf, dass die Schüler der Kurse 3, 4 und 8 bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* 100 Prozent der Aufgaben vollständig und richtig gelöst haben. Der Chemiekurs mit der Nummer 8 hat ebenso in der Kategorie *Klassifizieren* 100 Prozent der Aufgaben richtig beantwortet.

Die Schüler, die den Kursen mit den Nummern 1, 9 und 12 haben in beiden Kategorien nicht mehr als 50 Prozent der Aufgaben richtig lösen können. Wie aus Abbildung 31 ersichtlich, handelte es sich bei allen drei Kursen um Grundkurse. In der Kategorie *Klassifizieren* haben die Kurse 9 und 12 jedoch genau 50 Prozent der Testaufgaben richtig beantwortet.

Dritter Teil des Fragebogens

Der dritte Teil des Wissenstests enthielt wie der zweite Teil Fragen zu den Kategorien *Klassifizieren* sowie *Argumentieren/Rekontextualisierung* (vgl. Tabelle 16, Seite 88).

Hier fällt auf, dass insgesamt weniger Aufgaben richtig und vollständig gelöst wurden als im zweiten Teil des Tests. Außerdem haben die Schüler fast durchgängig in der Kategorie *Klassifizieren* besser abgeschnitten als in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* (vgl. Abbildung 32).

Die Schüler der Chemiekurse mit den Nummern 4 und 7 haben in beiden Kategorien über 50 Prozent der Testaufgaben vollständig und richtig gelöst, in der Kategorie *Klassifizieren* über 90 Prozent. Die Schüler des Kurses 4 gehörten einem Grundkurs, die Schüler des Kurses 7 einem Leistungskurs an.

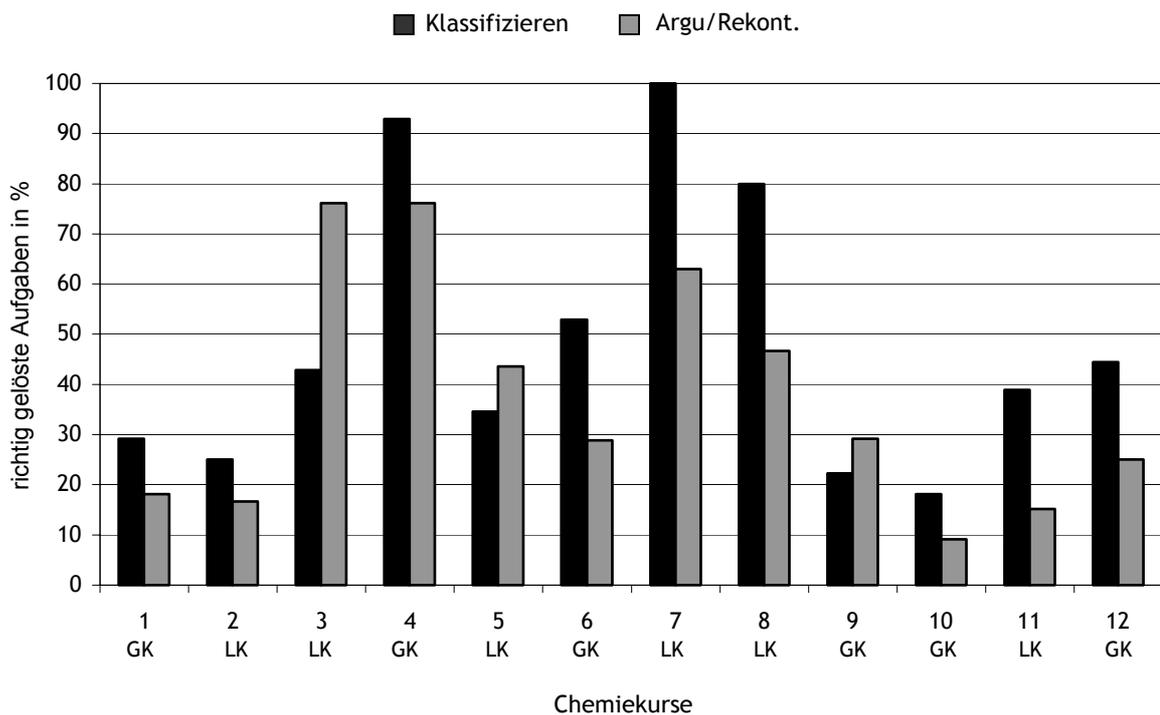


Abbildung 32: Vergleich der Kategorien im dritten Teil des Wissenstests. Gegenüberstellung der einzelnen Chemiekurse.

Die Schüler der Chemiekurse 1, 2, 5, 9, 10, 11 und 12 lösten in beiden Kategorien weniger als 50 Prozent der Aufgaben, die Kurse 1, 2, 9 und 10 sogar weniger als 30 Prozent. Hier handelte es sich bei den Kursen 2, 5 und 11 um Leistungskurse.

Teilzusammenfassung 2 (Vergleich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien in den einzelnen Testteilen)

In diesem Kapitel wurde jeder einzelne Teil des Wissenstests dahingehend untersucht, wie die Schüler in den unterschiedlichen Kategorien abgeschnitten haben. Zuerst wurden dabei wieder die Leistungen der Schüler betrachtet, die nur am Nachtest teilgenommen haben. Es folgte eine Betrachtung der Leistungen von den Probanden, die auch den Vortest bearbeitet haben. Im Anschluss daran wurden die Leistungen der Grundkurse mit denen der Leistungskurse verglichen. Abschließend wurden die einzelnen Chemiekurse untersucht.

Tabelle 25 fasst die Ergebnisse für den ersten Teil des Wissenstests zusammen. Die Aufgaben der Kategorie *Klassifizieren* fallen den Schülern im ersten Teil des Fragebogens demnach leichter als die Testaufgaben Kategorie *Argumentieren/Kontext*. Eine Ausnahme bilden die Schüler, die auch den Vortest bearbeitet haben. Sie schneiden im Nachtest bei den Aufgaben der letztgenannten Kategorie besser ab. Bei dieser Gruppe von Schülern ist außerdem der Wissenszuwachs in der Kategorie *Argumentieren/Kontext* sehr auffällig. Lösten die Schüler im Vortest durchschnittlich gerade mal 0.6 Prozent der Test-

Tabelle 25: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Testaufgaben im ersten Testteil

	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien			
	Klassifizieren		Argumentieren/Kontext	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben	-	59.0% (NT)	-	53.3% (NT)
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	24.4% (VT)	49.4% (NT)	0.6% (VT)	51.5% (NT)
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	48.3% (GK)	64.2%** (LK)	46.8% (GK)	60.7%* (LK)

Bei den Kursen, die am Vor- und am Nachtest teilgenommen haben, ist zuerst der Wert für den Vortest und dann der Wert für den Nachtest angegeben.

Beim Vergleich der Grund- und Leistungskurse ist zuerst der Wert für den Grundkurs und dann der Wert für den Leistungskurs angegeben. Außerdem ist die Signifikanz angegeben: ** $p < .01$, * $p < .05$.

aufgaben, zeigte sich im Nachtest eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von über 50 Prozent.

Bei einem Vergleich der Grund- und Leistungskurse zeigten sich signifikante Unterschiede, wobei die Schüler der Leistungskurse in beiden Kategorien deutlich mehr Testaufgaben lösen konnten als die Schüler der Grundkurse.

Ein Vergleich der einzelnen Chemiekurse ließ sechs Kurse dadurch auffallen, dass sie in beiden Kategorien durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben lösen konnten. Es handelte sich hier sowohl um Grund- als auch um Leistungskurse. Vier der zwölf Chemiekurse fielen dadurch auf, dass sie in beiden Kategorien im Mittel weniger als 50 Prozent der Testaufgaben richtig bearbeitet haben. Auch in diesem Fall sind beide Kursarten vertreten.

Tabelle 26 fasst die Ergebnisse für den zweiten Teil des Fragebogens zusammen. Hier zeigt sich ein ähnliches Bild wie im ersten Teil des Wissenstests. In der Regel schnitten die Schüler in der Kategorie *Klassifizieren* besser ab als in der Kategorie

Argumentieren/Rekontextualisierung. Eine Ausnahme bildeten auch hier wieder die Schüler, die auch den Vortest bearbeitet haben. Im Nachtest lösten sie durchschnittlich mehr Aufgaben, die der letztgenannten Kategorie angehören.

Auffällig ist, dass die Schüler, die auch am Vortest teilgenommen haben, in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* deutlich besser abgeschnitten als die Schüler, die nur den Nachtest bearbeitet haben.

Ein Vergleich der Grund- und Leistungskurse zeigt hinsichtlich beider Kategorien hoch signifikante Unterschiede, wobei die Leistungskurse wie auch im ersten Teil des Tests besser abgeschnitten haben als die Grundkurse.

Tabelle 26: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Testaufgaben im zweiten Testteil

	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien			
	Klassifizieren		Argumentieren/Rekont.	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben		58.8% (NT)		42.6% (NT)
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	39.4% (VT)	61.8% (NT)	25.0% (VT)	73.5% (NT)
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	49.3% (GK)	75.0%** (LK)	41.9% (GK)	75.0%** (LK)

Von den einzelnen Chemiekursen haben fünf Kurse in beiden Kategorien durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben lösen können. Bis auf einen Kurs handelt es sich hier um Leistungskurse. Die Schüler von drei Chemiekursen lösten dagegen in beiden Kategorien nicht mehr als 50 Prozent der Testaufgaben. Es handelte sich bei diesen Kursen durchgängig um Grundkurse.

Tabelle 27 fasst die Ergebnisse aus dem dritten Teil des Fragebogens zusammen. In allen betrachteten Gruppen, sowohl im Vor- als auch im Nachtest, konnten die Schüler von den Testaufgaben der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* durchschnittlich weniger lösen als von den Aufgaben, die der Kategorie *Klassifizieren* angehören. Die Schüler der Leistungskurse schneiden zwar auch im dritten Teil des Fragebogens in beiden Kategorien besser ab als die Schüler der Grundkurse, diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant.

Tabelle 27: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Testaufgaben im dritten Testteil

	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien			
		Klassifizieren	Argumentieren/Rekont.	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben		40.4% (NT)		29.7% (NT)
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	30.4% (VT)	48.2% (NT)	15.6% (VT)	45.1% (NT)
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	39.2% (GK)	51.0% (LK)	32.3% (GK)	42.5% (LK)

Eine Betrachtung der einzelnen Chemiekurse zeigt, dass im dritten Teil des Wissenstests nur zwei Kurse in beiden Kategorien durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben lösen konnten. Die Anzahl der Kurse, die in beiden Testteilen weniger als 50 Prozent der Aufgaben richtig beantwortet haben, beläuft sich auf sieben.

Vergleich der einzelnen Testteile

Chemiekurse, die nur am Nachtest teilgenommen haben

Abbildung 33 zeigt einen Vergleich der drei Fragebogenteile bezüglich der Kategorie *Klassifizieren*.

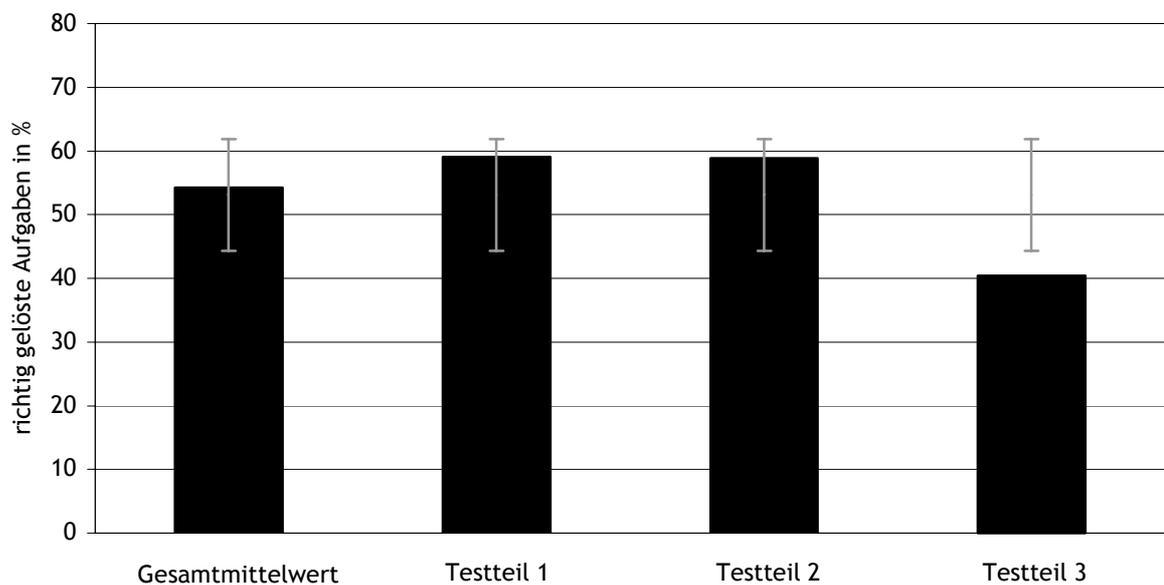


Abbildung 33: Richtig gelöste Testaufgaben in der Kategorie *Klassifizieren*. Vergleich der Testteile.

Wie erwartet, fielen die Aufgaben des dritten Teils, in dem es um die Anwendung der Kunststoff-Chemie in einem neuen Kontext geht, den Schülern schwerer als in den ersten beiden Teilen des Wissenstests. Während im dritten Fragebogenteil im Mittel 40 Prozent der Aufgaben, in denen die Schüler klassifizieren mussten, gelöst wurden, waren es im ersten Teil durchschnittlich 46 Prozent und im zweiten Teil 54 Prozent.

Abbildung 34 zeigt einen Vergleich der einzelnen Teile des Fragebogens hinsichtlich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung*. Diese Kategorie taucht im ersten Fragebogenteil nicht auf.

Es wird deutlich, dass auch hier die Schüler im dritten Teil des Wissenstests durchschnittlich weniger Aufgaben vollständig und richtig gelöst haben: Im zweiten Fragebogenteil wurden im Mittel 42.6 Prozent, im dritten Fragebogenteil im Mittel 29.7 Prozent der Aufgaben vollständig und richtig gelöst (vgl. auch Tabelle 29, Seite 126).

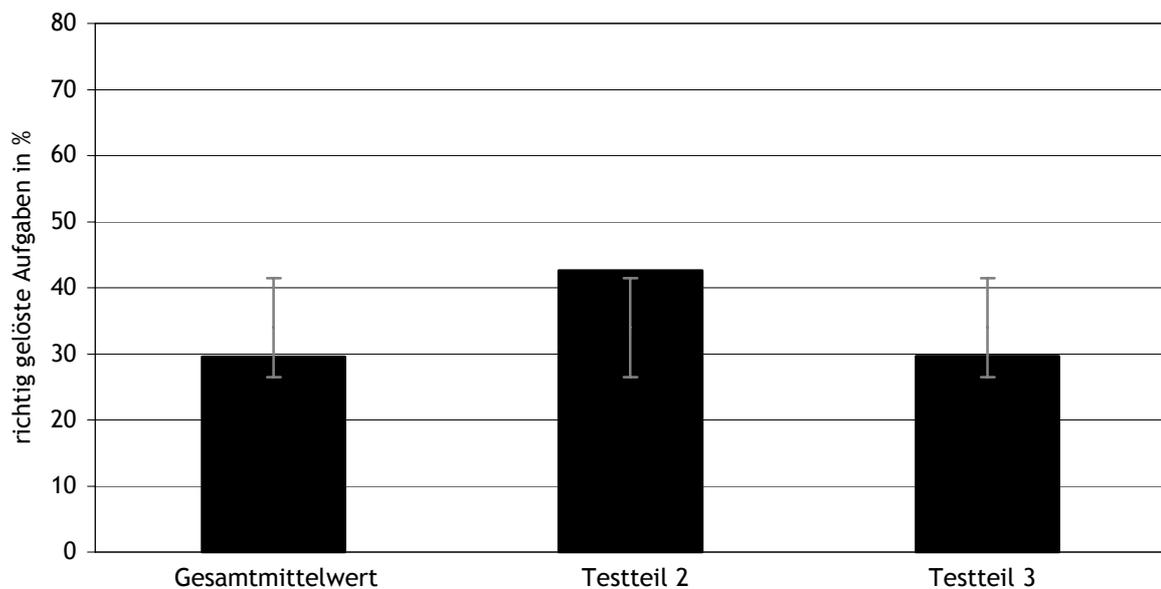


Abbildung 34: Richtig gelöste Testaufgaben in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung*. Vergleich der Testteile.

Die Kategorie *Argumentieren/Kontext* taucht lediglich im ersten Teil des Fragebogens auf. Im Mittel wurden 53.3 Prozent der Aufgaben richtig und vollständig von den Schülern gelöst.

Chemiekurse, die sowohl am Vor- als auch am Nachtest teilgenommen haben

Die einzige Kategorie, die in allen drei Teilen des Wissenstests vorkommt, ist die Kategorie *Klassifizieren*. Die Aufgaben dieser Kategorie scheinen den Schülern insgesamt am wenigsten Probleme bereitet zu haben. In allen Teilen des Wissenstests erreichten die

Schüler im Vortest hier die höchsten mittleren Lösungswahrscheinlichkeiten. Im zweiten Teil des Tests lösten die Schüler sogar 39.4 Prozent der Aufgaben dieser Kategorie.

Im Nachtest lösten die Testteilnehmer im ersten und dritten Teil des Wissenstests etwa 50 Prozent der Aufgaben, im zweiten Teil etwa 60 Prozent der Testaufgaben, die der Kategorie *Klassifizieren* zugeordnet werden können (vgl. Abbildung 35).

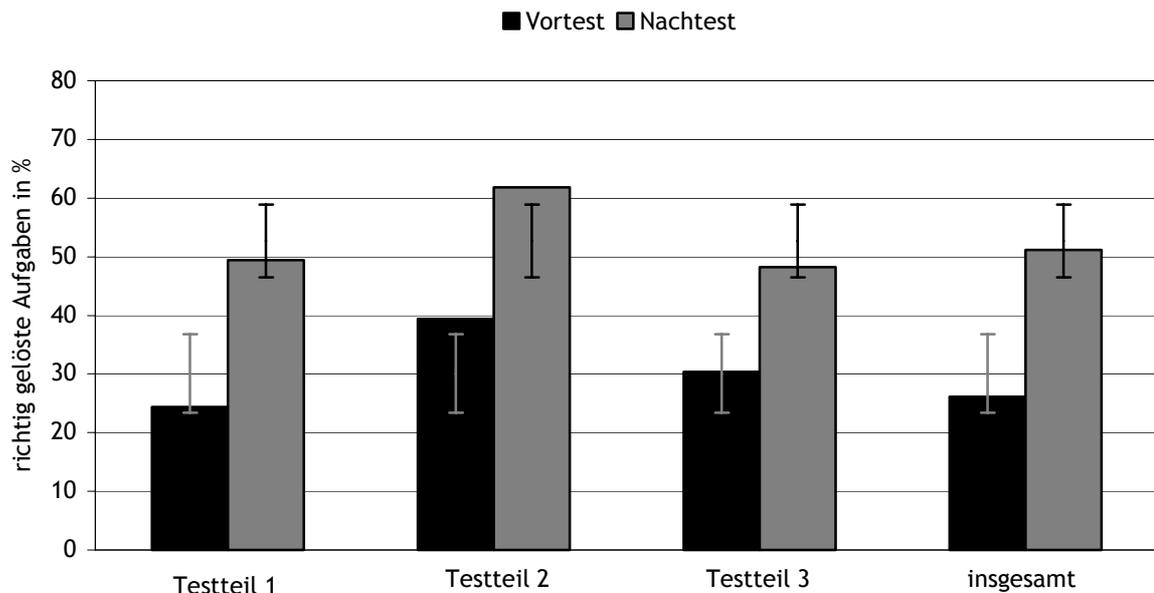


Abbildung 35: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten der Schüler, die sowohl Vor- als auch Nachtest bearbeitet haben, Kategorie *Klassifizieren*.

Die Kategorie *Argumentieren/Kontext* liegt ausschließlich den Aufgaben des ersten Teststeils zugrunde. Wie weiter oben beschrieben ist hier der Wissenszuwachs am auffälligsten. Während die Schüler im Vortest im Mittel 0.6 Prozent der Aufgaben richtig bearbeiteten, lösten sie im Nachtest 51.5 Prozent der Testaufgaben, die dieser Kategorie zugeordnet werden können.

Die Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* spielt im zweiten und dritten Teil des Fragebogens eine Rolle. Bezüglich dieser Kategorie fällt auf, dass die Schüler im zweiten Testteil im Nachtest im Mittel 73.5 Prozent der Testaufgaben lösen konnten. Insgesamt scheinen die Testaufgaben dieser Kategorie jedoch die meisten Probleme bereitet zu haben.

Vergleich von Grund- und Leistungskursen

Vergleicht man die einzelnen Teile des Fragebogens, so fällt auf, dass die Schüler in den jeweiligen Kategorien eines Testteils immer ungefähr gleich gut abgeschnitten haben. Dies gilt sowohl für die Grund- als auch für die Leistungskurse. So lösten die Leistungskurse im ersten Teil des Wissenstests beispielsweise in beiden vorkommenden Kategorien zwischen 60 und 65 Prozent der Testaufgaben. Die Grundkurse lösten im ersten Testteil sowohl in der Kategorie *Klassifizieren* als auch in der Kategorie *Argumentieren/Kontext* zwischen 45 und 50 Prozent der Testaufgaben (vgl. Abbildung 26, Seite 101).

Wie schon an anderer Stelle erwähnt, lösten die Schüler der Leistungskurse in allen drei Teilen des Fragebogens hinsichtlich aller Kategorien durchschnittlich mehr Aufgaben als die Schüler der Grundkurse. Die Unterschiede in den Leistungen sind im ersten und zweiten Teil des Fragebogens bezüglich aller Kategorien signifikant (vgl. Tabelle 28 und 29, Seite 125/26). Die Differenz zwischen Grund- und Leistungskursen an durchschnittlich gelösten Aufgaben ist ebenfalls in den einzelnen Teilen des Tests hinsichtlich beider vorkommender Kategorien etwa gleich.

Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen

In den folgenden drei Abbildungen werden die drei Teile des Tests hinsichtlich der einzelnen Kategorien gegenübergestellt. Für jede Versuchsgruppe ist dargestellt, wieviel Prozent an Testaufgaben einer bestimmten Kategorie in jedem Teil des Fragebogens vollständig und richtig bearbeitet wurden.

Kategorie klassifizieren

Abbildung 36 zeigt, wieviel Prozent der Testaufgaben, die durch die Kategorie *Klassifizieren* beschrieben werden können, von den Versuchsgruppen in den einzelnen Teilen des Fragebogens durchschnittlich gelöst wurden. Der erste Testteil beinhaltet sechs Items dieser Kategorie, der zweite und dritte Teil des Fragebogens jeweils zwei Items.

Die Schüler der Chemiekurse mit der Bezifferung 4, 7 und 8 haben in allen drei Testteilen durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben vollständig und richtig gelöst. Dabei

fällt auf, dass die Schüler des Kurses 7 im dritten Testteil und die Schüler des Kurses 8 im zweiten Testteil 100 Prozent der Aufgaben dieser Kategorie gelöst haben.

Die Schüler, die den Kursen 1 und 9 angehören, lösten in allen drei Fragebogenteilen durchschnittlich weniger oder genau 50 Prozent der Aufgaben.

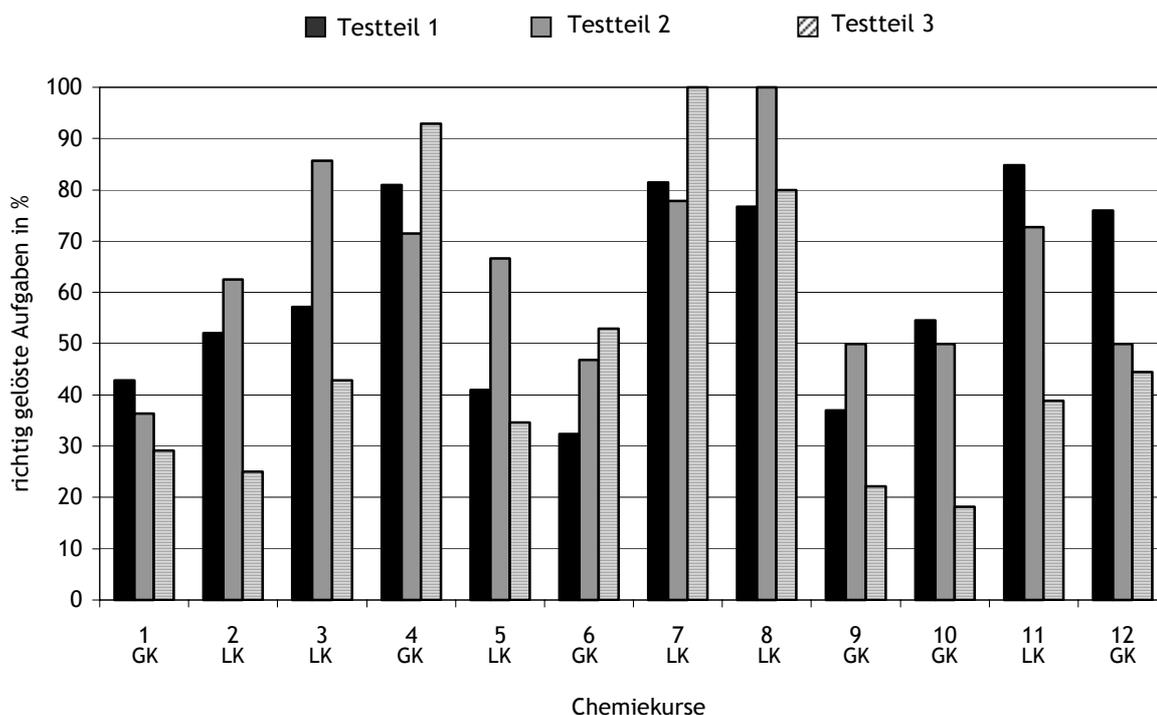


Abbildung 36: Vergleich der einzelnen Testabschnitte bezüglich der Kategorie *Klassifizieren*. Gegenüberstellung der Chemiekurse.

Kategorie Argumentieren/Kontext

Abbildung 37 zeigt, wie die einzelnen Chemiekurse bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* abgeschnitten haben. Aufgaben, die dieser Kategorie zugeordnet werden können, finden sich nur im ersten Teil des Fragebogens. Dieser Teil des Wissenstest beinhaltet vier Items dieser Kategorie.

Mindestens 50 Prozent der Aufgaben vollständig und richtig gelöst haben die Schüler der Kurse 4, 7, 8, 10, 11 und 12.

Die Schüler der Kurse 1, 2, 3, 5, 6 und 9 haben durchschnittlich weniger als 50 Prozent dieser Testaufgaben lösen können.

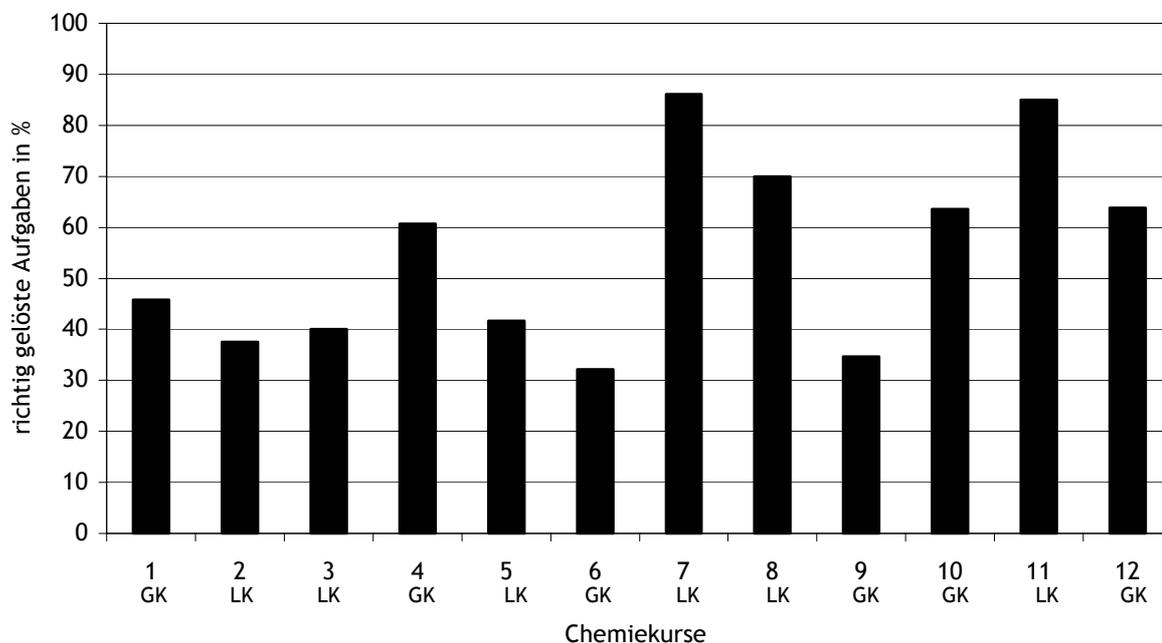


Abbildung 37: Betrachtung der Kategorie *Argumentieren/Kontext*, entsprechende Testaufgaben befinden sich nur im ersten Testteil. Gegenüberstellung der Chemiekurse.

Kategorie Argumentieren/Rekontextualisierung

In der folgenden Abbildung werden die verschiedenen Testabschnitte hinsichtlich der Kategorie *Argumentieren mit den Anforderungsniveaus der Reorganisation und des Transfers* verglichen. Testaufgaben, die durch diese Kategorie beschrieben werden können, findet man im zweiten und dritten Teil des Wissenstests. Der zweite Teil des Fragebogens beinhaltet ein Item dieser Kategorie, der dritte Teil des Fragebogens drei Items.

Die Schüler der Chemiekurse, die in der Grafik mit 3, 4 und 7 beziffert sind, haben sowohl im zweiten als auch im dritten Fragebogenteil mindestens 50 Prozent der Aufgaben, die dieser Kategorie zugeordnet werden können, vollständig und richtig gelöst. Auffällig ist, dass die Kurse mit den Nummern 3 und 4 im zweiten Testteil 100 Prozent der Aufgaben

der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* gelöst haben. Dies trifft auch für den Kurs mit der Nummer 8 zu.

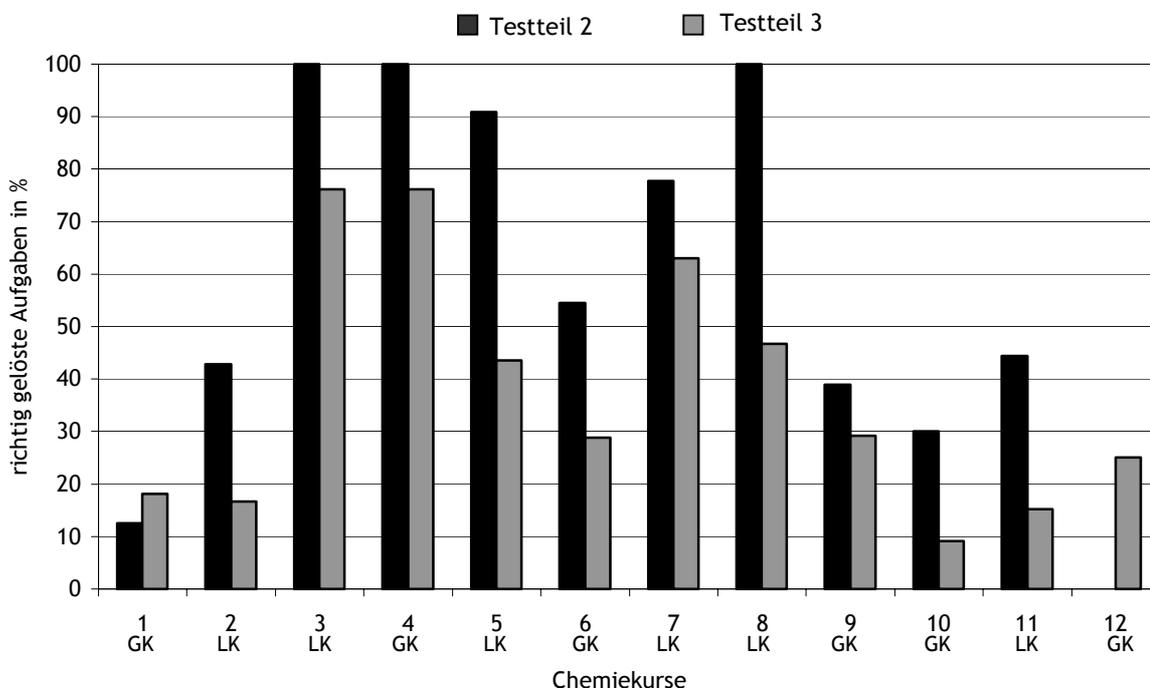


Abbildung 38: Vergleich der einzelnen Testabschnitte bezüglich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung*. Gegenüberstellung der Chemiekurse.

Generell haben alle Schüler im zweiten Testteil besser abgeschnitten als im dritten. Eine Ausnahme bildet lediglich der Kurs mit der Nummer 12. Die Schüler diese Courses haben im zweiten Teil des Fragebogens keine Aufgabe dieser Kategorie vollständig und richtig gelöst.

Die Chemiekurse mit den Nummern 1, 2, 9, 11 und 12 haben bezüglich der Kategorie *argumentieren/Rekontextualisierung* in beiden betreffenden Testteilen im Schnitt weniger als 50 Prozent der Aufgaben gelöst.

Teilzusammenfassung 3 (Vergleich der einzelnen Testteile für jede durch die Faktorenanalyse ermittelte Kategorie)

In diesem Kapitel wurden für jede Kategorie die einzelnen Teile des Tests verglichen.

Die Kategorie *Klassifizieren* kommt in allen drei Teilen des Tests vor. Die Schüler der Chemiekurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben, lösten bezüglich dieser Kategorie im ersten Teil des Tests die meisten, im dritten Teil des Fragebogens die wenigsten Aufgaben. Die Schüler, die auch am Vortest teilgenommen haben, schnitten dagegen im zweiten Teil des Tests am besten ab. Im Nachtest lösten sie sogar durchschnittlich über 60 Prozent der Testaufgaben. Außerdem fiel auf, dass diese Schüler insgesamt über relativ viel Vorwissen verfügten.

Ein Vergleich von Grund- und Leistungskursen zeigte, dass die Leistungskurse in allen Teilen des Tests durchschnittlich mehr Aufgaben lösen konnten als die Grundkurse. Im zweiten Teil des Tests lösten die Schüler der Leistungskurse in der Kategorie *Klassifizieren* sogar durchschnittlich 25 Prozent mehr Testaufgaben als die Schüler der Grundkurse. Im ersten und zweiten Testteil sind die Unterschiede zwischen Grund- und Leistungskursen hoch signifikant. Im dritten Teil konnten keine statistische signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Tabelle 28 fasst die Ergebnisse für die Kategorie *Klassifizieren* noch einmal zusammen:

Tabelle 28: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten in der Kategorie *Klassifizieren*

	Teile des Tests					
	Teil 1		Teil 2		Teil 3	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben	59.0%		58.8%		40.4%	
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	24.4%	49.4%	39.4%	61.8%	30.4%	48.2%
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	48.3%	64.2%**	49.3%	75.0%**	39.2%	51.0%

Die Kategorie *Argumentieren/Kontext* ist nur im zweiten Teil des Wissenstests vertreten. Auffällig war hier der Wissenszuwachs vom Vor- zum Nachtest. Während die Schüler im Vortest weniger als einen Prozent der Testaufgaben richtig lösen konnten, erreichten sie im Nachtest eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von über 50 Prozent.

Aufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* angehören, sind im zweiten und dritten Teil des Fragebogens zu finden. Tabelle 29 fasst die Ergebnisse dieser Kategorie zusammen.

Tabelle 29: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten in der Kategorie Argumentieren/Rekontextualisierung

	Teile des Tests			
	Teil 2		Teil 3	
Kurse, die nur den Nachtest bearbeitet haben	42.6%		29.7%	
Kurse, die Vor- und Nachtest bearbeitet haben	25.0%	73.5%	15.6%	45.1%
Vergleich von Grund- und Leistungskursen	41.9%	75.0%**	32.3%	42.5%

Generell lösten die Schüler bezüglich dieser Kategorie im dritten Teil des Fragebogens durchschnittlich weniger Testaufgaben als im zweiten Teil des Tests. Die Schüler, die sowohl den Vortest als auch den Nachtest bearbeitet haben, fielen dadurch auf, dass sie bei den Testaufgaben, in denen es um den Transfer des erlernten Wissens ging, bereits vor der Unterrichtseinheit relativ hohe Lösungswahrscheinlichkeiten erreichten. Des Weiteren fielen diese Schüler dadurch auf, dass sie im Nachtest im zweiten Teil des Fragebogens im Mittel über 70 Prozent der Testaufgaben lösen konnten.

Wie in den anderen Kategorien schneiden die Leistungskurse auch hier in beiden Teilen des Tests besser ab als die Grundkurse. Im zweiten Teil des Fragebogens sind die Unterschiede zwischen Grund- und Leistungskursen hoch signifikant.

Bei der Betrachtung der einzelnen Chemiekurse zeigte sich eine große Streuung. Es hat sich herausgestellt, dass hinsichtlich der Kategorie *Klassifizieren* drei Kurse in allen drei Teilen des Wissenstests durchschnittlich über 50 Prozent der Testaufgaben lösen konnten. Zwei Chemiekurse haben in allen Testteilen nicht mehr als 50 Prozent der Aufgaben richtig beantwortet.

Von den Aufgaben, die der Kategorie *Argumentieren/Kontext* angehören, lösten die Schüler von sechs Chemiekursen mindestens 50 Prozent richtig und vollständig. Die übrigen sechs Kurse erreichten dagegen keine Lösungswahrscheinlichkeit von 50 Prozent.

In der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* konnten drei Chemiekurse in beiden betreffenden Testteilen durchschnittlich 50 Prozent oder mehr Aufgaben lösen. Fünf Kurse beantworteten dagegen weniger als 50 Prozent der Testaufgaben richtig.

6.5.3 Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen (Fragestellung 3)

Korrelation zwischen der Dauer der Unterrichtseinheit und dem Abschneiden in den einzelnen Kategorien (Fragestellung 3.1)

In diesem Kapitel soll beschrieben werden, welchen Einfluss die Dauer der Unterrichtseinheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe* auf die Leistungen der Schüler im Wissenstest nahm. In Kapitel 6.5.1 wurde bereits beschrieben, wie viel Zeit die einzelnen Chemiekurse für die Bearbeitung des Tests erhielten (vgl. Tabelle 20).

Tabelle 30 zeigt den Zusammenhang zwischen der Dauer der Unterrichtseinheit und dem Abschneiden der Schüler in den einzelnen Kategorien:

Tabelle 30: Korrelation zwischen der Dauer der Unterrichtseinheit und der durchschnittlichen Lösungswahrscheinlichkeit in den einzelnen Kategorien des Wissenstests. Korrelation nach Pearson.

	Dauer der Unterrichtseinheit	
	Grundkurse	Leistungskurse
Klassifizieren alle Testteile	-.589**	.046
Argumentieren/Kontext alle Testteile	-.201	.052
Argumentieren/Rekontextualisierung alle Testteile	-.591**	.363**

Auffällig ist, dass bei den Grundkursen das Abschneiden im Test negativ mit der Länge der Unterrichtseinheit korreliert. Die Schüler der Grundkurse lösten demnach mehr Testaufgaben richtig, je kürzer die Unterrichtseinheit war. Besonders deutlich wird dieser negative Zusammenhang für die Kategorien *Klassifizieren* sowie *Argumentieren/*

Rekontextualisierung. Für die Leistungskurse gilt der umgekehrte Fall. Hier handelt es sich um eine positive Korrelation, d.h., die Schüler der Leistungskurse lösten umso mehr Testaufgaben richtig, je länger die Unterrichtseinheit dauerte. Besonders deutlich ist dieser Zusammenhang hinsichtlich der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung*.

Tabelle 31 ordnet den Chemiekursen, die im Wissenstest besonders hohe oder besonders niedrige Lösungswahrscheinlichkeiten erreichten, die Kursart und die Dauer der Unterrichtseinheit zu.

Der Zusammenhang zwischen dem Abschneiden im Wissenstest und der Dauer der Unterrichtseinheit wird hier noch einmal sehr deutlich. Der Chemiekurs mit der Nummer 4, der im Wissenstest auffällig gut abgeschnitten hat, ist ein Grundkurs. Die Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* umfasste in diesem Kurs lediglich 17 Unterrichtsstunden. Der ebenfalls im Wissenstest durch gute Leistungen aufgefallene Kurs mit der Nummer 7 war ein Leistungskurs. Hier dauerte die Unterrichtseinheit zu Kunststoffen im Auto 27 Unterrichtsstunden. Bei dem Leistungskurs mit der Nummer 8 ist der Zusammenhang nicht sehr eindeutig: Dieser Kurs zeigte mit 19 Unterrichtsstunden ein gutes Ergebnis im Wissenstest.

Sehr deutlich hingegen zeigen die Grundkurse mit den Nummern 1 und 9, dass viele Unterrichtsstunden sich eher negativ auf den Erfolg im Wissenstest ausgewirkt haben. Hier dauerten die Unterrichtseinheit 28 beziehungsweise 29 Stunden. Der Chemiekurs mit der Nummer 2, der sich im Wissenstest ebenfalls als ein eher schwacher Kurs herausstellte, brauchte als Leistungskurs für die Unterrichtseinheit lediglich 18 Unterrichtsstunden.

Tabelle 31: Durch Leistungen im Wissenstest auffällige Chemiekurse, deren Kurszugehörigkeit und Dauer der Unterrichtseinheit

Nummer des Chemiekurses	Art des Kurses	Dauer der Unterrichtseinheit
4	GK	17
7	LK	27
8	LK	19
1	GK	28
9	GK	29
2	LK	18

Vorwissen der Schüler (Fragestellung 3.2)

Im Folgenden soll untersucht werden, über welches Vorwissen die Probanden laut Einschätzung der Lehrer zu Beginn der Intervention verfügten. Für die Beantwortung von Fragestellung 4.2 soll zum einen der Fragebogen zum Vorwissen der Schüler herangezogen werden. Zum anderen sollen die Untersuchungsergebnisse von den Probanden betrachtet werden, die den Wissenstest auch als Vortest eingesetzt haben.

Ergebnisse aus dem Fragebogen zum Vorwissen der Schüler

Der Fragebogen zum Vorwissen der Schüler setzt sich aus 19 Items zusammen (vgl. Anhang D) und wurde von den unterrichtenden Lehrern bearbeitet. Die Fragen beziehen sich auf einige chemische Inhalte und Prinzipien, die als Vorwissen das Antwortverhalten der Schüler im Wissenstest beeinflussen können.

Das Ergebnis dieser Befragung ist in Tabelle 32 zusammengefasst. Die chemischen Inhalte und Prinzipien, die den Schülern eines Chemiekurses bereits *vor* der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* bekannt gewesen sein sollen, sind in der Tabelle mit „•“ gekennzeichnet. Die grau hinterlegten Zeilen der Tabelle heben jene Items des Fragebogens des Fragebogens hervor, in denen sich die einzelnen Chemiekurse unterscheiden.

Demnach sind in allen Chemiekursen, deren Lehrer den Fragebogen zum Vorwissen der Schüler beantwortet haben, bereits vor der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* die Stoffklassen der Alkane, Alkene, Alkohole, Aldehyde, Ketone und Carbonsäuren behandelt worden. Auch die Gruppe der Alkine wurde außer in dem Kurs mit der Nummer 2 bei allen übrigen Chemiekursen im Vorhinein besprochen.

Um Aussagen über den Einfluss des Vorwissens auf die unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Chemiekurse im Wissenstest machen zu können, sind die Unterschiede im Vorwissen von Interesse.

Tabelle 32: Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Fragebogen zum Vorwissen der Schüler; • = Vorwissen der Schüler eines Chemiekurses.

Items zum Vorwissen der Schüler	Chemiekurse							
	2 ¹	3	4	5	7	8	9	10
Alkane	•	•	•	•	•	•	•	•
Alkene	•	•	•	•	•	•	•	•
Alkine		•	•	•	•	•	•	•
Aromaten			•		•			•
Alkohole	•	•	•	•	•	•	•	•
Aldehyde	•	•	•	•	•	•	•	•
Ketone	•	•	•	•	•	•	•	•
Carbonsäuren	•	•	•	•	•	•	•	•
Fette		•	•		•	•	•	•
Kohlenhydrate			•		•	•		•
Proteine					•	•		•
Monomere / Polymere								
Amidbindung					•			
Struktur und Schmelzp.	•			•		•		•
Dimensionalität und Verhalten beim Erwärmen								
VdW und Berührungsfläche	•		•	•	•	•	•	•
Polykondensation								
Polymerisation								
Polyaddition								

¹Die Lehrer der Chemiekurse mit den Nummern 1, 6, 11 und 12 haben den Fragebogen zum Vorwissen der Schüler nicht beantwortet.

Bei Betrachtung von Tabelle 32 fallen insbesondere die Chemiekurse mit den Nummern 4, 7, 8 und 10 auf. In diesen wurden im Gegensatz zu den anderen Kursen von den im Fragebogen genannten chemischen Inhalten und Prinzipien die meisten bereits vor der Unterrichtseinheit zu Kunststoffen im Unterricht thematisiert. Den Schülern der Kurse mit den Nummern 2 und 3 waren dagegen zum Zeitpunkt der Intervention die wenigsten der im Fragebogen genannten Inhalte und Prinzipien bekannt.

Auffällig ist, dass die Kurse 4, 7 und 8, die im Wissenstest sehr gut abgeschnitten haben, im Gegensatz zu nahezu allen anderen Kursen die Stoffklasse der Kohlenhydrate bereits vor der Intervention im Unterricht behandelt haben. Eine Berechnung ergab in diesem Fall eine hoch signifikante Korrelation von 1.000 (vgl. Tabelle 33). Ebenfalls signifikante Kor-

relationen zwischen der Art des Vorwissens und dem guten Abschneiden im Wissenstest ergaben sich bei Kenntnis der Stoffklassen der Aromaten und der Proteine.

Tabelle 33: Korrelationen zwischen dem Vorwissen der Schüler und den Leistungen hinsichtlich der durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien

Art des Vorwissens	Kategorien aus dem Wissenstest		
	Klassifizieren	Argumentieren/ Kontext	Argumentieren/ Rekontextualisierung
Alkine	.378	.378	.488
Aromaten	.258	.775*	.067
Fette	.577	.577	.149
Kohlenhydrate	.500	1.000**	.258
Proteine	.258	.775*	.067
Struktur und Smp.	-.500	.000	-.258
VdW-Kräfte	-.378	.378	-.293

Ergebnisse aus dem Vortest

Sechs von zwölf Chemiekursen haben den Wissenstest auch als Vortest eingesetzt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse zeigte sich, dass die Schüler, die auch den Vortest bearbeitet hatten, im Nachtest generell bessere Leistungen erzielten als die übrigen Probanden (vgl. Kapitel 6.5.2).

In der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* erreichten die Schüler bereits im Vortest eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von 16 Prozent. Auffällig ist der Unterschied in den mittleren Lösungswahrscheinlichkeiten zwischen den Kategorien *Klassifizieren*, *Argumentieren/Rekontextualisierung* und der Kategorie *Argumentieren/Kontext*: Von den Aufgaben der letztgenannten Kategorie, bei denen es um den Kontext *Auto* ging, lösten die Lernenden durchschnittlich weniger als einen Prozent.

Sieht man sich die Ergebnisse für die einzelnen Teile des Fragebogens an, so fällt auf, dass im zweiten Teil des Tests, dessen Aufgaben dem Bereich *Dekontextualisierung* zugeordnet werden können, die meisten Aufgaben gelöst werden konnten.

Tabelle 34 fasst die Ergebnisse aus dem Vortest noch einmal zusammen. Eine ausführlichere Darstellung der Ergebnisse aus dem Vortest kann Kapitel 6.5.2 entnommen werden.

Tabelle 34: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten im Vortest

Teile des Wissenstests	Mithilfe der Faktorenanalyse ermittelte Kategorien		
	<i>Klassifizieren</i>	<i>Argumentieren/ Kontext</i>	<i>Argumentieren/ Rekontextualisierung</i>
1 bekannter Kontext <i>Auto</i>	24.4%	0.6%	-
2 ohne Kontext	39.4%	-	25.0%
3 neuer Kontext <i>Textilien</i>	30.4%	-	15.6%
gesamt (alle Teile des Wissenstests)	26.1%	0.6%	16.0%

Lehrer- und Schüleraktivitäten (Fragestellung 3.3)

Im folgenden Kapitel geht es um Zusammenhänge zwischen den Leistungen, die die Probanden im Wissenstest erbrachten, und verschiedenen Schüler- und Lehreraktivitäten, die während der Intervention stattfanden. Die erforderlichen Daten wurden mithilfe eines von Ebel et al. (2002) entwickelten Fragebogens zur Unterrichtsdokumentation erhoben (vgl. Anhang C). Von zwölf an die teilnehmenden Lehrer ausgeteilten Fragebögen wurden sieben zurückerhalten.

Für die Auswertung wurden die Items zu den Lehrer- und Schüleraktivitäten in vier Gruppen zusammengefasst: *Wiederholung*, *Zusammenfassung*, *Unterstützung des eigenständigen Arbeitens* sowie *Arbeiten unter Anleitung des Lehrers* (vgl. Tabelle 35).

Tabelle 35: Zusammenfassung der Items aus dem Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation in vier Gruppen

Gruppe	Items aus dem Fragebogen
Wiederholung	<ul style="list-style-type: none"> • einführende Erläuterung des Lehrers zur Stunde • Wiederholung des Lehrers am Stundenanfang • Wiederholung der Schüler am Stundenanfang • Hausaufgabenbesprechung
Zusammenfassung	<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassen am Stundenende durch den Lehrer • (abschließende) Präsentation der Ergebnisse durch den Lehrer • Zusammenfassen am Stundenende durch die Schüler • (abschließende) Präsentation der (Gruppen-) Ergebnisse durch die Schüler • Schüler präsentieren ihre Vorstellungen, Ideen, Denkweisen
Unterstützung des eigenständigen Arbeitens	<ul style="list-style-type: none"> • Beratung während der Gruppenarbeit, des Lernens an Stationen etc. durch den Lehrer • Moderation der Auswertung durch den Lehrer • Ermunterung durch den Lehrer, Anregung, eigene Planungen anzustellen • Ermutigung durch den Lehrer, eigene Erklärungsmodelle zu entwickeln • durch die Schüler selbstorganisierte Erarbeitung oder Auswertung • Internet-Recherche durch die Schüler • Literatur-Recherche durch die Schüler
Arbeiten unter Anleitung des Lehrers	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrationsexperimente • Experimente • Auswertung der Schüler-Arbeit durch den Lehrer • vorstrukturierte Erarbeitung

Im Anschluss an die Gruppierung der Items folgte eine quantitative Auswertung der Daten. Dazu wurden von den genannten Itemgruppen die Häufigkeit des Auftretens während der Intervention ermittelt. Tabelle 36 fasst die Ergebnisse zusammen: Dabei zeigt sich, dass in allen Chemiekursen ein deutlicher Schwerpunkt auf die *Unterstützung des eigenständigen Arbeitens* gelegt wurde. Von den Lehrer- und Schüleraktivitäten während der Unterrichtseinheit (*K*) *Ein Auto ohne Kunststoffe* gehörten in allen Fällen über 40 Prozent dieser Gruppe an. Die Gruppe von Lehrer- und Schüleraktivitäten, die am zweithäufigsten vorkam, war die des *Arbeitens unter Anleitung des Lehrers*. In der Regel gehörten zwischen 15 und 20 Prozent der Lehrer- und Schüleraktivitäten dieser Gruppe an. Eine Ausnahme bildet hier der Kurs mit der Nummer 6. In diesem Kurs zählten nahezu 30 Prozent aller Aktivitä-

ten zu dieser Gruppe. Deutlich wird dies auch bei der Betrachtung des Verhältnisses der zwei bisher genannten Gruppen. In dem Kurs 6 fällt das Verhältnis von der *Unterstützung des eigenständigen Arbeitens* zum *Arbeiten unter Anleitung des Lehrers* am kleinsten aus, in dem Kurs mit der Nummer 7 ist dieses Verhältnis dagegen am größten.

Lehrer- und Schüleraktivitäten, die die *Wiederholung* oder *Zusammenfassung* von Unterrichtsinhalten betreffen, traten in den meisten Kursen annähernd gleich häufig auf: Es handelte sich hier in der Regel um zehn bis 15 Prozent. Ausnahmen bilden in diesem Zusammenhang die Kurse 9 und 11. In diesen Kursen wurde auf das *Zusammenfassen* wesentlich mehr Gewicht gelegt als auf das *Wiederholen* von Unterrichtsinhalten. Generell fällt der Kurs 11 dadurch auf, dass die Betonung der *Unterstützung des eigenständigen Lernens* sehr stark ausgeprägt ist. Aktivitäten, die dieser Gruppe zuzuordnen sind, fanden in 76 Prozent der Fälle statt. Aktivitäten zum *Zusammenfassen* und *Wiederholen* fallen hingegen äußerst gering aus, beispielsweise wurden in nur einem Prozent der Fälle im Unterricht Inhalte wiederholt.

Tabelle 36: Häufigkeiten von Lehrer- und Schüleraktivitäten während der Intervention

Chemiekurse	Häufigkeiten der Itemgruppen während der Unterrichtseinheit (Anzahl der Nennungen)				
	Wiederholung	Zusammenfassung	Unterstützung des eigenständigen Arbeitens	←Verhältnis→	Arbeiten unter Anleitung des Lehrers
4	10 ¹ (11.1)	12 (13.3)	51 (56.7)	3:1 ²	17 (18.9)
5	8 (12.7)	7(11.1)	37 (58.7)	3.4:1	11 (17.5)
6	6 (13.6)	7 (15.9)	19 (43.2)	1.6:1	12 (27.3)
7	5 (8.1)	6 (9.7)	42 (67.7)	4.7:1	9 (14.5)
8	7 (13.5)	8 (15.4)	28 (53.8)	3.1:1	9 (17.3)
9	8 (7.6)	15 (14.3)	64 (61.0)	3.6:1	18 (17.1)
11	1 (1.1)	5 (5.5)	69 (75.8)	4.3:1	16 (17.6)

¹Zusätzlich zur absoluten Häufigkeit der Itemgruppen (Anzahl der Nennungen) ist der prozentuale Anteil in Klammern ergänzt.

²Außerdem wurde das Verhältnis zwischen dem *eigenständigen Arbeiten der Schüler* und dem *Arbeiten unter Anleitung des Lehrers* ausgerechnet.

Eine erste Auswertung hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen den Lehrer- und Schüleraktivitäten und den Leistungen der Schüler im Wissenstest erbrachten keine Ergebnisse.

Realisierte Unterrichtsinhalte (Fragestellung 3.4)

Mithilfe des Fragebogens zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit sollte in Erfahrung gebracht werden, in welcher inhaltlichen Tiefe die Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* von den einzelnen Lehrpersonen während der Intervention umgesetzt wurde. Dazu kreuzten die an der Untersuchung teilnehmenden Lehrer an, welche Texte, Experimente und sonstige Aktivitäten sie in ihrem Unterricht eingesetzt hatten.

Bei der inhaltlichen Auswertung der Fragebögen zeigte sich, dass der Einsatz des Videofilms *Chemie im Kopf*, die Sammlung von Begriffen zum Thema Kunststoffe im Auto sowie Experimente zur Herstellung von Polyester, Copolymeren, Polyurethanen und Nylon in den teilnehmenden Lerngruppen sehr häufig verwendet wurden (vgl. Tabelle 38 in Anhang F). Experimente zur Herstellung von Polyurethanen und Nylon wurden sogar in jedem der zwölf Kurse durchgeführt. Die Experimente zu Superabsorbierenden Polymeren spielten seltener eine Rolle. Lediglich zwei der zwölf Lehrer ließen in ihrem Unterricht derartige Experimente durchführen. Besonders berücksichtigt werden muss der Chemiekurs 5: Statt des Kontextes *Auto* behandelte die unterrichtende Lehrperson den Kontext *Medizin*. Weiterhin ist zu beachten, dass sechs der zwölf Kurse in der Unterrichtseinheit auf das Themengebiet *Textilien* stießen. So hat beispielsweise der Text *Vergleich von Nylon und Kevlar* in den Kursen 1, 2, 3, 8 und 9 im Unterricht Verwendung gefunden. Zudem fällt auf, dass die Kurse 8, 9 und 11 besonders viel von dem zur Verfügung stehenden Material während der Unterrichtseinheit einsetzten. Von insgesamt 58 vorgeschlagenen Texten, Experimenten und anderen Aktivitäten realisierten diese Versuchsgruppen 28, 36 bzw. 31 Anregungen. Im Vergleich dazu verwendeten die Kurse 6 und 12 mit je 16 Anregungen aus dem vorhandenen Materialien relativ wenig.

Auf erster Sichtstruktur lassen sich keine Zusammenhänge zwischen den durch die Schüler und Lehrer gewählten Unterrichtsinhalte und den Leistungen der Schüler im Wissenstest erkennen. Um die Frage nach den Zusammenhängen beantworten zu können, sind weitere Informationen nötig, die weitere Untersuchungen liefern könnten: *Wie, wie lange* usw. wurden die im Unterricht verwendeten Materialien eingesetzt?

6.6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse der Hauptstudie diskutiert.

Aus dem Ziel der Hauptstudie ließen sich drei übergeordnete Fragestellungen ableiten (vgl. Kapitel 6.2). Hinsichtlich der Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht wurde zum einen überprüft, welche kognitiven Fähigkeiten durch den Test differenzierend erfasst werden können. Zum anderen wurden der Schwierigkeitsgrad der Testaufgaben sowie die Testzeit überprüft. Bezüglich der Ergebnisse aus dem *Einsatz* des Wissenstests sollte untersucht werden, wie die Probanden im entwickelten Test hinsichtlich der Elemente *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* sowie in Bezug auf die mittels einer Faktorenanalyse festgelegten kognitiven Kompetenzen abschnitten. Des Weiteren wurde untersucht, inwieweit die Leistungen der Schüler mit bestimmten Unterrichtsmerkmalen in Zusammenhang gebracht werden können.

Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht (Fragestellung 1)

Fragestellung 1 der vorliegenden Arbeit befasste sich mit der Frage nach der generellen Einsatzfähigkeit des Wissenstests im Unterricht. Dazu wurde u.a. mittels einer Faktorenanalyse überprüft, welche kognitiven Kompetenzen mithilfe des Tests erfasst werden können (Fragestellung 1.1). Das Ergebnis dieser Faktorenanalyse war eine Einteilung der Testaufgaben in drei Kategorien, die Items zu den Bereichen *Klassifizieren*, *Argumentieren* bezogen auf den unterrichteten Kontext („*Argumentieren/Kontext*“) und *Argumentieren* bezogen auf einen neuen Kontext („*Argumentieren/Rekontextualisierung*“) umfassen.

Die Überprüfung des Schwierigkeitsgrads der einzelnen Testaufgaben erfolgte mittels einer Schwierigkeitsanalyse (Fragestellung 1.2). Dabei ergaben sich in der Hauptstudie für den Nachtest, dass fünf leichte (mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten von .66-1.00), 14 mittelschwere (mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten von .36-.65) sowie eine schwere (mittlere Lösungswahrscheinlichkeiten von .00-.35) Aufgabe enthalten sind. Nach Lienert sollte ein Test ausschließlich Aufgaben mittlerer Schwierigkeit beinhalten (Lienert, 1994), um aber zwischen den einzelnen Schülern differenzieren zu können, wurden in der vorliegenden Arbeit zu einem geringen Teil leichte und schwere Testaufgaben berücksichtigt.

Idealerweise sollte die Anzahl leichter und schwerer Testaufgaben ausgeglichen sein, was für den in der Hauptstudie eingesetzten Wissenstest nicht zutrifft, die leichten Testaufgaben überwiegen deutlich. Das Ergebnis der Schwierigkeitsanalyse kann jedoch als zufriedenstellend gewertet werden, da der überwiegende Teil der Aufgaben als mittelschwer eingestuft wurde.

Des Weiteren befasst sich die erste Fragestellung der Arbeit mit der Testlänge (Fragestellung 1.3). Es gab sowohl Kurse, die die Fragen des Tests in weniger als einer Schulstunde beantwortet haben, als auch einen Kurs, in dem der Fragebogen als fünfstündige Klausur eingesetzt wurde. Die gemeinsame Betrachtung von Testzeit und Testergebnissen deutet darauf hin, dass die zur Bearbeitung des Tests aufgewendete Zeit einen direkten Einfluss auf die Leistungen der Schüler nimmt. Die drei Chemiekurse, deren Schüler auffällig gut im Wissenstest abschnitten, verwendeten in zwei Fällen anderthalb Schulstunden auf die Bearbeitung des Fragebogens, in einem Fall wurde der Test als fünfstündige Klausur eingesetzt. Der Großteil der Chemiekurse hat den Test in einer Schulstunde oder in noch geringerer Zeit bearbeitet. Da diese Chemiekurse schlechter abschnitten als die zuvor genannten, kann davon ausgegangen werden, dass der Wissenstest für den Einsatz in einer einzelnen Schulstunde nicht geeignet ist. Eine Bearbeitungszeit von anderthalb Schulstunden macht dagegen eine vollständige Bearbeitung des Tests möglich und kann im Unterricht realisiert werden. Auch wirkte sich der Einsatz des Tests als Klausur positiv auf die Testergebnisse aus. Da Leistungsmessungen die Motivation der Schüler erhöhen können (vgl. Kapitel 3.1), verstärkt dies vermutlich neben der längeren Testzeit das sehr gute Ergebnis.

Die Ergebnisse hinsichtlich der ersten Fragestellung zeigen, dass der entwickelte Wissenstest für den Einsatz im Unterricht geeignet ist: Der Test ist in der Lage, bestimmte kognitive Kompetenzen, die in einem kontextorientierten Unterricht von Bedeutung sind (vgl. Kapitel 1.2), differenziert abzubilden und kann wie oben gezeigt in einem angemessenen zeitlichen Rahmen bearbeitet werden.

Leistungen der Schüler im Wissenstest (Fragestellung 2)

Die zweite Fragestellung der vorliegenden Arbeit befasst sich mit den Leistungen der Probanden im entwickelten Wissenstest. Dabei wurde zum einen untersucht, wie die Schüler bezüglich verschiedener kognitiver Kompetenzen abschneiden, die in einem kontextorientierten Unterricht von Bedeutung sind (Fragestellung 2.1): *Klassifizieren, Argumentieren/Kontext, Argumentieren/Rekontextualisierung* (vgl. Kapitel 6.2.1). Zum anderen sollte untersucht werden, welche Leistungen die Lernenden in den einzelnen Teilen des Wissenstests zeigen (Fragestellung 2.2). Die drei Testteile spiegeln wichtige Elemente der Konzeption *Chemie im Kontext* wider: *Kontext, Dekontextualisierung, Rekontextualisierung* (vgl. Kapitel 2.2). Des Weiteren wurden Zusammenhänge zwischen den Schülerleistungen im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen, wie z.B. die Art der Schüleraktivitäten, untersucht (Fragestellung 3).

Grundsätzlich wurden die Schüler, die nur am Nachtest teilgenommen hatten, von den Schülern, die sowohl Vor- als auch Nachtest bearbeitet hatten, unterschieden.

Gesamtbild

Die Ergebnisse des Tests zeigen bezogen auf beide Untersuchungsbereiche sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Lerngruppen. So gab es Klassen, die in einigen untersuchten Bereichen über 80 Prozent der Testitems vollständig und richtig gelöst haben, aber auch Klassen, die zum Teil Bereichen unter 20 Prozent der Aufgaben richtig beantworteten.

Leistungen hinsichtlich ausgewählter kognitiver Kompetenzen (Fragestellung 2.1)

Während die Schüler, die auch den Vortest bearbeiteten, im Nachtest in allen drei Kategorien durchschnittlich etwa 50 Prozent der Testaufgaben lösen konnten, erreichten die übrigen Probanden in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* lediglich 30 Prozent. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die Bearbeitung des Vortest einen Lerneffekt aus-

geübt haben kann. Da Aufgaben neben der Überprüfung des Lernerfolgs auch der Förderung von Lernprozessen dienen, ist diese Annahme plausibel (MNU, 2000).

Auch der Vergleich von Grund- und Leistungskursen zeigt, dass die Gesamtheit der Schüler mit der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* am meisten Schwierigkeiten hatte. Zwischen den anderen beiden Kategorien, die den Probanden leichter fielen, sind zumindest im Nachtest kaum Unterschiede festzustellen (vgl. Abbildung 26, Seite 101). Dass den Probanden die Testaufgaben zur Kategorie *Klassifizieren* leichter fielen, lässt sich damit erklären, dass sich diese Form von Aufgaben bzw. Anforderungen näher am gewohnten Unterricht orientieren. Es ist auch zu erwarten gewesen, dass die Schüler beim *Argumentieren* im Bereich *Rekontextualisierung* mehr Schwierigkeiten haben als im Bereich des im Unterricht erarbeiteten *Kontextes*. Dieses Ergebnis macht deutlich, dass der Prozess der Rekontextualisierung im Lernprozess der Schüler eine besondere Anforderung darstellt, die im Zuge der Weiterentwicklung von Unterricht verstärkt Beachtung finden muss (vgl. Renkl, 2001). Eine genauere Diskussion der für *Chemie im Kontext* relevanten Bereiche *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung* erfolgt im nächsten Abschnitt dieses Kapitels.

Generell scheint eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von 50 Prozent auf den ersten Blick relativ niedrig. An dieser Stelle muss indes berücksichtigt werden, dass zum einen die Testaufgaben von vornherein als mittelschwer konzipiert wurden und zum anderen ein strenges Auswertungsverfahren gewählt wurde (vgl. Kapitel 6.4.1 und 5.4.2).

Ein Grund für die dargestellten Testergebnisse sind weiterhin die geringen Erfahrungen der Schüler mit einem kontextorientierten Unterricht. Sowohl für die Lehrer als auch für die Schüler war *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* die erste Unterrichtseinheit nach *Chemie im Kontext*.

Dabei fiel auf, dass in der Kategorie *Argumentieren/Kontext* der Wissenszuwachs besonders groß war. Während die Schüler im Vortest lediglich etwa ein Prozent der entsprechenden Testaufgaben richtig beantworteten, lösten sie im Nachtest über 50 Prozent der Aufgaben. Dieser hohe Wissenszuwachs korrespondiert mit dem Ansatz von *Chemie im Kontext*, die betreffenden Testaufgaben greifen den in der Unterrichtseinheit behandelten Kontext *Kunststoffe im Auto* auf. Vorwissen war im Zusammenhang mit diesem Kontext nicht zu erwarten gewesen, da das Auto im Alltag der Schüler hauptsächlich als Fortbewegungsmittel eine Rolle spielt und sich die Schüler mit Kunststoffen im Auto vermutlich nicht auseinandersetzen. Anders verhält es sich mit dem Kontext *Kunststoffe und Textilien*:

Tatsächlich zeigen die Ergebnisse, dass die Schüler in der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung*, deren Aufgaben sich größtenteils mit dem Kontext *Kunststoffe und Textilien* befassen, im Vortest mehr Testaufgaben lösen konnten als in der Kategorie *Argumentieren/Kontext*.

Relativ viel Vorwissen zeigten die Probanden auch in der Kategorie *Klassifizieren*. Eine mögliche Erklärung für die relativ hohen Lösungswahrscheinlichkeiten in dieser Kategorie könnte neben der Nähe zu gewohnten Unterrichtsaufgaben das gewählte Antwortformat liefern. Bei den Testaufgaben, die der Kategorie *Klassifizieren* zugeordnet werden, handelt es sich größtenteils um Multiple-Choice-Aufgaben, die eine höhere Ratewahrscheinlichkeit zulassen.

Leistungen hinsichtlich der drei Testteile (Fragestellung 2.2)

Generell haben alle Probanden im dritten Teil des Wissenstests, in dem es um die *Rekontextualisierung* der erlernten chemischen Inhalte geht, schlechter abgeschnitten als in den anderen beiden Testteilen. Besonders deutlich wird dieses Ergebnis bei den Schülern, die nur den Nachtest bearbeitet haben: Bezüglich der Kategorie *Klassifizieren* lösten sie im dritten Teil etwa 20 Prozent weniger Testaufgaben als im ersten und zweiten Testteil, hinsichtlich des *Argumentierens* etwa 10 Prozent weniger als in den übrigen Testteilen.

Der zweite Teil des Wissenstests, in dem es um die *Dekontextualisierung* der chemischen Inhalte geht, bereitete wie der erste Testteil, der den im Unterricht bearbeiteten *Kontext Auto* behandelt, weniger Schwierigkeiten: In Bezug auf die Kategorie *Klassifizieren* lösten die Probanden, die nur den Nachtest bearbeitet haben, sowohl im ersten als auch im zweiten Testteil etwa 60 Prozent der Aufgaben vollständig und richtig. Die Schüler, die auch am Vortest teilgenommen haben, erreichten im zweiten Teil des Tests sogar eine höhere Lösungswahrscheinlichkeit als im ersten Testteil.

Ein Vergleich der Grundkurse mit den Leistungskursen ergibt, dass die Leistungskurse in allen Testteilen grundsätzlich besser abschnitten als die Grundkurse. Besonders deutlich wird der Unterschied im zweiten Teil des Fragebogens, in dem es um die *Dekontextualisierung* chemischer Inhalte geht. Eine Erklärung für das deutlich bessere Abschneiden der Leistungskursschüler in diesem Testteil könnte sein, dass Schüler in Leistungskursen sich

mehr mit „abstrakter Chemie“ beschäftigen als Schüler, die einem Grundkurs angehören (vgl. Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein, 2002).

Es hat sich demnach gezeigt, dass der Prozess der *Dekontextualisierung* entgegen den Befürchtungen von Lehrern (Fey et al., in Druck) den Schülern gelingt. Probleme bereitet den Probanden dagegen die *Rekontextualisierung* chemischer Inhalte und Basiskonzepte (Renkl, 2001). Dies stellt ein wichtiges Ergebnis im Hinblick Lernprozesse in einem kontextorientierten Unterricht dar.

Zusammenhänge zwischen den Leistungen und bestimmten Unterrichtsmerkmalen (Fragestellung 3)

Bei der Auswertung der Testergebnisse zeigte ein Vergleich der einzelnen Chemiekurse untereinander ein sehr differenziertes Bild: Es gab Kurse, die in einzelnen untersuchten Bereichen über 80 Prozent der Testitems lösen konnten. Es gab aber auch Kurse, die zum Teil unter 20 Prozent der Aufgaben richtig beantworteten, und es gab Kurse, die sich im Mittelfeld befanden (vgl. Tabelle 23, Seite 105). Um mögliche Gründe für das unterschiedliche Abschneiden der Kursgruppen zu finden, wurden verschiedene Einflussfaktoren untersucht: Dauer der Unterrichtseinheit, von den Lehrkräften eingeschätztes Vorwissen der Schüler, Bearbeitungszeit des Tests, von den Lehrkräften eingeschätzte Arten der Lehrer- und Schüleraktivitäten sowie Unterrichtsinhalte.

Ein besonders interessantes Untersuchungsergebnis zeigte sich bei der Betrachtung der Leistungen im Wissenstest im Zusammenhang mit der Dauer der Unterrichtseinheit. Während sich bei den Leistungskursen eine positive Korrelation zeigte, wurde bei den Grundkursen eine negative Korrelation festgestellt. Die Schüler der Leistungskurse schnitten demnach im Wissenstest besser ab, je mehr Schulstunden die Unterrichtseinheit umfasste. Die Schüler der Grundkurse lösten dagegen mehr Testaufgaben, je kürzer die Unterrichtseinheit war und je weniger Stunden sie umfasste. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass in den Leistungskursen mehr Stunden pro Woche unterrichtet werden und die Schüler sich aus diesem Grund intensiver mit den Unterrichtsinhalten auseinandersetzen. Bei den Grundkursen könnte das Interesse aufgrund der geringeren Stundenzahl pro Woche und den großen Abständen dazwischen im Laufe der Unterrichtseinheit nachlassen. Außerdem

muss beachtet werden, dass bei gleicher Stundenzahl der Unterrichtseinheit bei Leistungskursen und Grundkursen die Anzahl der Unterrichts-Wochen bei den Grundkursen wesentlich höher liegt. Eine Unterrichtseinheit von 18 Stunden bedeutet für einen Leistungskurs ca. vier Unterrichtswochen, während in einem Grundkurs dafür neun Wochen veranschlagt werden. Die Abstände zwischen den einzelnen Unterrichtsstunden sind bei den Grundkursen generell größer.

Eine weitere Ursache besteht möglicherweise in dem geringeren Interesse der Grundkurschüler am Fach Chemie. Hinweise zum Interesse der Schüler wurden im Rahmen der bundeslandübergreifenden Forschung mittels eines Schülerfragebogens erfasst, der in den schleswig-holsteinischen Klassen vor und nach der Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* eingesetzt wurde. Die Ergebnisse werden zur Zeit ausgewertet (Fey et al., in Druck).

Eine große Rolle hat erwartungsgemäß das Vorwissen der Schüler gespielt. Die Lehrer füllten zu Beginn der Intervention einen Fragebogen zur Einschätzung des Vorwissens ihrer Schüler aus. Die besonders guten Chemiekurse 4, 7 und 8 gehören zu den Chemiekursen, denen die meisten von den im Fragebogen zum Vorwissen der Schüler erfragten chemischen Inhalte und Prinzipien vor der Intervention bekannt waren. Dass die Quantität des Vorwissens nicht unbedingt der einzige Einflussfaktor ist, zeigen die Werte für die Kurse mit den Nummern 9 und 10. Der Chemiekurs mit der Nummer 9 gehörte beim Wissenstest zu den zwei leistungsschwächsten Kursen, obwohl dieser Kurs, nach dem Fragebogen zum Vorwissen der Schüler zu urteilen, mehr Vorwissen gehabt hat als die Kurse mit den Nummern 2 und 3. Weiterhin hat der Kurs mit der Nummer 10 laut Fragebogen zusammen mit dem Kurs 7 das meiste Vorwissen gehabt, zählte beim Wissenstest jedoch nicht zu den stärkeren Kursen. Eine Erklärung für dieses etwas widersprüchliche Ergebnis könnte eine falsche Auffassung der Lehrer hinsichtlich des Vorwissens sein. Neben der Quantität spielt jedoch gewiss auch die Qualität des Vorwissens für das Abschneiden im Wissenstest eine Rolle. Vergleicht man die Kurse 4, 7 und 8 mit den Kursen 2¹ und 9, könnte das Thema *Kohlenhydrate* als Vorwissen Einfluss genommen haben. Das ist insofern plausibel, als dass auch die Stoffklasse der Kohlenhydrate Makromoleküle einschließt. Aus dem Bereich der Kohlenhydrate kann auch das Prinzip der Polykondensation bekannt sein. Beide Kurse, die im Wissenstest auffällig gut abschnitten,

¹ Es wird hier anstelle des Kurses 1 der ebenfalls im Wissenstest eher leistungsschwache Kurs 2 betrachtet, da die Lehrkraft des Kurses 1 den Fragebogen zum Vorwissen der Schüler nicht bearbeitet hat.

hatten bereits vor der Intervention im Unterricht das Themengebiet der Kohlenhydrate behandelt, die Kurse mit den geringeren Leistungen dagegen nicht.

Mithilfe der während der Hauptstudie verwendeten Untersuchungsinstrumente konnten keine Zusammenhänge zwischen dem Abschneiden der Schüler im Wissenstest und der Art der Schüler- oder Lehreraktivitäten festgestellt werden. Dieses Ergebnis geht mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen einher, die ebenfalls die Notwendigkeit von Untersuchungen aufzeigen, die nicht nur Aussagen auf einer oberflächlichen Sichtstruktur, sondern auch auf der Tiefenstruktur über Unterrichtsqualität zulassen (vgl. Prenzel et al., 2002).

Analog konnten auch bei der Betrachtung der Unterrichtsinhalte in einer ersten Sichtung der Lehrerangaben keine Zusammenhänge zu den Schülerleistungen festgestellt werden.

In der vorliegenden Untersuchung kristallisierten sich demnach die Dauer der Unterrichtseinheit, das Vorwissen der Schüler sowie die Bearbeitungszeit des Tests als Einflussfaktoren heraus. Für die Konzeption *Chemie im Kontext* und andere Implementationsprojekte spielt von diesen genannten Faktoren in erster Linie die Dauer der Unterrichtseinheit eine Rolle, da diese durch die Entwicklung von Unterrichtseinheiten beeinflusst werden kann.

Die Art der Lehrer- und Schüleraktivitäten im Zusammenhang mit Schülerleistungen, die sich in dieser Untersuchung nicht als Einflussfaktor herausgestellt haben, müssten in weiterführenden Untersuchungen genauer betrachtet werden. Die Methodenvielfalt stellt eines von drei Grundprinzipien von *Chemie im Kontext* dar. Die Form eines Fragebogens zur Erfassung der entsprechenden Daten stellt ggf. nicht das geeignete Untersuchungsinstrument dar. Das Gleiche gilt für die Erfassung der Unterrichtsinhalte.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung und Erprobung eines Wissenstests, der im Rahmen der Konzeption *Chemie im Kontext* über den aktuellen Wissensstand der Schüler sowie über kognitive Kompetenzen, die im Chemieunterricht von Bedeutung sind, Informationen liefert. Dieser Test gliedert sich in drei Abschnitte und orientiert sich dabei an der Struktur der Konzeption: Der erste Teil des Tests beinhaltet Items zu dem den Schülern aus dem Unterricht bekannten *Kontext Auto*. Der zweite Testteil setzt sich aus Items zusammen, die kontextfrei Aspekte der Kunststoffchemie bzw. Aspekte des chemischen Basiskonzepts „Struktur-Eigenschaften“ betreffen (*Dekontextualisierung*), während der dritte Teil des Fragebogens Items zu dem Kontext „Textilien“ beinhaltet (*Rekontextualisierung*). Die Untersuchung gliederte sich in eine Pilot- und eine Hauptstudie, wobei die Pilotstudie der Entwicklung und Überarbeitung des Wissenstests diente, um den Test in überarbeiteter und optimierter Form in der Hauptstudie als zentrales Untersuchungsinstrument einsetzen zu können.

Die Pilotstudie fand im Schuljahr 2001/2002 statt, an ihr nahmen 46 Schüler aus Schleswig-Holstein und Nordrhein-Westfalen teil. An der Hauptstudie im Schuljahr 2002/2003 nahmen 142 Schüler aus Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen sowie Rheinland-Pfalz teil. In beiden Fällen wurde im Rahmen der Untersuchung die *Chemie-im-Kontext*-Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* durchgeführt. Während der Wissenstest in der Pilotstudie in allen teilnehmenden Kursen *nach* der Unterrichtseinheit von den Schülern bearbeitet wurde, wurde er in der Hauptstudie bei der Hälfte der Kurse zusätzlich als Vortest eingesetzt. Weitere Untersuchungsinstrumente der Hauptstudie waren Fragebögen für die unterrichtenden Lehrkräfte zur Unterrichtsdokumentation, zum Vorwissen der Schüler sowie zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit. Die Ergebnisse dieser Fragebögen sollten Hinweise auf mögliche Einflussfaktoren bezüglich der Schülerleistungen liefern.

Die Entwicklung und Überarbeitung des Wissenstests

Die Entwicklung, Erprobung und anschließende Überarbeitung des Wissenstests war das Ziel der Pilotstudie, die sich dabei auf vier Fragestellungen konzentrierte:

Fragestellung 1: Welchen Schwierigkeitsgrad haben die einzelnen Aufgaben?

Fragestellung 2: Ist die Länge des Fragebogens für den Einsatz im Unterricht geeignet?

Fragestellung 3: Sind die Fragen des Tests für die Schüler verständlich?

Fragestellung 4: Ist der Test in der Lage, differenzierte Aussagen über den Lernstand der Schüler zu liefern?

Die Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich des **Schwierigkeitsgrads der Testaufgaben** ergab, dass der Anteil leichter und schwerer Aufgaben reduziert bzw. der Anteil mittelschwerer Aufgaben erhöht werden musste, um den gewünschten Anteil von zwei Dritteln mittelschwerer Aufgaben zu erreichen.

Bezüglich der **Länge des Fragebogens** forderten die Untersuchungsergebnisse eine generelle Kürzung des Fragebogens, was nicht bearbeitete Testaufgaben sowie Kommentare von Schüler- und Lehrerseite deutlich machten. Darüber hinaus ergab eine Überprüfung der **Verständlichkeit der Testitems**, dass bestimmte Testaufgaben umformuliert werden mussten, um Missverständnisse bei der Bearbeitung der Aufgaben zu vermeiden. Demnach konnten bereits in der Pilotstudie **differenzierte Aussagen über die Leistungen** der Schüler gemacht werden. Ein Vergleich der Summen gelöster Aufgaben in den einzelnen Kategorien zeigte folgendes Bild: Den Schülern schien in erster Linie die *Vernetzung von Strukturen mit Eigenschaften* und das *Erkennen von Wechselwirkungen* Schwierigkeiten bereitet zu haben, das *Zeichnen von Strukturformeln* sowie das *Nennen von Fachbegriffen* fiel den Schülern wesentlich leichter.

Der Wissenstest als zentrales Untersuchungsinstrument

Der in der Pilotstudie entwickelte und überarbeitete Wissenstest wurde in der Hauptstudie als zentrales Untersuchungsinstrument eingesetzt. Dabei wurden die folgenden drei übergeordneten Fragestellungen bearbeitet:

- Fragestellung 1: Ist der Wissenstest für den Einsatz im Unterricht geeignet?*
- Fragestellung 2: Wie schneiden die Schüler im Wissenstests ab?*
- Fragestellung 3: Können Zusammenhänge zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und bestimmten Unterrichtsmerkmalen, wie z.B. Vielfalt des Methodeneinsatzes, festgestellt werden?*

Hinsichtlich der **Einsatzfähigkeit des Wissenstests** im Unterricht wurde zum einen überprüft, welche kognitiven Fähigkeiten durch den Test erfasst werden können. Eine Faktorenanalyse ergab, dass die in der Pilotstudie zu Grunde gelegten Kategorien nicht statistisch bestätigt wurden. Es folgte eine Einteilung der Testaufgaben in drei Kategorien, die Items zu den Bereichen *Klassifizieren*, *Argumentieren* bezogen auf den unterrichteten Kontext („*Argumentieren/Kontext*“) und *Argumentieren* bezogen auf einen neuen Kontext („*Argumentieren/Rekontextualisierung*“) umfassen.

Zum anderen wurden der Schwierigkeitsgrad der Testitems sowie die Testzeit überprüft. Das Ergebnis der Schwierigkeitsanalyse konnte als gut bewertet werden, da der überwiegende Teil der Aufgaben als mittelschwer eingestuft wurde. Hinsichtlich der Testzeit zeigte die Auswertung, dass eine Bearbeitungszeit von mindestens anderthalb Schulstunden nötig ist, um die Testaufgaben vollständig beantworten zu können, und dass sich die Bearbeitungsdauer im Unterricht realisieren lässt.

Bei der Betrachtung der **Leistungen der Schüler im Wissenstest** wurde zum einen untersucht, wie die Schüler bezüglich verschiedener kognitiver Kompetenzen abschneiden, die den durch die Faktorenanalyse ermittelten Kategorien entsprechen (s.o.). Zum anderen wurde untersucht, welche Leistungen die Lernenden in den einzelnen Teilen des Wissenstests zeigen. Die drei Testteile repräsentieren dabei drei für *Chemie im Kontext* bedeutsame Elemente: *Kontext*, *Dekontextualisierung* und *Rekontextualisierung*. Grundsätzlich wurden die Schüler, die nur am Nachtest teilgenommen hatten, von den Schülern, die sowohl Vor- als auch Nachtest bearbeitet hatten, unterschieden.

Bei der Betrachtung der kognitiven Kompetenzen zeigte sich, dass den Schülern vor allem die Testitems der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* Schwierigkeiten bereiteten: Die Schüler der Grundkurse lösten hier durchschnittlich etwa 30 Prozent der Testaufgaben im Vergleich zu je etwa 45 Prozent in den übrigen Kategorien. Die Leistungskurse konnten von den Aufgaben der Kategorie *Argumentieren/Rekontextualisierung* etwa 50 Prozent richtig beantworten, während es sich bei den zwei anderen Kategorien um eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit von etwa 60 Prozent handelte.

Die Kategorien *Klassifizieren* und *Argumentieren/Kontext* zeigten bei der Betrachtung der gesamten Testgruppe kaum Unterschiede in den Leistungen.

Hinsichtlich der einzelnen Testteile haben die Probanden insgesamt im dritten Teil, in dem es um die *Rekontextualisierung* chemischer Inhalte und Prinzipien geht, schlechter abgeschnitten als in den zwei anderen Testteilen. Der zweite Teil des Wissenstests, in dem es um die *Dekontextualisierung* der chemischen Inhalte geht, bereitete wie der erste Testteil, der den im Unterricht bearbeiteten *Kontext* Auto behandelt, weniger Schwierigkeiten. Die Probleme der Schüler mit dem Prozess der Rekontextualisierung stellen ein wichtiges Ergebnis im Hinblick auf Lernprozesse in einem kontextorientierten Unterricht dar.

Insgesamt weisen die einzelnen Chemiekurse eine große Streuung der Testergebnisse auf. Hinsichtlich der **Zusammenhänge** zwischen den Leistungen der Schüler im Test und bestimmten Unterrichtsmerkmalen zeigte sich Folgendes: Ein interessantes Ergebnis betrifft den Zusammenhang zwischen den Leistungen im Wissenstest und der Länge der Unterrichtseinheit. Die Schüler der Leistungskurse lösten durchschnittlich mehr Aufgaben korrekt, je länger die Unterrichtseinheit dauerte, bei den Schülern der Grundkurse verhielt es sich umgekehrt: je weniger Stunden die Unterrichtseinheit umfasste, desto besser waren die Leistungen im Wissenstest. Diese gegensätzlichen Korrelationen können u.a. mit dem Interesse der Schüler am Fach Chemie erklärt werden.

Es gab Chemiekurse, die in einzelnen Testteilen und Kategorien über 80 Prozent der Testitems lösen konnten, neben Kursen, die in einigen Bereichen unter 20 Prozent der Aufgaben richtig beantworteten. Andere der untersuchten Gruppen befanden sich mit ihren Leistungen wiederum im Mittelfeld. Wie die weitere Auswertung zeigte, hängen die Leistungen im Test nicht mit der Zugehörigkeit zu Grund- oder Leistungskurs zusammen. Es konnten auch keine Zusammenhänge zwischen dem Abschneiden im Wissenstest und der Art der Schüler- oder Lehreraktivitäten während des Unterrichts festgestellt werden. Auch die Inhalte der Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* erwiesen sich nach inhaltlicher

Auswertung nicht als Ursache für die unterschiedlichen Leistungen der Chemiekurse. Als Einflussgrößen stellten sich in der vorliegenden Arbeit die Länge der Unterrichtseinheit, das Vorwissen der Schüler, die zur Bearbeitung des Tests aufgewendete Zeit sowie die Relevanz, die der Test für die Schüler hatte (Test als Hausaufgabe, als Arbeitsauftrag während des üblichen Unterrichts oder als Klausur), heraus. Hinsichtlich des Vorwissens scheint in erster Linie die Stoffklasse der *Kohlenhydrate* positiven Einfluss auf die Testergebnisse gehabt zu haben. Da es sich in diesem Fall u.a. ebenfalls wie bei Kunststoffen um Makromoleküle handelt, ist dieser Zusammenhang auch plausibel.

Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit heben vor allem den Prozess der *Rekontextualisierung*, der einen bedeutsamen Bereich in einem kontextorientierten Unterricht wie *Chemie im Kontext* darstellt, als schwierig hervor. Diese Problematik wird auch in der Literatur hervorgehoben (vgl. Renkl, 2001). Sowohl für die vorgestellte Konzeption als auch für andere Projekte mit kontextorientiertem Ansatz stellt sich somit die Aufgabe, diesen Bereich verstärkt zu fördern und zu untersuchen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere höhere kognitive Kompetenzen wie die des Argumentierens bedeutsam. Auch hier zeigten sich in der vorliegenden Untersuchung Schwierigkeiten seitens der Schüler. Da die Probanden der vorgestellten Untersuchung wenig bis gar keine Erfahrungen mit kontextorientiertem Unterricht hatten, wäre für weiterführende Untersuchungen eine Langzeitstudie denkbar, in der die Leistungen der Schüler hinsichtlich der Rekontextualisierung in Abhängigkeit von der Quantität der *Chemie-im-Kontext*-Erfahrungen untersucht werden.

Im Rahmen der Auswertung der Untersuchungsergebnisse aus dem Dokumentationsbogen (vgl. Kapitel 6.4.2) stellte sich heraus, dass zwischen den Leistungen der Schüler im Wissenstest und den im Unterricht stattgefundenen Lehrer- und Schüleraktivitäten keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden konnten. Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Untersuchungsinstrumente konnten keine Aussage über die genaue Unterrichtsgestaltung der einzelnen Lehrer machen, da ein Fragebogen offensichtlich an dieser Stelle nicht ausreichend Informationen über die stattfindenden Unterrichtsprozesse liefern kann. Für weiterführende Untersuchungen wäre es wichtig, das Unterrichtsgeschehen genauer zu analysieren. Um unterrichtliche Lehr-Lernprozesse identifizieren zu können, würde sich

anbieten, die Unterrichtsstunden mithilfe von Videoaufnahmen zu dokumentieren. Eine im Rahmen von TIMSS durchgeführte Videostudie erwies sich als geeignet, Erklärungen für Leistungsunterschiede zwischen den Schülern verschiedener Länder zu finden (Stigler et al., 1999). Auch im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms BIQUA werden mithilfe von Videoaufnahmen Lehr-Lernprozesse im deutschen Physikunterricht erfolgreich untersucht (Prenzel et al., 2002).

Ein interessantes Ergebnis der vorliegenden Untersuchung sind die unterschiedlichen Korrelationen zwischen der Dauer der Unterrichtseinheit und den Leistungen im Test: Die Grundkurse schnitten bei kürzeren Unterrichtseinheiten, die Leistungskurse bei längeren Unterrichtseinheiten im Test besser ab. Diese Aussage müsste in Folgeuntersuchungen genauer betrachtet werden. Dabei stellt sich die Frage, ob dieses Ergebnis auch für eine größere Stichprobe zutrifft.

Im Hinblick auf das Projekt *Implementation von innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von Chemie im Kontext* (vgl. Kapitel 2.4) bietet sich an, den Wissenstest auch in anderen Bundesländern einzusetzen und die Ergebnisse zu vergleichen. In Verbindung mit einer eingehenden Analyse der stattfindenden Unterrichtsprozesse (s.o.) lassen sich so Rückschlüsse auf positiv oder negativ wirkende Faktoren bezüglich Konzeption und Unterricht machen. Auf diese Weise werden im Hinblick auf die unterrichtliche Realisierung der Konzeption sowohl für Lehrer und Schüler als auch für die Projektgruppe verstärkt Reflexionsanlässe gegeben.

LITERATUR

- Abteilung für Informationswirtschaft der Wirtschaftsuniversität Wien (Stand: 15.03.2004). *Funktionen der Taxonomien für die Planung des Unterrichts*. <http://www.wai.wu-wien.ac.at/usr/ebner/archive/dipl/dipl/node73.html>
- Anderson, J. R., Reder, L. M. & Simon, H. A. (1996). Situated Learning and Education. *Educational Researcher*, 25 (4), 5-11.
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing - A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Asselborn, W., Jäckel, M. & Risch, K. T. (1998). *Chemie heute – Sekundarbereich II*. Hannover: Schroedel Verlag GmbH.
- Barker, V. & Millar (2000). Students' reasoning about basic chemical Thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22, 1171-1200.
- Baumert, J., Artelt, C., Klieme, E. & Stanat, P. (2001). *PISA – Programme for International Student Assessment – Zielsetzung, theoretische Konzeption und Entwicklung von Messverfahren*. In Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (285-310). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Baumert, J. et al. (1997). Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/blk_prog/gutacht/gut7.htm (Stand: 9.3.2004).
- Bennett, J., Holman, J., Lubben, F., Nicolson, P. & Prior, C. (2002). *Science in Context: The Salters Approach – Contribution to the 2nd International IPN-YSEG Symposium*.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain*. New York: McKay.
- Bloom, B. S. et al. (1972). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Blume, R. (Stand: 15.03.2004). Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <http://dc2.uni-bielefeld.de>
- Bortz, J. & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg: Springer.

- Brown, J. S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
- Bünder, W., Demuth, R. & Parchmann, I. (2003). Basiskonzepte – Welche chemischen Konzepte sollen Schüler kennen und nutzen? *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie*, 1, 2-6.
- Burton, G. et al. (1994). *Salter's Advanced Chemistry Project: Chemical Ideas*. Heinemann Education.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). *Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing and Mathematics*. In: Resnick, L. B. (Hrsg.), *Knowing, Learning and Instruction. Essays in the honour of Robert Glaser* (453-494). Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.
- Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (MNU) (2000). *Chemieunterricht der Zukunft - Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung*. MNU.
- Dubs, R. (1995). Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 889-903.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Duit, R., Häußler, P. & Prenzel, M. (2001). *Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung*. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (167-185). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Fey, A., Gräsel, C., Parchmann, I. (in Druck). *Implementierungen bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von Chemie im Kontext*. Unterrichtswissenschaften.
- Gerstenmaier & Mandl (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 867-888.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002a). *Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion*. In: Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.), *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (7-20). Opladen: Leske und Budrich.
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002b). *Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis*. In: Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.), *Scientific Literacy – Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (135-145). Opladen: Leske und Budrich.
- Harley, S. (1993). Situated Learning and Classroom Instruction. *Educational Technology*, 46-51.

- Hasselhorn, M. & Mähler, C. (2000). *Transfer: Theorien, Technologien und empirische Erfassung*. In: Hager, W., Patry, J.-L. & Brenzing, H. (Hrsg.), *Evaluation psychologischer Interventionsmaßnahmen* (86-101). Bern: Verlag Hans Huber.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Huntemann, H. & Parchmann, I. (1999). Biologisch abbaubare Kunststoffe - Einordnung in ein neues Konzept für den Chemieunterricht. *Chemkon*, 6.
- Huntemann, H., Vennemann, H. & Parchmann, I. (2000). Ein Auto ohne Kunststoffe? – Eine Unterrichtseinheit aus der Konzeption Chemie im Kontext. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 4, 19-30.
- Jäger, R. S. (2000). *Von der Beobachtung zur Notengebung - Ein Lehrbuch: Diagnostik und Benotung in der Aus-, Fort- und Weiterbildung*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Klauer, K. J. (2001). *Wie misst man Schulleistungen?* In: Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (103-115). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Kleber, E. W. (1992). *Diagnostik in pädagogischen Handlungsfeldern*. Weinheim, München: Juventa Verlag.
- Knuth, R.A. & Cunningham, D.J. (1991). *Tools for Constructivism*. In: Duffy, T.M., Lowyck, J., Jonassen & D.H., *Designing Environments for Constructive Learning*. Berlin, Heidelberg, New York, London: Springer-Verlag.
- Köhler-Krützfeldt, A. (2001). *Entwicklung und Evaluation von Lernzyklen zum Thema "Maßgeschneiderte Polymere" im Rahmen der Konzeption Chemie im Kontext*.
- Köller, O., Baumert, J. & Bos, W. (2001). *TIMSS - Third International Mathematics and Science Study: Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie*. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (269-284). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press.
- Law, L. C. & Wong, K. M. P. (1996). *Expertise und Instructional Disign*. In: Gruber, H. & Ziegler, A., *Expertiseforschung* (115-147). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Lienert, G. A. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim, Berlin, Basel: Verlag Julius Beltz.
- Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2001). *Transfer*. In: Rost, D. H., *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (721-730). Weinheim: Beltz Verlag.

- Mandl, H., Gruber, H., Renkl, A. (1995). *Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen*. In: Issing, L. J. & Klimsa, P. (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (167-177). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Messner, H. (1978). *Wissen und Anwenden. Zur Problematik des Transfers im Unterricht*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997). *Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen Hauptschule, Realschule, Gymnasium - Chemie*. Kiel.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (2002). *Lehrplan für die Sekundarstufe II. Gymnasium, Gesamtschule - Chemie*. Kiel.
- Mortimer, C. E. (2001). *Chemie - Das Basiswissen der Chemie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Nentwig, P., Parchmann, I., Demuth, R., Gräsel, C. & Ralle, B. (2002). *Chemie im Kontext - From situated learning in relevant contexts to a systematic development of basic chemical concepts*. 2nd International Science Education Symposium "Context Based Science Curricula". Kiel.
- Parchmann, I. (2000). Chemie im Kontext - Eine Konzeption zum Aufbau und zur Aktivierung fachsystematischer Strukturen in lebensweltorientierten Fragestellungen. *MNU*, 3, 132-137.
- Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A. & Huntemann, H. (2001a). Chemie im Kontext - Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 1, 2-7.
- Parchmann, I. (2001b). Alltagschemie vs. Fachsystematik? Zur Integration von lebensweltlichen Zusammenhängen und fachlichem Konzeptverständnis. *Praxis Schule 5-10*, 1, 12-15.
- Parchmann, I. (2003a). "Inputs" oder "Outcomes" - Diskussion der Zielperspektive von Bildungsstandards und deren Umsetzung im Projekt Chemie im Kontext. *Praxis der Naturwissenschaften Chemie*, 1, 10-12.
- Parchmann, I. et al. (2003b). *Forschungsprojekt Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von "Chemie im Kontext" - I. Zwischenbericht*. Kiel, Dortmund, Saarbrücken: IPN Kiel, Universität des Saarlandes, Universität Dortmund.
- Pfeifer, P., Lutz, B. & Bader, H. J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH.

- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. *Internationales und nationales Rahmenkonzept für die Erfassung von naturwissenschaftlicher Kompetenz in PISA 2003*. <http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/pisa/NaWiRahmenkonzeptionPISA2003.pdf> (Stand: 11.03.2004).
- Prenzel, M. (2000). Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts: Ein Modellversuchsprogramm von Bund und Ländern. *Unterrichtswissenschaft*, 28, 103-126.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmele, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht - eine Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Beiheft, 139-156.
- Ramsden, J. M. (1997). How does a context-based approach influence understanding of key chemical ideas at 16+? *International Journal of Science Education*, 19 (6), 697-710.
- Reimann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). *Unterrichten und Lernumgebungen gestalten*. In: Weidenmann, B. & Krapp, A., *Pädagogische Psychologie* (601-646). Weinheim: Beltz Psychologische Verlags Union.
- Renkl, A. (2001). *Träges Wissen*. In: Rost, D. H., *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (717-721). Weinheim: Beltz Verlag.
- Sacher, W. (1996). *Prüfen - Beurteilen – Benoten*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Salomon, G. & Perkins, D. N. (1989). Rocky Roads to Transfer. Rethinking Mechanisms of a Neglected Phenomenon. *Educational Psychologist*, 24 (2), 113-142.
- Schmidt, H. J. (1981). *Fachdidaktische Grundlagen des Chemieunterrichts*. Braunschweig.
- Schmidt, S., Rebentisch, D. & Parchmann, I. (2003). Chemie im Kontext auch für die Sekundarstufe I: Cola und Ketchup im Anfangsunterricht. *Chemkon*, 1, 6-16.
- Schmidt, V. (in Druck). Basiskonzept-Kapitel. In: *Chemie im Kontext – Ein Lehrwerk für die Sekundarstufe II*. Cornelsen/Volk und Wissen.
- Schneider, W., Körkel, J. & Weinert, F. E. (1989). Domain-Specific Knowledge and memory Performance: A Comparison of High- and Low-Aptitude Children. *Journal of Educational Psychology*, 81, 306-312.
- Spiro, R., J. & Jehng, J.-C. (1990). *Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter*. In: Nix, D. & Spiro, R., *Cognition, Education, Multimedia - Exploring Ideas in High Technology* (163-205). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

- Stigler, J. W., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S. & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape Classroom Study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan, and the United States*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education.
- The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1996). Anchored Instruction and Situated Cognition Revisited. In: McLellan, H., *Situated Learning Perspectives* (123-154). Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology Publications.
- Tinnesand, M. et al. (2002). 2nd International IPN-YSEG Symposium. *ChemCom Contribution*.
- Universität Bayreuth, Didaktik der Chemie. *Methodik des Unterrichts*.
http://www.unibayreuth.de/departments/didaktikchemie/v_fachdidaktik/M_Einfuehrung.htm (Stand: 10.03.2004).
- Vennemann, H. & Parchmann, I. (2003). *Ein Mund voll Chemie*. MNU, 56 (4), 280-288.
- Verband der Chemischen Industrie e.V. – Landesverband Nord. *Chemie im Kopf*. Hannover: Ahrens Film GmbH.
- Waddington, D. J., Burton, W. G., Holman, J. S. & Pilling, G. M. (1995). Salters Advanced Chemistry - A Revolution in Pre-College Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72, 227-230.
- Weinert, F. E. (2001). *Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit*. In: Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

ANHANG

Der Wissenstest und die übrigen Fragebögen sind dem Format dieser Arbeit angepasst und auf das Wesentliche reduziert. Sie entsprechen inhaltlich den Originalen.

A Wissenstest der Pilotstudie

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

im Rahmen einer Dissertation möchten wir untersuchen, wie der von Mitarbeitern des IPN entwickelte Unterricht nach *Chemie im Kontext* den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern unterstützt. Um darüber Aufschlüsse zu erlangen, setzen wir Fragebögen ein.

Diese Befragung dient rein wissenschaftlichen Zwecken. Wir versichern Ihnen, dass alle Angaben anonym bleiben, so dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist. Für die Auswertung ist es allerdings notwendig, die Fragebögen codiert zu kennzeichnen. Tragen Sie daher bitte den Anfangsbuchstaben des Vornamens Ihrer Mutter, Ihres Vaters sowie Ihren eigenen Geburtstag (ohne Monat und Jahr) in die folgenden Kästchen ein, Bsp.: Ihre Mutter heißt **K**arin, Ihr Vater heißt **M**ichael und Sie haben am **4.** August Geburtstag. Dann würden Ihre Codierung lauten: KM04.

Wie alt sind Sie?	_____ Jahre
Geschlecht?	<input type="radio"/> männlich <input type="radio"/> weiblich
In welcher Klassenstufe befinden Sie sich?	□□. Klasse/Jahrgang

Ich finde das Fach Chemie ...

- sehr interessant
- interessant
- wenig interessant
- uninteressant.

Welchen Kurs besuchen Sie?

- Grundkurs Chemie
- Leistungskurs Chemie

Welche Schulnote hatten Sie im letzten Halbjahr im Chemie-Unterricht?

- 15-13
- 12-10
- 9-7
- 6-4
- 3-1
- 0

Ihre Meinung zu *Chemie im Kontext*:

	stimmt völlig	stimmt eher	stimmt teils/teils	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
Mir hat der Unterricht nach <i>Chemie im Kontext</i> gefallen.	<input type="radio"/>				
Ich fand es gut, viel selbständig zu Arbeiten.	<input type="radio"/>				
Ich fühle mich besser, wenn die Lehrerin/der Lehrer mir sagt, was ich lernen soll.	<input type="radio"/>				
Mir gefällt der Chemieunterricht besser wie er vorher war.	<input type="radio"/>				
Ich habe keinen Unterschied zu dem Unterricht davor gesehen.	<input type="radio"/>				

Der nun folgende Fragebogen gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil handelt von Kunststoffen im Kontext *Auto*. Im zweiten Teil werden Fragen zur allgemeinen Chemie der Kunststoffe gestellt. Der dritte Teil enthält Fragen zu einem neuen Thema. Lassen Sie sich dadurch nicht verunsichern. Versuchen Sie bitte, so genau und detailliert wie möglich zu antworten. Benutzen Sie auch Fachbegriffe, sofern sie bekannt sind.

Teil I

Heute bestehen Autos zu ungefähr 15 % aus Kunststoffen. Dabei spielen viele verschiedene Kunststoffe eine Rolle. Kunststoffe, die in einem VW Polo verwendet werden, sind z.B. Polyurethan, Polymethylmethacrylat oder Polyamid-6,6.

1

Um Ansaugrohre aus Polyamid-6,6 für den Motorraum eines VW-Polo herzustellen, benötigen Sie als Ausgangsstoffe 1,6-Diaminohexan und Hexandisäure. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung zur Herstellung dieses Materials (Polyamid-6,6) unter Verwendung der Strukturformeln.

Bei der Verwendung von Kunststoffen in der Automobilindustrie spielt die sog. Wärmeformbeständigkeit eine wichtige Rolle.

2

- a) Was verstehen Sie unter dem Begriff „Wärmeformbeständigkeit“?
 b) Welche Kunststoffklasse besitzt die geringste Wärmeformbeständigkeit?
 c) Erklären Sie Ihre Entscheidung mithilfe der Struktur der Moleküle.

Automobilhersteller wie Volkswagen sind verpflichtet, ab dem Jahre 2005 Autos zu produzieren, von denen 85% des Gesamtfahrzeuggewichts wieder verwertet werden können.

Es gibt verschiedene Verwertungsmethoden für Kunststoffe, z.B. können sie zerkleinert und umgeschmolzen oder die Makromoleküle können durch thermische oder hydrolytische Verfahren gespalten werden.

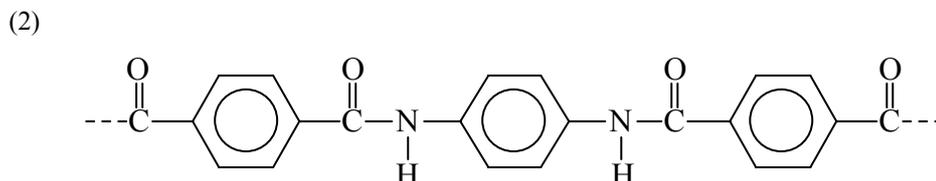
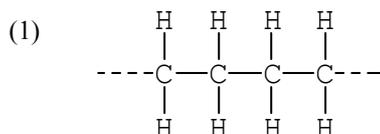
3

Welchen der im Folgenden genannten Kunststoffe können Sie durch einfaches Umschmelzen recyceln, bei welchem müssen Sie thermische oder hydrolytische Verfahren anwenden? Begründen Sie Ihre Meinung anhand der Struktur der Moleküle.

- | | |
|---------------------|---|
| a) Kunststoff: | Polyurethan, welches aus Diisocyanat und Glucose hergestellt wurde |
| Verwertungsmethode: | |
| Begründung: | |
| b) Kunststoff: | Polyamid, welches aus Hexandisäure und Hexamethyldiamin hergestellt wurde |
| Verwertungsmethode: | |
| Begründung: | |

Teil II

Zwei Kunststoffe haben die im Folgenden abgebildete Struktur:



1

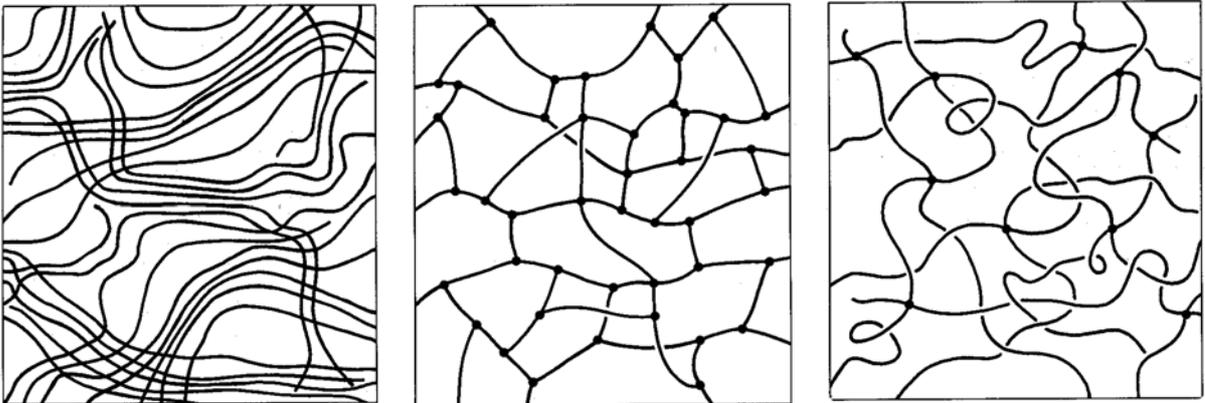
- a) Notieren Sie die Reaktionsgleichung zur Bildung des Polymers (2) unter Verwendung von Strukturformeln.
 b) Nennen Sie den Namen des Reaktionstyps.
 c) Ordnen Sie die folgenden Schmelzpunkte bzw. -bereiche (ca. 450°C, 105-138°C) den genannten Polymeren (1) und (2) zu und
 d) erklären Sie Ihre Entscheidung mithilfe der Struktur der Moleküle.

Ethandiol und Glycerin werden häufig als Monomere für Polykondensationen genutzt. Es sollen zwei Polymere hergestellt werden: Für Polymer A werden die Monomere Ethandiol und Ethandisäure, für Polymer B die Monomere Glycerin und Ethandisäure verwendet.

2

Glauben Sie, dass die hergestellten Polymere A und B unterschiedliche Eigenschaften besitzen? Erklären Sie Ihre Meinung anhand der Struktur der Moleküle.

Im Folgenden sind die Strukturen der verschiedenen Kunststoffklassen schematisch abgebildet.

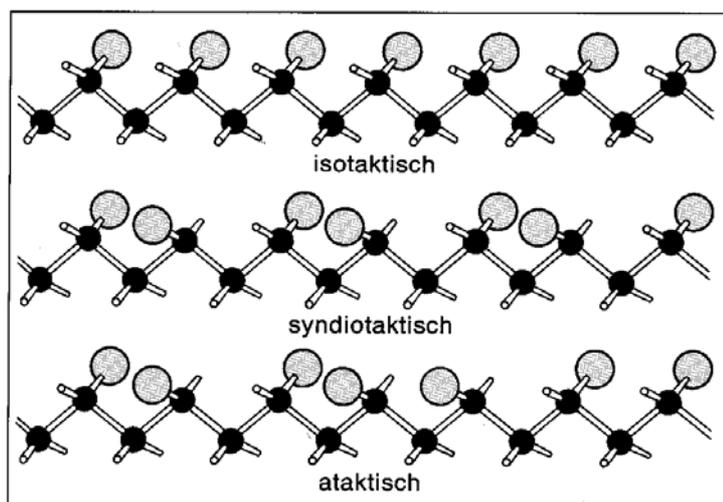


[Quelle : Asselborn et al., 1998]

3

Vergleichen Sie das Verhalten dieser Kunststoffklassen
 a) bei Temperaturerhöhung
 b) bei mechanischer Belastung
 und erklären Sie dieses Verhalten anhand der gezeigten Strukturen.

Die Eigenschaften eines Kunststoffes hängen maßgeblich von der Anordnung der Seitengruppen ab. Abhängig von der Anordnung der Seitengruppen spricht man von isotaktischen, syndiotaktischen und ataktischen Polymerisaten.



4

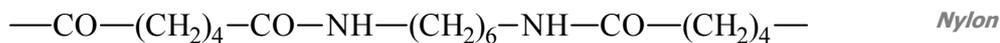
[Quelle: Asselborn et al., 1998]

Erklären Sie, weshalb isotaktisches Polystyrol eine größere Dichte hat als ataktisches Polystyrol.

Teil III

1935 erfand der Chemiker Wallace Hume Carothers die Kunstfaser Nylon. 1938 wurde Nylon der amerikanischen Öffentlichkeit erstmalig durch eine Anzeigenkampagne von der Firma Du Pont vorgestellt - als eine vollsynthetische Faser aus "Kohle, Wasser und Luft" mit unglaublichen Eigenschaften. Ein erster Testverkauf daraus hergestellter Damenfeinstrümpfe fand am Firmensitz in Wilmington am 24. Oktober 1939 statt - 4000 Paar Strümpfe aus dem Experimental-Labor waren innerhalb von 3 Stunden ausverkauft.

Nylon eignet sich gut zur Herstellung reißfester Fasern. Die Reißfestigkeit der Faser wird durch Verstrecken deutlich erhöht.



1

- a) Legen Sie dar, warum sich dieser Kunststoff für eine Textilfaser eignet!
b) Was stellen Sie sich unter dem Begriff „Verstrecken“ vor, und welche Auswirkungen hat dieses Verstrecken auf molekularer Ebene?

Ein modernes Sporthemd besteht aus zwei Gewebelagen, einer inneren netzartigen Schicht aus Polypropen und einer äußeren Schicht aus Baumwolle. Dadurch soll Schweiß von der Haut weggeführt werden.

2

Erörtern Sie, ob ein derartiges Sporthemd bei 90 °C gewaschen werden darf!

Der letzte Schrei für jeden Geheimdienstagenten, der etwas auf sich hält, könnte eines Tages eine kugelsichere Weste aus Spinnenseide sein. Spinnenseide ist dünner als ein menschliches Haar. Trotzdem ist sie härter als Stahl (hohe Reißfestigkeit) **und** elastischer als synthetische Polymerfasern. Für Biotechniker sind Spinnen deshalb sehr interessant. Viele Wissenschaftler versuchen, dem Geheimnis der Spinnenseide auf den Grund zu gehen.

Im Folgenden sehen Sie 3 unterschiedliche Anordnungen von Makromolekülen.

3

Welche der drei Strukturen kennzeichnet Ihrer Meinung nach die Spinnenseide? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Heute bestehen feuer- und kugelsichere Kleidung, Fallschirmseile, Sportschläger oder Bestandteile von Flugzeugen aus künstlichen Fasern wie zum Beispiel Kevlar.

Kevlar wird aus zwei Monomeren synthetisiert: Terephthalsäure (Benzol-*p*-dicarbonsäure) und Benzol-*p*-diamin.

4

Stellen Sie die Synthese von Kevlar mit Strukturformelgleichungen dar!

B Wissenstest der Hauptstudie

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

im Rahmen einer Dissertation möchten wir untersuchen, wie der von Mitarbeitern des IPN entwickelte Unterricht nach *Chemie im Kontext* den Wissenserwerb von Schülerinnen und Schülern unterstützt. Um darüber Aufschlüsse zu erlangen, setzen wir Fragebögen ein.

Diese Befragung dient rein wissenschaftlichen Zwecken. Wie versichern Ihnen, dass alle Angaben anonym bleiben, so dass kein Rückschluss auf Ihre Person möglich ist.

Wie alt sind Sie?

_____ Jahre

Geschlecht?

männlich weiblich

In welcher Klassenstufe befinden Sie sich?

□□. Klasse/Jahrgang

Welchen Kurs besuchen Sie?

- Grundkurs Chemie
 Leistungskurs Chemie

Welche Schulnote hatten Sie im letzten Halbjahr im Chemie-Unterricht?

- 15-13
 12-10
 9-7
 6-4
 3-1
 0

Der nun folgende Fragebogen gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil handelt von Kunststoffen im Kontext Auto. Im zweiten Teil werden Fragen zur allgemeinen Chemie der Kunststoffe gestellt. Der dritte Teil enthält Fragen zu einem neuen Thema. Lassen Sie sich dadurch nicht verunsichern.

Versuchen Sie bitte, so genau und detailliert wie möglich zu antworten. Das ist für die Untersuchung sehr wichtig. Benutzen Sie auch Fachbegriffe, sofern sie bekannt sind.

Wenn Sie den Eindruck haben, die Antworten würden sich wiederholen, schreiben Sie die Antwort bitte trotzdem ein weiteres Mal.

Sollte der vorgegebene Platz für die Beantwortung der Fragen nicht ausreichen, benutzen Sie bitte die Rückseite des Fragebogens.

Teil I

Heute bestehen Autos zu ungefähr 15 % aus Kunststoffen. Dabei spielen viele verschiedene Kunststoffe eine Rolle. Kunststoffe, die in einem VW Polo[®] verwendet werden, sind z.B. Polyurethan, Polymethylmethacrylat oder Polyamid-6,6.

1

Der Anteil an Kunststoffen im Automobilbau hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen.

a) Nennen Sie 2 Gründe für die Automobilindustrie, vermehrt Kunststoffe einzusetzen!

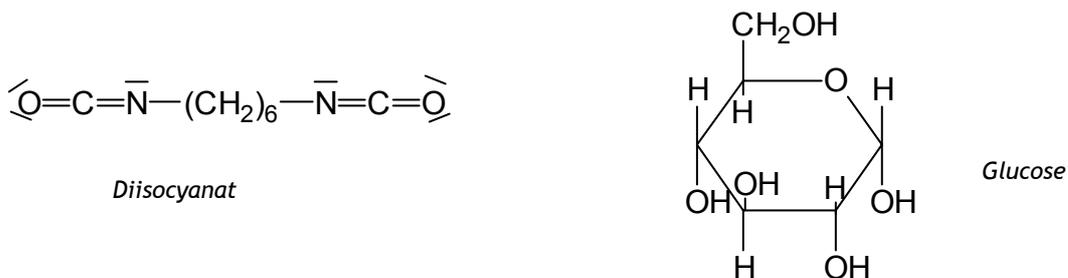
2

Automobilhersteller wie Volkswagen[®] sind verpflichtet, ab dem Jahre 2005 Autos zu produzieren, von denen 85% des Gesamtfahrzeuggewichts wieder verwertet werden können.

Es gibt verschiedene Verwertungsmethoden für Kunststoffe. Einige können zerkleinert und umgeschmolzen werden. Bei anderen werden die Makromoleküle durch thermische oder hydrolytische Verfahren gespalten.

Zwei Beispiele:

Eine Türverkleidung wurde aus den Monomeren Diisocyanat und Glucose hergestellt:



- a) Notieren Sie die *Reaktionsgleichung* zur Bildung des Polymers (B) unter Verwendung von *Strukturformeln*.
- b) Nennen Sie den Namen des *Reaktionstyps*.
- c) Welcher der beiden Kunststoffe hat den höheren *Schmelzbereich*?
- Polymer (A) Polymer (B)
- d) Erklären Sie Ihre Entscheidung mithilfe der *molekularen Struktur* der Stoffe. Gehen Sie dabei auf die zwischenmolekularen *Bindungsverhältnisse* ein.

Teil III

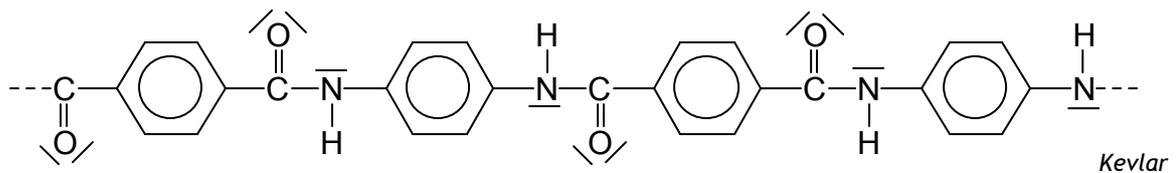
Ein modernes Sporthemd besteht aus zwei Gewebelagen: einer inneren netzartigen Schicht aus Polypropen und einer äußeren Schicht aus Baumwolle. Dadurch soll Schweiß von der Haut weggeführt werden.

1

Erörtern Sie, ob ein derartiges Sporthemd auf höchster Stufe (über 200 °C) gebügelt werden darf! Gehen Sie dabei auch auf zwischenmolekulare Wechselwirkungen ein.

2

Heute bestehen feuer- und kugelsichere Kleidung, Fallschirmseile, Sportschläger oder Bestandteile von Flugzeugen aus künstlichen Fasern wie zum Beispiel Kevlar.

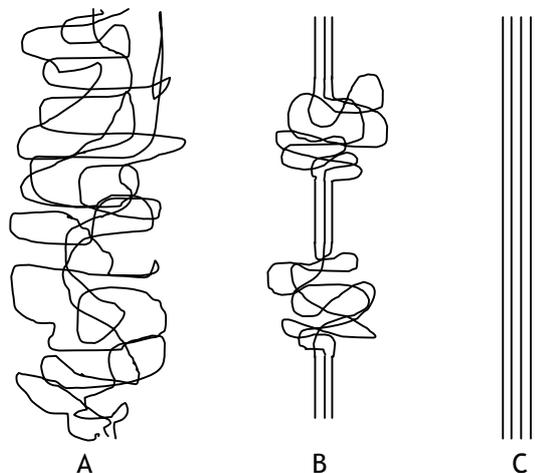


Erklären Sie, weshalb man für die Herstellung kugelsicherer Kleidung Kevlar verwendet und nicht etwa Polyethen (siehe Abb. (A) auf Seite 7). Gehen Sie dabei auf die *molekulare Struktur* der beiden Polymere ein.

3

Der „letzte Schrei“ für jeden Geheimdienstagenten, der etwas auf sich hält, könnte eines Tages eine kugelsichere Weste aus Spinnenseide sein. Spinnenseide ist dünner als ein menschliches Haar. Trotzdem ist sie härter als Stahl (hohe Reißfestigkeit) und elastischer als synthetische Polymerfasern! Für Biotechniker sind Spinnen deshalb sehr interessant. Viele Wissenschaftler versuchen, dem Geheimnis der Spinnenseide auf die Spur zu kommen ...

Im Folgenden sehen Sie 3 unterschiedliche Anordnungen von Makromolekülen:



- a) Schließen Sie von den genannten *Eigenschaften* auf die *Struktur*: Welche der drei Strukturen A, B und C kennzeichnet Ihrer Meinung nach die Spinnenseide?
- Struktur A Struktur B Struktur C
- b) Wie erklären Sie die Eigenschaften der Spinnenseide mithilfe der *Struktur* der Moleküle? Gehen Sie dabei auf die *zwischenmolekularen Wechselwirkungen* ein.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!!!

C Fragebogen zur Unterrichtsdokumentation

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

der folgende Dokumentationsbogen soll Ihnen helfen, Ihren eigenen Unterricht rückblickend besser reflektieren und bewerten zu können.

Sie entscheiden dabei selbst, ob und in welchem Umfang Sie den Bogen benutzen!

Sie entscheiden ebenfalls darüber, ob Sie Ihren ausgefüllten Bogen der ChiK-Projektgruppe für die Dokumentation und Optimierung der Konzeption zur Verfügung stellen oder nicht.

Wofür kann eine ausführliche Unterrichtsdokumentation sinnvoll sein?

- Sie können prüfen, inwieweit Sie Ihre selbst gesteckten Ziele auch tatsächlich erreicht haben.

- Sie können etwa nach einer Lernerfolgskontrolle gezielt prüfen, wie besonders positive oder negative Ergebnisse mit der Unterrichtsgestaltung zusammenhängen könnten.
- Sie können bei Bedarf mit Ihren Schülerinnen und Schülern diskutieren, inwieweit ihnen bestimmte Abschnitte des Unterrichts besonders aufgefallen sind oder wie sie bestimmte Abschnitte des Unterrichts aus ihrer Sicht beurteilen.
- Sie können bei der Durchführung mehrerer Einheiten prüfen, inwieweit sich Ihre Unterrichtsgestaltung verändert hat.
- Sie können auf der Basis der Dokumentation einen gezielten Austausch mit Ihren Kolleginnen und Kollegen über bestimmte Gestaltungsmerkmale oder bestimmte Unterrichtsabschnitte führen.
- Die Dokumentation kann eine Diskussionsbasis für die Sattreffen sein, in denen eine gemeinsame Dokumentation der im Rahmen des Projektes durchgeführten Einheiten erstellt wird und in denen mögliche Ursachen für besonders gelungene oder auch weniger gelungene Unterrichtsabschnitte erörtert werden sollen. Dieser Erfahrungsaustausch ist insbesondere für die Planung der weiteren Einheiten bedeutsam!
- ...

Mit freundlichen Grüßen, auch im Namen der gesamten *ChiK*-Projektgruppe,
Thessa Ebel

Dokumentation der einzelnen Unterrichtsstunden:

1. Skizzierung von einzelnen Stunden, wie Sie es für sinnvoll halten – z.B. Festhalten von Inhalt, Methoden, Material, Verlauf, Fazit... (auf Extraseiten)
2. tabellarisch (Tabelle auf den folgenden Seiten)

[Sie können entweder in jeder Stunde die entsprechenden Methoden und Aktivitäten einfach ankreuzen oder in den entsprechenden Kästchen die ungefähre Dauer der Aktivitäten und verwendeten Methoden in Minuten angeben; in welcher Phase Sie sich gerade befinden, vermerken Sie bitte oberhalb der Tabelle (siehe Beispiel).]

Abkürzungen:

B: Begegnungsphase, N: Neugier- und Planungsphase, E: Erarbeitungsphase, V: Vertiefungs- und Vernetzungsphase

Die Tabelle untergliedert sich in drei Bereiche (Organisationsform, Ihre Aktivität und die Aktivität Ihrer Schüler/innen); zu einer bestimmten Organisationsform können Sie somit sowohl Ihre Aktivität als auch die Ihrer Schüler/innen per Kreuz oder Minutenangabe vermerken:

z.B. Stunde 6 (Phase E), 5 Minuten Hausaufgabenbesprechung, vorstrukturierte Gruppenarbeit, während der Gruppenarbeit übernehmen Sie die Beratungsrolle.

Tabelle 37: Items aus dem zweiten Abschnitt des Fragebogens zur Unterrichtsdokumentation

<i>Organisationsformen ...</i>	Unterrichtsstunde						
	1	2	3	4	5	6	7 ...
von mir vorstrukturierte Gruppenarbeit mit konkreten Aufgaben							
offene Gruppenarbeit, geplant durch meine Schüler/innen							
von mir vorstrukturierte Partnerarbeit mit konkreten Aufgaben							
offene Partnerarbeit, geplant durch meine Schüler/innen							
von mir vorstrukturierte Einzelarbeit mit konkreten Aufgaben							
gelenktes Unterrichtsgespräch zwischen mir und meinen Schüler/innen							
offenes Unterrichtsgespräch zwischen meinen Schüler/innen							
Brainstorming							
Mindmap, Conceptmap							
Moderationsmethode							
„lautes Denken“ in Kleingruppen							
Gruppenpuzzle							
Lernen an Stationen (auch Lernzirkel, Stationenlernen, ...)							
Sonstiges:							
<i>Lehreraktivitäten ...</i>							
einführende Erläuterung zur Stunde							
Wiederholung am Stundenanfang							
Zusammenfassung am Stundenende							
(abschließende) Präsentation der Ergebnisse							
Demonstrationsexperiment							
Beratung während der Gruppenarbeit, des Lernens an Stationen etc.							
Auswertung der Arbeit meiner Schüler/innen							
Moderation der Auswertung							
Ermunterung, Anregung, eigene Planungen anzustellen							
Ermutigung, eigene Erklärungsmodelle zu entwickeln							
Sonstiges:							
<i>Schüleraktivitäten ...</i>							
Wiederholung am Stundenanfang							
Hausaufgabenbesprechung							
Zusammenfassung am Stundenende							
vorstrukturierte Erarbeitung (z.B. Übungsaufgaben)							
selbstorganisierte Erarbeitung oder Auswertung							
(abschließende) Präsentation ihrer (Gruppen-) Ergebnisse							
Internet-Recherche							
Literatur-Recherche							
Demonstrationsexperiment durch einzelne Schüler/innen							
Alle Schüler/innen führen Experimente durch.							
Schüler/innen präsentieren ihre Vorstellungen, Ideen, Denkweisen (z.B. mithilfe von Beschreibungen, Zeichnungen, ...)							
Sonstiges:							

D Fragebogen zum Vorwissen der Schüler

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

im Folgenden sind einige chemische Inhalte und Konzepte aufgelistet, die in der Unterrichtseinheit *(K)Ein Auto ohne Kunststoffe* von Bedeutung sind.

Um einen Bezugspunkt für die Ergebnisse des Wissenstests Ihrer Schülerinnen und Schüler zu erhalten, ist es wichtig, dass Sie einmal zu Beginn der Unterrichtseinheit diesen Bogen ausfüllen. Sie kreuzen also zu Anfang an, was Ihre Schülerinnen und Schüler Ihrer Meinung nach zu Beginn der UE bereits wissen bzw. können.

Fühlen Sie sich bitte in keinster Weise kontrolliert! Es geht nicht darum zu untersuchen, ob Sie guten Unterricht machen oder nicht. Es ist lediglich ein Referenzpunkt nötig, um die Testergebnisse Ihrer Schülerinnen und Schüler besser auswerten zu können. Vielleicht hilft Ihnen diese Liste auch bei der Unterrichtsvorbereitung.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

STOFFKLASSEN DER OC:

- Alkane
 - Alkene
 - Alkine
 - Aromaten
 - Alkohole
 - Aldehyde
 - Ketone
 - Carbonsäuren
 - Fette
 - Kohlenhydrate
 - Proteine
-
- Monomere / Polymere
 - Amidbindung

UNTERSCHIEDLICHE EIGENSCHAFTEN DER ZU BEHANDELNDEN STOFFE:

- Abhängigkeit der Schmelzpunkte / -bereiche von der Kettenlänge und Struktur der Moleküle
- Zusammenhang zwischen der Verknüpfung der Monomere (3dimensional, 2dimensional) und dem Verhalten beim Erwärmen
- Abhängigkeit der Ausbildung der VAN-DER-WAALS-Bindungen von der Berührungsfläche der Moleküle

REAKTIONSMEECHANISMEN:

- Polykondensation
- Polymerisation
- Polyaddition

Wenn Ihnen noch Ergänzungen einfallen, haben Sie hier die Möglichkeit, diese zu notieren:

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

E Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit

Kreuzen Sie bitte im Folgenden an, welche Inhalte Sie in der Unterrichtseinheit (*K*)*Ein Auto ohne Kunststoffe* realisiert haben.

BEGEGNUNGSPHASE

- Begutachtung von Kunststoffen in einem realen Auto
- Begutachtung ausgesuchter Stücke von einer Autoverwertungsstelle
- Videofilm *Chemie im Kopf*
- Sammlung von Begriffen unter der Leitfrage: „Was fällt mir zur Verwendung von Kunststoffen im Auto ein?“
- Sonstiges: _____

NEUGIER- UND PLANUNGSPHASE

- Sortieren der gesammelten Begriffe nach inhaltlicher Nähe, Finden von Überbegriffen
- Erstellung einer Mindmap
- Entwicklung von Leitfragen
- Sonstiges: _____

ERARBEITUNGSPHASE

- Arbeitsteilige Gruppenarbeit: 3-4 Schülergruppen erarbeiten die formulierten Leitfragen und präsentieren die Ergebnisse im Plenum
- Eigenschaften und molekularer Aufbau von Kunststoffen im Auto

- Herstellung von Kunststoffen
- Recycling von Kunststoffen im Auto
- Erste Abstraktion zu Basiskonzepten (Dekontextualisierung): allg. Prinzipien feststellbar? gemeinsame Prinzipien?
- Text: *Acrylglas im Automobilbau*
- Text: *Welche Eigenschaften muss ein Kunststoff aufweisen, um ideal für den Einsatz in Rückleuchten zu sein?*
- Text: *Wirtschaftliche Bedeutsamkeit*
- Text: *Einsatz von technischen Kunststoffen im Automobilbau*
- Nutzung des Internets: *<http://www.chemie.fu-berlin.de/fb/fachdid/kunststoffe/index.htm> (oder CD-ROM)*
- Text: *Gespräch zwischen einem Kaufmann, einem Techniker und einem Chemiker*
- Experiment: Herstellung von Acrylglas
- Experiment: Herstellung von Copolymeren
- Text: *Die Geburt der synthetischen Fasern*
- Text: *Die Anwendungen im Automobilbau*
- Text: *Welche Eigenschaften prädestinieren Polyamide für diesen Einsatz?*
- Experiment: Herstellung von Polyamid
- Experiment: Herstellung von Nylon
- Experiment: Herstellung eines Polyesters
- Text: *Polyurethane im Automobilbau*
- Text: *Tabelle über die Preise der Kunststoffe*
- Text: *Polyurethan - ein vielseitiger Kunststoff*
- Text: *Der Natur auf der Spur: Pflanzenverstärkte Polyurethane für Autoinnenverkleidungen*
- Experiment: Herstellung von Polyurethanen
- Sonstiges: _____

VERTIEFUNGS- UND VERNETZUNGSPHASE

- Polymertypen und Ordnungszustände
- Arbeitsblatt: Duroplaste, Elastoplaste, Thermoplaste
- Arbeitsblatt: Amorphe und teilkristalline Thermoplaste
- Verarbeitung von Kunststoffen
- Kautschuk
- Nylon
- Text: Vergleich von Nylon und Kevlar
- Text: Interpretation von Schmelzpunkten
- Text: Infos der Firma Du Pont
- Stationsarbeit: Informationen zur Verwendung von Kunststoffen
- Experiment: Die Veresterung von Milchsäure
- Experiment: SAP-Synthese: Standardrezept
- Experiment: SAP-Synthese -mit viel Quervernetzer
- Experiment: SAP-Synthese - mit viel Starter
- Experiment: Pufferwirkung von nichtgequollenen superabsorbierenden Polymeren

- Experiment: Quellfähigkeit von SAP
 - Experiment: Absorptionsvermögen verschiedener Stoffe
 - Experiment: Reaktion gequollener SAPs auf farbige Salzlösungen
 - Experiment: Quellverhalten von SAP bei pH – Lösungen von 8 bis 13
 - Wiederverwertung von Kunststoffen
 - Stoffliche Verwertung (Materialrecycling)
 - Thermische Verwertung („Energie-Recycling“)
 - Chemische Verwertung
- Sonstiges: _____

F Ergebnisse aus dem Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit

Table 38: Ergebnisse aus dem Fragebogen zu den realisierten Inhalten der Unterrichtseinheit

Items	Chemiekurse											
	1	2	3	4	5	6	(7) ¹	8	9	10	11	12
Begutachtung von Kunststoffen in einem realen Auto				x		x	x	x	x	x	x	x
Begutachtung ausgesuchter Stücke von einer Autoverwertungsstelle				x		x		x	X	X		
Videofilm „Chemie im Kopf“		x	x	x	Videofilm „High med“	x	x	x	x	X	x	x
Sammlung von Begriffen		x	x	x	x	x		x	x	X	x	x
Sonstiges			Kunststoffe aus dem Alltag mitbringen		Kontext Medizin		AB (K)Ein Auto ohne Kunststoffe mit Arbeitsaufträgen					
Erstellung einer Mindmap				x	x		x		x	X	x	
Entwicklung von Leitfragen	x		x	x	x	x	x		x		x	x
Sonstiges							Arbeit mit Baukästen zur Erkundung der unterschiedl. Kunststofftypen					
Arbeitsteilige Gruppenarbeit: Erarbeitung der formulierten Leitfragen	X	x		x		x			x	X	x	x
Herstellung von Kunststoffen	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	x	

Sonstiges			Identifizierungsversuche an mitgebrachten Kunststoffen				Nylonfaden			Nylonseiltrick	
Polymertypen und Ordnungszustände	x		x	x	x	x		x	X	x	
Arbeitsblatt: Duroplaste, Elastoplaste, Thermoplaste	x	x	x	x	x			x		x	x
Arbeitsblatt: Amorphe und teilkristalline Thermoplaste		x					x	x		x	
Verarbeitung von Kunststoffen								X			
Kautschuk		x		x	x	x	x	x		x	
Nylon	x			x			x	X			
Text: Vergleich von Nylon und Kevlar	x	x	x				X	X			
Text: Interpreta- tion von Schmelz- punkten		x					x	X			
Text: Infos der Firma Du Pont								x			
Experiment: Die Veresterung von Milchsäure			x	x	x					x	
Experiment: SAP- Synthese (Stan- dardrezept)	x										
Experiment: SAP- Synthese -mit viel Quervernetzer	x										
Experiment: Quellfähigkeit von SAP					x						
Experiment: Reaktion gequol- lener SAPs auf farbige Salzlösun- gen					x						
Experiment: Quellverhalten von SAP bei pH - Lösungen von 8 bis 13					x						
Wiederverwertung von Kunststoffen	x	x	x	x		x		x	x	x	x
Stoffliche Verwer- tung (Materialre- cycling)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Sonstiges			Mindmap Kunststoffe Stationenlernen: Kunststoffverwertung Prinzip nachwachsende Rohstoffe				Kapitel im Elemente II über Kunststoffklasse n und Recycling		Folienserie Diesterweg 8588 Wdh.- und Zusammenfassungsseite n aus den Schroedel- Lehrebändbüchern Umschmelzen von Kunststoffen Depolymerisation von PMMA Schülerkurzberichte zur Geschichte der Kunststoffe Kunststoff“puzzle“ RAABits		

¹Es wurden keine vollständigen Angaben des Lehrers von Kurs 7 erhalten.

G Gegenüberstellung von Eigenschaften und Strukturen von Kunststoffen im Auto

Tabelle 39: Eigenschaften von Kunststoffen im Auto und die entsprechenden chemischen Erklärungen für diese Eigenschaften

Eigenschaften von Kunststoffen im Auto	Chemische Erklärungen der Eigenschaften
<p>Polyurethanschäume werden im Automobilbau im Bereich des Innenraums z.B. bei der Ummantelung des Lenkrades, für Autositze oder bei der Polsterung des Armaturenbrettes eingesetzt. Man entscheidet sich oft für diesen Werkstoff, weil er ein besonders angenehmes Griffverhalten (Haptik) hat.</p>	<p>Bei der Herstellung von PU-Schäumen entsteht CO₂. Das CO₂ in den Gasbläschen ist komprimierbar, was u.a. dazu führen kann, dass der Kunststoff weich ist. Außerdem können PU aus Diisocyanaten und Alkoholen mit mehr als 2 OH-Gruppen hergestellt werden, was zu einer Vernetzung des Kunststoffs führt. Die Länge der CH₂-Ketten zwischen den Verknüpfungsstellen hat Einfluss auf die Härte des Kunststoffs: größere Länge → beweglicher → weicher</p>
<p>Energie absorbierende Polyurethane werden auch im Außenbereich, z.B. als Stoßstangen, eingesetzt.</p>	<p>Die Absorption der Energie lässt sich wiederum mit der Komprimierbarkeit der CO₂-Bläschen erklären.</p>
<p>Weiteres Kriterium für die Anwendung dieses Kunststoffes im Außenbereich des Autos ist die gute Kälteschlagzähigkeit, d.h., dass auch bei extrem kalten Temperaturen dieser Kunststoff bei kleinem Steinschlag nicht bricht.</p>	<p>Mit fallender Temperatur nimmt die Schlagzähigkeit von Kunststoffen ab, d.h. sie werden spröde. Eine solche „Versprödung“ ist bei Thermoplasten und Elastomeren stärker ausgeprägt als bei Duroplasten. Dies hängt mit der Einfriertemperatur zusammen.</p>
<p>Ein nicht zu vernachlässigendes Kriterium ist die gute Lackierbarkeit des Kunststoffs, da Stoßstangen, Schweller etc. heute fast immer auch in der Wagenfarbe lackiert werden.</p>	<p>Damit ein Kunststoff gut lackierbar ist, muss die Adhäsion des Lacks auf dem Kunststoff gewährleistet sein. Das bedeutet für PU, dass der Lack polare Eigenschaften aufweisen muss.</p>
<p>Wenn man den Lärm in den Fahrzeugen als Umweltbelastung ansieht, hilft aufgeschäumtes Polyurethan, diese Belastung zu vermindern.</p>	<p>CO₂-Bläschen können den Schalldruck kompensieren</p>
<p>Bei bestimmten Bauteilen (z.B. Schaltknäufe) kommt es auf extreme Abriebfestigkeit an.</p>	<p>Die Abriebfestigkeit hängt in folgender Reihenfolge ab von dem Molekulargewicht, der Kristallinität und den chemischen Bindungskräften.</p>
<p>Rücklichter am Auto besitzen eine Abdeckung aus Acrylglas. Dieser Kunststoff zeichnet sich durch seine Transparenz aus.</p>	<p>Acrylglas ist ein amorpher Kunststoff und lässt somit keine Lichtbrechung zu.</p>

PMMA, eingesetzt z.B. als Verkleidung von Rücklichtern, ist kratzfest.

Kratzfestigkeit von Plexiglas: Plexiglas ist im Vergleich zu anderen Kunststoffen kratzfest, da es sehr hart ist. Es hat einen höheren E-Modul als viele andere Kunststoffe - z.B. im Vergleich zu Polycarbonat. Hochmolekulares gegossenes Plexiglas ist durch physikalische Verschlaufung der Polymerketten quasi vernetzt und daher besonders kratzfest im Vergleich zu thermoplastischen niedermolekularen Acrylgläsern und erst recht im Vergleich zu Polycarbonat. Man kann Plexiglas auch noch mit Siloxanbeschichtungen extra kratzfest vergüten. Diese sind stark vernetzte sehr harte Schichten im Bereich von ca. 7µm und erhöhen die Kratzfestigkeit enorm. Plexiglas ist dann annähernd so kratzfest wie Glas.

PMMA steht in Konkurrenz zu dem ebenfalls transparenten Polycarbonat. Dessen Wärmeformbeständigkeit ist zwar besser als die von Acrylglas, aber es ist auch deutlich teurer als PMMA.

Sowohl PC als auch PMMA kann intermolekulare H-Brücken ausbilden. Die bessere Wärmeformbeständigkeit des PC könnte darauf zurückzuführen sein, dass im PMMA größere Substituenten vorhanden sind.

Acrylglas ist sehr witterungsbeständig. Tests bei der Freibewitterung haben ergeben, dass PMMA zudem auch mit der Zeit nicht nennenswert spröde wird.

Witterungsbeständigkeit: Plexiglas ist so besonders witterungsbeständig, da es keine Schwachstellen enthält, die durch Witterungseinflüsse angegriffen werden können. Schwachstellen in diesem Sinne wären tertiäre Kohlenstoffatome in der Hauptkette, die eine besonders schwache C-H-Bindung enthalten. Andere Thermoplaste, z.B. Polyethylen mit einem gewissen Verzweigungsgrad enthalten solche oxidablen tertiären Kohlenstoffatome, die durch Autoxidation (Angriff von freien Radikalen, Triplett-Sauerstoff, Ozon, Stickoxide, Schadstoffe) abgebaut werden und den Bruch der Polymerhauptkette zur Folge haben. Weitere Schwachstellen sind z.B. aromatische Sequenzen, wie im Falle von Polystyrol oder Polycarbonat - Plexiglas ist rein aliphatisch und bietet hier keine Angreifbarkeit.

Acrylglas ist bei Raumtemperatur beständig gegenüber aromatenfreien Vergaserkraftstoff und Mineralölen, pflanzlichen und tierischen Fetten und Ölen, Wasser, wässrigen Salzlösungen und verdünnten Säuren und Laugen.

Plexiglas ist beständig gegenüber unpolaren Chemikalien wie z.B. Öle oder Benzin, da es einen eher polaren Charakter hat (Dielektrizitätskonstante der Estergruppe). Polyolefine oder Polystyrol sind hier leichter angreifbar, da sie unpolar sind. Plexiglas quillt oder löst sich daher z.B. auch in Estern und Ketonen, da diese polarer sind. Generell gilt, dass hochmolekulare oder leicht vernetzte Typen eine bessere Chemikalienbeständigkeit als niedermolekulare Thermoplaste haben. Spritzgegossenes Plexiglas ist nicht so beständig wie hochmolekulares Gussglas. Das Netzwerk verhindert oder verschlechtert zumindest das Eindringen von Chemikalien.

Die thermoplastischen Polyamide zeichnen sich durch einen besonders hohen Schmelzpunkt von ca. 250°C aus.

H-Brücken möglich.

Zugfestigkeit von Kunststoffen	Recht klar ist der Zusammenhang zwischen Modul (Zug-Dehnungs-Charakteristika, analog der Hooke'schen Federkraftkonstanten) und Vernetzungsdichte: Mit der Vernetzungsdichte steigt der Modul (die Zugfestigkeit) deutlich an.
Elastizität von Kunststoffen	Die Elastizität von Polymermaterialien nimmt mit der Vernetzungsdichte ab.
Härte von Kunststoffen	Die Härte ist ebenfalls mit der Vernetzungsdichte verknüpft, und pauschal kann man (vereinfachend) formulieren, dass mit der Vernetzungsdichte die Härte von Polymermaterialien zunimmt.
Dichte von Kunststoffen	Die Dichte ist eine Funktion der Kristallinität (je kristalliner ein Polymermaterial ist, desto größer die Dichte) sowie natürlich abhängig vom etwaigen Vorhandensein anderer Atome neben C, H und O in der Struktur (wie etwa Chlor in PVC). Bei der Polymerisation nimmt die Dichte deutlich zu, so daß man einen Volumenschwund im Bereich von 3-20% findet. Dies ist einfach mit der Verkürzung der intermolekularen Abstände auf die Länge einer chemischen Bindung zu begründen. Ein großes Problem bei der in situ Herstellung von Bauteilen, etwa durch Photopolymerisation!

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfen erstellt habe.

Ich habe bisher noch keinen Promotionsversuch unternommen.

Kiel, 08.07.2004

(Bianca Steinhoff)