

Höner, Kerstin

## Mathematisierungen im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis?

*Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 2, S. 51-70*



Quellenangabe/ Reference:

Höner, Kerstin: Mathematisierungen im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis? - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 2 (1996) 2, S. 51-70 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-314768 - DOI: 10.25656/01:31476

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-314768>

<https://doi.org/10.25656/01:31476>

in Kooperation mit / in cooperation with:



**IPN**

Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

### Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

### Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: [pedocs@dipf.de](mailto:pedocs@dipf.de)

Internet: [www.pedocs.de](http://www.pedocs.de)

Digitalisiert

Mitglied der

  
Leibniz-Gemeinschaft

KERSTIN HÖNER

## Mathematisierungen im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis?

### Zusammenfassung:

Chemie gehörte noch nie zu den beliebtesten Unterrichtsfächern, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben; unterschiedliche Ursachen dafür werden vermutet. Die Kurswahlen in der gymnasialen Oberstufe im naturwissenschaftlichen Bereich weisen ebenfalls darauf hin, daß sich der Chemieunterricht in einer Krise befindet. Ein im Chemieunterricht häufig auftretendes Phänomen ist das Unverständnis der Schüler und Schülerinnen, chemische Sachverhalte zu mathematisieren. In unserer komplexen Lebenswelt wird die Fähigkeit Sachverhalte zu mathematisieren sowie mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten in immer stärkerem Umfang benötigt. Im vorliegenden Beitrag wird versucht, aus den Ergebnissen einer empirischen Fallstudie mögliche Zusammenhänge zwischen der Unbeliebtheit von Chemieunterricht und Mathematisierungen aufzudecken. Darüber hinaus wurden auch exemplarisch Daten über das Wissen chemischer Sachverhalte und über Fertigkeiten im mathematischen Bereich erhoben.

### Abstract:

Chemistry has never been very popular as numerous studies have shown; different reasons have been proposed for this lack of interest. Enrolment numbers on higher school levels also indicate that chemistry instruction undoubtedly is in a crisis. A widely spread phenomenon is the pupils' disability to transfer mathematical knowledge into chemical context. But in our complex world the ability to transfer mathematics into different contexts and to interpret mathematical expressions contextwise is needed even more than in earlier times. This article reveals possible connections between the unpopularity of chemical instruction and mathematics on the basis of an empirical study. Some data about the knowledge of chemical facts and mathematical are also presented.

### 1. Einleitung

Das Unterrichtsfach Chemie trägt in hohem Maße dazu bei, die Welt aus Sicht der Naturwissenschaften darzustellen (Pfeifer, Häusler & Lutz, 1992). Neben allgemeinen naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden bedient sich der Chemieunterricht auch typischer fachspezifischer Arbeitsweisen und leistet damit einen wesentlichen unverzichtbaren Beitrag zum Verständnis von Naturvorgängen. Durch exemplarische Behandlung des forschenden Suchens, wie es in der Geschichte der Chemie immer wieder eine wichtige Rolle gespielt hat, kommt dem Unterrichtsfach Chemie allgemeinbildender Wert zu (Kultusminister NRW, 1993). In unserer hochindustrialisierten Welt kann der Chemieunterricht viel dazu beitragen, die Schüler zu kritischem Vernunftgebrauch anzuleiten und bei ihnen Verantwortungsbereitschaft zu entfalten. Um naturwissenschaftliche Phänomene zu verstehen und Probleme zu lösen, ist es häufig not-

wendig, daß aus dem Mathematikunterricht Begriffe, Methoden und Denkweisen bereitstehen, die es ermöglichen, die entsprechenden Sachverhalte zu mathematisieren sowie mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten.

Dieses sind wohl mit Gründe dafür, daß Chemie und Mathematik über die allgemeinbildende Schule hinaus in vielen Ausbildungsberufen als eigenständige Fächer unterrichtet werden oder zumindest implizit Inhalte beider Fächer in anderen Kursen vorkommen, und daß die Gewinnung von Daten zu Interessen, Kenntnissen und Fähigkeiten in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern nicht nur im deutschsprachigen Raum (Schläglmann, 1995; Nestle, 1995; Tietz, 1982), sondern auch international (Neubrand, 1995) von Interesse sind.

Die Beliebtheit von Unterrichtsfächern wird schon seit langem untersucht, da affektive Einstellungen die Bereitschaft zum Lernen stark beeinflussen. Eine Vielzahl von Untersu-

chungen bis Ende der 70er Jahre konstatierten der Chemie eine „mittelmäßige“ Fachbeliebtheit bzw. -unbeliebtheit (Stern, 1905; Voigts, 1933; Lentke, 1955; Seelig, 1968; Otte & Garbe, 1976; Becker, 1978; Wegener, 1973).

Spätere Untersuchungen ergaben zum Teil, daß der Chemieunterricht ein nicht ganz so schlechtes Image hat (Bader, 1986; Bader, Wenck & Aschersleben, 1987; Bolte, 1993).

Bezüglich der Mathematik haben neuere Untersuchungen ergeben, daß Mathematik das zweitbeliebteste Schulfach ist (Blum, 1995).

Als Ursachen für die Unbeliebtheit des Chemieunterrichts werden vielseitige Gründe angeführt:

Es besteht ein allgemeines Desinteresse an Naturwissenschaften (Gräber, 1992). Chemie und Technik haben ein schlechtes Image (Gräber, 1992; Heilbronner & Wyss, 1983).

Die fehlende Nähe des Chemieunterrichts zur Lebenswelt der Schüler (Gräber, 1992; Nay, 1980; Stork, 1984).

Die angebliche Schwierigkeit des Faches Chemie mit viel Theorie (Voigts, 1933; Otte & Garbe, 1976; Schmidt, 1990), abstrakten Modellen (Gräber, 1992), chemischen Formeln (Becker, 1976) usw. Lehrerpersönlichkeiten in naturwissenschaftlichen Fächern: fachfremde Lehrer vor allem an Hauptschulen (Stern, 1905).

Enttäuschung positiver Vorerwartungen, z.B. durch Wunderversuche (Gräber, 1992; Nay, 1980; Ansari & Demuth, 1976).

Darüber hinaus könnten sich auch Mathematisierungen im Chemieunterricht motivationshemmend auswirken, denn folgendes Phänomen ist im Unterricht immer wieder zu beobachten:

Werden grundlegende mathematische Fertigkeiten, die aus dem Mathematikunterricht bereits bekannt sind, im Chemieunterricht verlangt, so stößt man als Lehrer oft auf großes Unverständnis (Schmidt, Bell & Wainwright, 1975).

Wenn die Gründe hierfür nicht in einer noch größeren Unbeliebtheit des Faches Mathematik liegen, dann könnte es sich auch um eine

Parallelität zur Abneigung eingekleideter Aufgaben im Mathematikunterricht (Heidrich, 1995) handeln.

Um mögliche Beziehungen zwischen der Beliebtheit von Mathematik und der von Chemie aufzudecken, wurde eine empirische Fallstudie mit Berufsanfängern durchgeführt. Mit Hilfe des hierfür entwickelten Fragebogens sollte versucht werden, Zusammenhänge hinsichtlich Interesse bzw. Desinteresse bei beiden Fächern aufzufinden. Darüber hinaus wurden Daten über den Wissensstand chemischer Sachverhalte und über mathematische Fertigkeiten erhoben, da Kenntnisse und Fähigkeiten von Erwachsenen in dieser Richtung insgesamt vergleichsweise selten untersucht worden sind (Stachelscheid, 1994). Berichte über mathematisch-naturwissenschaftliche Schulkenntnisse von Studienanfängern ergaben häufig niederschmetternde Ergebnisse (Tietz, 1982; Universität Bielefeld, 1993).

Da die Startbedingungen von Berufsausbildungen mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten durch die Vorkenntnisse in diesen Bereichen wesentlich beeinflusst werden, ist der Wissensstand von Berufsanfängern und das Operierenkönnen mit grundlegenden mathematischen Operationen von Interesse.

Zusätzlich lassen sich dadurch auch langfristige Auswirkungen schulischen Unterrichts feststellen und damit die Möglichkeit, Lernprozesse auf ihre Stabilität hin zu untersuchen.

Längerfristig vorhandenem und auch einsetzbarem Wissen und Können sollte daher noch mehr Augenmerk geschenkt werden.

Viele Untersuchungen der chemiedidaktischen Forschung im Bereich der Empirie beziehen sich mehr auf den Bereich des „Ist-Zustands“ des Wissens (Bader, 1986; Bader, 1987), und damit werden schulische Prozesse mehr auf kurzfristige Ziele hin orientiert.

Selten wird nach längerer Zeit getestet, ob bestimmte Techniken oder Methoden sicher beherrscht werden (Nestle, 1995). Allenfalls wird ein Behaltenstest nach ein paar Wochen durchgeführt.

## 2. Fragebogeninhalte und Problemstellungen

Mit Hilfe des Fragebogens sollten unter anderem folgende Problemstellungen untersucht werden (hier unterteilt nach affektivem Teil 1 und kognitivem Teil 2):

### 1. Teil

- Beliebtheit der Fächer Mathematik und Chemie im Vergleich mit anderen Fächern in dieser Stichprobe. Dabei wurde unterschieden zwischen der Fachbeliebtheit im früheren Schulunterricht (Rückerinnerung) und im Hinblick auf zukünftigen Unterricht (Neueinschätzung).
- Beliebtheit von Unterrichtsinhalten in Chemie und Mathematik.
- Besteht ein Zusammenhang zwischen der Beliebtheit von Mathematik und Chemie?
- Mögliche Gründe für Probleme/Erfolge im Früheren Chemie- und Mathematikunterricht.

### 2. Teil

- Inwieweit sind noch Kenntnisse zu grundlegenden chemischen Sachverhalten vorhanden, die vor einiger Zeit im Chemieunterricht erworben wurden und zum Teil Alltagserfahrungen und -wissen mit einbeziehen?
- In welchem Ausmaß werden mathematische Operationen beherrscht, die auch außerhalb des Unterrichts immer wieder benötigt werden?
- Wie stark ist die Lösbarkeit von Textaufgaben von der inhaltlichen Formulierung abhängig?

Der 2. Teil sollte außerdem dazu dienen, innerhalb dieser Stichprobe den Zusammenhang zwischen affektiver Einstellung zur Chemie und Mathematik und vorhandenem Chemiewissen bzw. Fertigkeiten bei Mathematik-anwendungen zu untersuchen. So soll zum Beispiel getestet werden, ob sich eine von den Probanden angegebene große Chemiebeliebtheit im tatsächlich vorhandenen Wissen widerspiegelt, sich somit also positiv auf langfristig vorhandene Kenntnisse auswirkt. Es wurden daher auch Daten zum zeitlichen

Abstand zum letzten Chemie- bzw. Mathematikunterricht mit berücksichtigt. Bei der Auswahl der Fragen für den zweiten Teil des Fragebogens wurden im wesentlichen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt. Es sollten exemplarisch Fragen zu Chemieinhalten beantwortet werden, die mit Sicherheit im Unterricht Klasse 7 bis 10 behandelt wurden. darüber hinaus sollten bei der Beantwortung der Fragen 11 (Ozon) und 6 (Radioaktivität) umweltrelevante Themen angesprochen werden. Die Frage nach der Bedeutung der ppm-Angabe sollte prüfen, inwieweit die Bedeutung dieser häufig gebrauchten Schadstoffmengenangabe bekannt ist. Für die erfolgreiche Bearbeitung des Mathematikaufgabenteils wurden exemplarisch folgende Fertigkeiten verlangt: Bruchrechnung, Prozentrechnung, Vervollständigung einer Wertetabelle, Zeichnen eines Diagramms, Angaben von Geradengleichungen, Anwendungen des Dreisatzes, Potenzrechnen, Logarithmus. Damit wurden Fertigkeiten verlangt, mit denen die Schüler auch außerhalb des Mathematikunterrichts häufiger operieren müssen. Die Berechnungen mußten ohne Taschenrechner durchgeführt werden. Ebenso sollte in dieser Stichprobe die Lösbarkeit von Textaufgaben in Abhängigkeit von der inhaltlichen Formulierung untersucht werden, indem Textaufgaben mit unterschiedlicher inhaltlicher Formulierung gestellt wurden.

## 3. Untersuchung

An der Untersuchung, die in der Zeit von August bis Oktober 1993 stattfand, nahmen 177 Probanden teil, die am Anfang ihrer Berufsausbildung standen.

Ausbildungsberuf	% der Stichprobe
Medizinisch-technischer Laboratoriumsassistent	26,6
Medizinisch technischer Radiologieassistent	19,8
Lebensmittel-technischer Assistent	18,1
Krankenpfleger	16,4
Kosmetiker	7,3
Konditor	11,9

Tab. 1: Ausbildungsberufe der Probanden

Die Ausbildungsberufe setzten sich entsprechend der Tabelle 1 zusammen.

Hinsichtlich des Schulabschlusses ergibt sich in dieser Stichprobe folgende Verteilung:

Schulabschluß der Probanden	% der Stichprobe
Abitur	58
mittlere Reife	33
Hauptschulabschluß	6
Hochschulabschluß	1

Tab. 2: Schulabschluß der Probanden

Der Fragebogen wurde vor oder in der ersten Chemiestunde der jeweiligen Berufsausbildung ausgefüllt, so daß zum Zeitpunkt der Befragung kein direkter Zusammenhang zu konkreten Chemie- bzw. Mathematikinhalten stand. Dadurch wird gewährleistet, daß es sich um länger erworbenes Wissen bzw. Operierenkönnen handelt.

#### 4. Auswertung

Die Auswertungen wurden mit dem Statistikpaket SPSS/PC+4.0 (Statistical Package for the Social Science) durchgeführt. Die Analysestrategie war dabei überwiegend explorativ angelegt, zusätzlich wurden Korrelationen zwischen verschiedenen Items untersucht. Um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Abstand zum früheren Unterricht und der Abfragbarkeit des hinter dem Sachverhalt stehenden Wissens bzw. der Qualität des Operierens aufzudecken, wurden auch Daten über den zeitlichen Abstand zum letzten Chemie- und Mathematikunterricht erhoben. Die Antworten wurden in 4 Kategorien entsprechend Tabelle 3 eingeteilt. Die prozentuale Verteilung zeigt, daß Chemie von einem hohen Prozentsatz der Probanden vor-

Kategorie	Chemie	Mathematik
weniger als 1 Jahr	18 %	38 %
1 Jahr	12 %	21 %
2 Jahre	20 %	19 %
3 Jahre	14 %	8 %
mehr als 3 Jahre	36 %	14 %

Tab. 3: Zeitlicher Abstand zum letzten Chemie- bzw. Mathematikunterricht

zeitig abgewählt wurde, wenn man davon ausgeht, daß Mathematik bis zum Ende der allgemeinbildenden Schule als Pflichtfach weitergeführt werden muß.

#### 4.1 Auswertung Teil 1

##### 4.1.1 Fachbeliebtheiten

Bei der Beurteilung der Fachbeliebtheit wurde ein Benotungsschema von 1 (sehr beliebt) bis 5 (sehr unbeliebt) verwendet. In Tabelle 4 sind die Mittelwerte der Fachbeliebtheiten in ihrer Rangfolge zusammengestellt.

Fach	Mittelwert
Biologie	1,87
Kunst	1,93
Sport	1,94
Deutsch	2,61
Musik	2,64
<b>Mathematik</b>	<b>2,72</b>
Englisch	2,78
Erdkunde	2,94
Sozialwissenschaften	2,96
Religion	2,96
<b>Chemie</b>	<b>2,97</b>
Geschichte	3,04
Französisch	3,2
Physik	3,37
Latein	3,71

Tab. 4: Fachbeliebtheiten (Rück Erinnerung)

Obwohl es sich überwiegend um Probanden handelt, die in ihrer weiteren Ausbildung wieder mit Chemie zu tun haben werden, erreicht das Fach Chemie in dieser Auflistung von 15 Fächern nur Rang 11, Mathematik immerhin Rang 6, wobei die Unterschiede in den Mittelwerten allerdings nicht sehr groß sind. Die Angabe der Fachbeliebtheit für den zukünftigen Unterricht ergab etwas bessere Mittelwerte für Chemie und Mathematik, in der Rangfolge der Fachbeliebtheiten ergaben sich aber keine wesentlichen Veränderungen. Der Zusammenhang zwischen der Fachbeliebtheit Chemie und Mathematik läßt sich durch die gemeinsame Häufigkeitsverteilung der beiden entsprechenden Variablen in einer

Kreuztabelle darstellen. Es ergeben sich dabei überproportional viele Antworten in der Zelle (11), das heißt mit der Kombination Chemie „sehr beliebt“ und Mathematik „sehr beliebt“. Dieses Ergebnis läßt sich vereinfacht folgendermaßen deuten: Wer Chemie mag, mag mit hoher Wahrscheinlichkeit auch Mathematik und umgekehrt. Dieses Ergebnis ist auf dem 5 % Niveau abgesichert.

Eine Korrelationsanalyse der Fachbeliebtheiten ergab auf dem 0,1 % Signifikanzniveau, daß die Art des Zusammenhangs zwischen den Fächern Chemie, Physik und Mathematik linear ist.

Interessanterweise ist Physik deutlich unbeliebter als Mathematik und Chemie, obwohl es in mathematischer Hinsicht wahrscheinlich dem Mathematikunterricht ähnlicher ist und bei der Chemie noch erschwerend die stoffliche Komponente dazukommt.

Die hohe Beliebtheit von Biologie stimmt mit dem zu beobachtenden Trend überein, daß in der gymnasialen Oberstufe Biologie als einzige Naturwissenschaft weitergeführt wird. Gründe dafür werden zur Zeit in einer Studie genauer untersucht (Wolf, Höner & Wenck, 1996).

#### 4.1.2 Beliebtheit von Chemie- und Mathematikinhalten

Neben der Kenntnis von Fachbeliebtheiten ist darüber hinaus die Beliebtheit von Unterrichtsinhalten von Interesse. Hierbei wird bewußt der Begriff „Beliebtheit“ und nicht „Interesse“ gewählt, da sich Interesse wohl eher definieren läßt als ein überdauernder Bezug einer Person zu einem Gegenstand, der sich in der aktiven Auseinandersetzung mit diesem Gegenstand äußert. Da aber für die Beurteilung der Beliebtheit von seiten der Probanden die Aussage „das interessiert mich“ wohl geläufiger ist als „das ist bei mir beliebt“, wurde auch hier ein Benotungsschema von 1 (sehr interessant) bis 5 (sehr uninteressant) verwendet. Zum Vergleich sind in der nachfolgenden Tabelle die Mittelwerte nach abnehmender Beliebtheit geordnet. In die Tabelle wurden absichtlich nicht nur

Inhalte, sondern auch die Art, wie man mit ihnen im Unterricht umgeht, aufgenommen.

Inhalte	Mittelwert
selbst Experimente durchführen	1,9
Lebensmittelchemie	2,2
Chemie und Umwelt (z. B. Ozon)	
Chemie im Haushalt (z. B. Waschmittel)	
Chemie und Medizin (z. B. Arzneistoffe)	2,3
Hormone	
Chemie im Körper (z. B. Fett)	
Vitamine	
Chemie und Körperpflege (z. B. Zahnpasta)	
zuschauen, wenn jemand Experimente durchführt	
Chemische Reaktionen	
Enzyme	2,6
Radioaktivität	
Auswertung von Experimenten	2,7
Stoffeigenschaften und Trennverfahren	
Herstellung und Analyse von Stoffen	2,8
Säuren und Basen	
Der Aufbau von Atomen	2,9
Elemente, ihre Eigenschaften und Verbindungen	3
Das Verhalten und die Eigenschaften von Gasen	
Chemische Bindungen	
Analytische Verfahren	3,1
Oxidation und Reduktion	
Salze und ihre Eigenschaften	
Geschwindigkeiten von Reaktionen	3,2
Energie und chemische Reaktion	
Katalyse und Katalysatoren	
Historische Themen, Forscherpersönlichkeiten	
Aufbau und Entwicklung des Periodensystems	3,3
Chemische Formeln	3,5

Tab. 5: Mittelwerte (gerundet) der Beliebtheit von Chemieinhalten

Das eigenständige Durchführen von Experimenten steht an erster Stelle, und im Vergleich damit ist das Demonstrationsexperiment deutlich weniger attraktiv. Großer Beliebtheit erfreuen sich Themen aus dem Alltag (Bezug zur Lebenswelt) und biologisch-medizinische Themen, wogegen einige klassisch-traditionelle Themen, wie Aufbau des Periodensystems und chemische Formeln, weit im unteren Teil der Tabelle stehen. Die unterschiedliche Beurteilung der Beliebtheit der „Durchführung“ und der „Auswertung von Experimenten“ durch die Probanden deutet wahrscheinlich auf ein mangelndes bzw. oberflächliches chemisches Interesse hin. Der Begriff „Experiment“ scheint von den Probanden mit der bloßen Tätigkeit der „Versuchs-

durchführung“ gleichgesetzt zu werden, die die Chemiestunde so zur Beschäftigungsstunde werden läßt. Diese Einschätzung spiegelt sich auch in der größeren Unbeliebtheit der „Demonstrationsexperimente“ wider. Die größere Unbeliebtheit der Versuchsauswertung kann auch darin begründet liegen, dafür die Schüler häufig eine zu große Differenz zwischen dem Geschehen und der chemischen Formelsprache besteht. Bei vielen Versuchen besteht ja die Auswertung gerade darin, die Vorgänge in die chemischen Formeln umzusetzen. Dies scheint mit ein Haupthindernis für eine erfolgreiche Auswertung zu sein. Eine statistische Prüfung des Zusammenhangs zwischen der Fachbeliebtheit Chemie und der Beliebtheit der einzelnen Unterrichtsinhalte zeigte, daß bei denen, die Chemie nicht mögen, überwiegend Inhalte beliebt sind, die starken Alltagsbezug haben und überwiegend in Richtung Biochemie hin orientiert sind. Als Inhalte eben noch gewählt werden, würden solche, die in der Tabelle einen Mittelwert kleiner als 3 aufweisen. Welche Folgerungen könnten sich nun daraus für den künftigen Chemieunterricht ergeben? Zweifelsfrei sollten im Chemieunterricht in hohem Umfang Experimente - und wenn möglich Schülerversuche - durchgeführt werden. Der Einsatz von Experimenten ermöglicht sicherlich, das Problem der mangelnden Motivation einzuschränken. Auch wenn dadurch vielleicht keine langfristige Verbesserung hinsichtlich theoretisch fundierter Deutungen erreicht wird (Gramm & Krumm, 1995), scheint ein experimentell ausgerichteter Unterricht am ehesten geeignet, Aufmerksamkeit zu erzielen. Darüber hinaus bieten Experimente dem Lehrer die Möglichkeit, auch theoretisch schwächere Schüler, die aber eventuell beim Experimentieren sehr sorgsam sind, durch „Lob für praktisches Geschick“ zu unterstützen und ihnen damit Erfolgserlebnisse im Chemieunterricht zu vermitteln. Außerdem ist das Experiment Ausgangspunkt für Beobachtungen, und die Beobachtungsgabe sollte im naturwissenschaftlichen Unterricht in hohem Maße gefördert werden. Auch für einige Mathematikthemen wurde eine

Beliebtheitstabelle (Tab. 6) erstellt, deren Mittelwerte nicht so stark variieren wie die in Tabelle 5 für Chemie.

Inhalt	Mittelwert
Geometrie	2,3
Lösen von Gleichungssystemen	2,4
Bruchrechnung	2,5
Quadratische Gleichungen und Quadratwurzeln	
lineare Funktionen	2,7
Potenzrechnen	2,8
Prozent- und Zinsrechnung	
Teilbarkeitsregeln	
Kurvendiskussion	2,9
Vektorrechnung	3
Mengenlehre	3,1
Wahrscheinlichkeitsrechnung	3,3

Tab. 6: Beliebtheit von Mathematikinhalten (gerundete Mittelwerte)

Als allgemeine Tendenz läßt sich anhand dieser Ergebnisse festhalten, daß zum einen die „Geometrie“ als zeichnerisch-handelnder Unterrichtsgegenstand sich großer Beliebtheit erfreut und zum anderen das „Lösen linearer Gleichungssysteme“ als Anwendung eines festen Lösungsschemas. Deutlich unbeliebter ist dagegen die Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dies ist eventuell dadurch erklärbar, daß gerade im Bereich der Wahrscheinlichkeitsrechnung keine wiederholten Rechenalgorithmen verwendet werden können und jede Aufgabe prinzipiell stets neu durchdacht werden muß. Prinzipiell äußert sich auch im Bereich der Mathematik das Bestreben der Schüler, im Unterricht handelnd tätig zu sein. Im Bereich der Geometrie wird für viele Schüler vielleicht die Beziehung zwischen der Sache (z. B. Rechteck) und der Mathematik (z. B. Flächeninhalt als „Größe des Rechtecks“) am ehesten deutlich.

#### 4.1.3 Aussagen zur Chemie und Mathematik und mögliche Zusammenhänge

Einige Fragestellungen bezogen sich auf Aussagen zur Chemie und Mathematik und wur-

den auf mögliche Zusammenhänge hin ausgewertet.

So sollten aus einer Reihe von beschreibenden Begriffen diese der Chemie und der Mathematik zugeordnet werden, wobei Mehrfachnennungen möglich waren.

Begriff	Chemie	Mathematik
	% Antworten	% Antworten
Interessantes	29	17
Abstraktes	9	5
schwer Verstehbares	21	11
Begeisterndes	7	3
Langweiliges	6	4
Notwendiges	15	27

Tab. 7: Begriffszuordnungen (Prozentangaben auf der Basis von Antworten)

Auffällig ist, daß Chemie häufiger als Mathematik als etwas „Abstraktes“ und „schwer Verstehbares“ angegeben wurde. Die Aufschlüsselung dieser beiden Begriffszuordnungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Fachbeliebtheit zeigte, daß diese Antworten überwiegend von Probanden, bei denen Chemie wenig beliebt ist, gegeben wurden. Das mangelnde Interesse am Chemieunterricht läßt sich wahrscheinlich auf den Abstraktheitsgrad der Unterrichtsinhalte zurückführen, da die kognitive Entwicklung der Schüler nicht unbedingt schon die Stufe des formal-operationalen Denkens erreicht hat. Ein weiterer Aspekt kann in der mangelnden Akzeptanz der Chemie im Vergleich zur Mathematik liegen, was sich darin ausdrückt, daß ein höherer Prozentsatz (27 % gegenüber 15 %) die Mathematik als etwas „Notwendiges“ ansieht. Diese Zuordnung wurde sogar überwiegend von Probanden mit geringer Mathematikbeliebtheit gewählt. Dies bestätigt auch den hohen Stellenwert, den die Mathematik als Schulfach (schriftliches Hauptfach, alle Jahrgangsstufen, hohe Wochenstundenzahl) im Vergleich zur Chemie hat; regelmäßige Leistungskontrollen in Form von Klassenarbeiten verstärken den Effekt. Auch in den Antworten, auf die Frage nach Gründen für Probleme im Unterricht, taucht als eine Ursache wieder

der Aspekt der „schwer verständlichen Chemie“ auf, wie Tab. 8 zeigt.

Antwort	%
Ich habe zu Hause zu wenig gelernt für Chemie.	37
Ich konnte mir chemisches Wissen schlecht merken.	31
Der Lehrer/die Lehrerin konnte chemisches Wissen schlecht vermitteln.	29
Chemie ist schwer verständlich.	28
Ich habe mich in Chemie nie besonders angestrengt.	24
Ich bin nicht begabt für Chemie.	13

Tab. 8: Gründe für Probleme im Chemieunterricht (mit möglichen Mehrfachnennungen)

Für das Fach Mathematik wurden die angebotenen Antworten in folgenden prozentualen Anteilen gewählt:

Auch hier haben wieder relativ mehr Probanden Chemie (28 %) im Vergleich zur Mathe-

Antwort	%
Der Lehrer/die Lehrerin konnte schlecht erklären.	44
Ich habe bei den Aufgaben häufig nicht verstanden, was ich berechnen soll.	25
Ich habe häufig nicht verstanden, wozu ich das brauche.	24
Mathematik ist schwer verständlich.	15
Ich bin nicht begabt für Mathematik.	11

Tab. 9: Gründe für Probleme im Mathematikunterricht

matik (15 %) als schwer verständlich eingestuft. Eine Aufschlüsselung dieser Antwortmöglichkeit in Abhängigkeit von der Chemiebeliebtheit zeigt, daß dies auch von Probanden, bei denen Chemie beliebt ist, angekreuzt wurde. Interessanterweise wird der „schlechte Lehrer“ häufiger als Ursache für Probleme im Mathematikunterricht angegeben als im Chemieunterricht; in letzterem sucht man anscheinend häufiger die Fehler bei sich selbst („zu wenig gelernt“ 37 %).

Als Grund für Probleme im Mathematikunterricht wird häufig die mangelnde Einsicht

in Aufgabenstellung und Anwendungsbezug angegeben. Dieses wäre dann auch eine plausible Erklärung für die Schwierigkeiten der Schüler, wenn im Chemieunterricht, zum Beispiel im Rahmen der Stöchiometrie, etwas berechnet werden soll. Hier müssten verstärkt vor allem im Mathematikunterricht problematische Lernsituationen konstruiert und neu gewonnene Erkenntnisse in geeigneter Art und Weise immer wieder in Übungen angewendet werden.

Auf die Frage „Haben Sie oft Probleme im Mathematikunterricht gehabt?“ antworteten 36 % mit „ja“ und 49 % mit „nein“ und 16 % mit „weiß nicht“.

Die Beziehungsanalyse (Chi-Quadrat-Test) zwischen der Fachbeliebtheit Chemie und diesen Antworten ergibt einen auf dem 5% Signifikanzniveau abgesicherten Zusammenhang. Die nachfolgende Kreuztabelle verdeutlicht diese Beziehung. Wäre die Aussage „oft Probleme im Mathematikunterricht“ unab-

Gesamtstichprobe (35,6% „ja“, 48,6% „nein“, 15,8% „keine Angabe“) ungefähr in den Subgruppen (Chemiebeliebtheit 1 bis 5) wiederfinden.

In der Subgruppe mit sehr hoher Chemieunbeliebtheit findet sich aber ein hoher Prozentsatz (53,3%) derer, die gesagt haben, daß sie oft Probleme im Mathematikunterricht gehabt haben. Umgekehrt haben diejenigen mit hoher Chemiebeliebtheit seltener Probleme im Mathematikunterricht gehabt (76,5% „Nein“). Die Aussagen lassen sich dahingehend deuten, daß Probanden, die Probleme im Mathematikunterricht haben, auch eher Schwierigkeiten im Chemieunterricht haben. Dieses kann in der mangelnden Einsicht mathematischer Anwendungen im Chemieunterricht liegen beziehungsweise an spezifischen mathematischen Denkweisen, die auch in der Chemie von Nutzen sind.

Auf die Frage „Können Sie Ihr Mathematikwissen auch in anderen Fächern gebrau-

Anzahl Antworten		ja	nein	weiß nicht	Zeile gesamt
Erwarteter Wert		1	2	3	
Zeilenprozent					
Spaltenprozent					
sehr beliebt	1	2 6.1 11.8 % 3.2 %	13 8.3 76.5 % 15.1 %	2 2.7 11.8 % 7.1 %	17 9.6 %
beliebt	2	11 16.0 24.4 % 17.5 %	25 21.9 55.6 % 29.1 %	9 7.1 20.0 % 32.1 %	45 25.4 %
weder noch	3	21 20.3 36.8 % 33.3 %	28 27.7 49.1 % 32.6 %	8 9.0 14.0 % 28.6 %	57 32.2 %
unbeliebt	4	21 15.3 48.8 % 33.3 %	16 20.9 37.2 % 18.6 %	6 6.8 14.0 % 21.4 %	43 24.3 %
sehr unbeliebt	5	8 5.3 53.3 % 12.7 %	4 7.3 26.7 % 4.7 %	3 2.4 20.0 % 10.7 %	15 8.5 %
Spalte		63	86	28	177

Tab. 10: Kreuztabelle der Variablen „Chemiebeliebtheit“ und „oft Probleme im Mathematikunterricht“

hängig von der Chemiebeliebtheit, dann müßte sich die Verteilung der Antworten der

chen?“ antworteten 74 % mit „ja“. Diese sollten dann noch Fächer in Form freier Antwort-

ten angeben, wobei sich folgende Nennungen ergaben:

Antwort	% Antworten
Chemie	11
Physik	10
Chemie und Physik	29
Biologie	2
Sonstiges	15
keine Angabe	33

Tab. 11: Fächer, in denen Mathematikwissen benötigt wird

Unter der Rubrik „Sonstiges“ sind folgende Angaben zusammengefaßt:

- Chemie, Strahlenkunde
- Chemie, Physik, Biologie
- Chemie, Biologie
- Technologie, Chemie

„Chemie“ wird offensichtlich sehr häufig („Chemie“ 11 %, „Chemie und Physik“ 29 %) als Fach benannt, das heißt, nach Einschätzung der Probanden wird im Chemieunterricht oft Mathematik benötigt.

In einer nachfolgenden Untersuchung sollen zu dieser Fragestellung genauere Aussagen gesammelt werden.

## 4.2 Auswertung Teil 2

Zusammenfassend sei vorangestellt, daß die mit Hilfe von Kreuztabellen dargestellten gemeinsamen Häufigkeitsverteilungen von jeweils zwei Variablen keinen Zusammenhang zwischen der Richtigkeit der Antworten und dem zeitlichen Abstand zum früheren Unterricht ergaben. Dies bedeutet, daß die Probanden, bei denen der letzte Chemie- beziehungsweise Mathematikunterricht länger als 3 Jahre zurücklag, die Fragen im Durchschnitt genauso häufig richtig beziehungsweise falsch beantworteten wie die anderen Probanden. Eine deutliche Abhängigkeit ergab sich aber zwischen der Häufigkeit der richtigen Antworten und den jeweiligen Fachbeliebtheiten, wodurch die affektiven Beliebtheitsäußerungen der Probanden auch durch bessere Fertigkeiten bei den gestellten Fragen

und Aufgaben glaubwürdig erscheinen. Eine Überprüfung der gegebenen Antworten in Abhängigkeit vom Schulabschluß ergab, daß die Abiturienten durchschnittlich bei allen Fragestellungen besser abschnitten. Im folgenden werden nun in Form von Tabellen und Diagrammen die prozentualen Anteile der richtigen, teilweise richtigen und falschen Antworten auf die jeweilige Frage dargestellt. Die Abkürzung „k.A.“ bedeutet „keine Angabe“, das heißt, hier wurde, aus welchen Gründen auch immer, keine Antwort von den Probanden gegeben.

### 4.2.1 Chemiefragen

Die erste Frage nach den drei möglichen Aggregatzuständen gab folgende Ergebnisse: 76,8 % benannten die drei Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig) richtig. 2,3 % nannten nur zwei und 3,4 % nur einen Aggregatzustand. 17,5 % machten keine Angaben zu dieser Frage; dies könnte unter anderem auch daran liegen, daß der Begriff „Aggregatzustand“ nicht bekannt war. Die Auswertungen der beiden nächsten Aufgaben (Name einer Säure, chemische Formel einer Säure, Name einer organischen Verbindung, Formel einer organischen Verbindung) sind in der folgenden Tabelle dargestellt; es wurde nicht verlangt, daß sich die Angaben auf den selben Stoff beziehen müssen. Sowohl namentlich wie auch formelmäßig wurde „Salzsäure (HCl)“ am häufigsten genannt. Ähnliche Aufgabenstellungen aus dem Bereich der organischen Chemie werden seltener richtig beantwortet, wie die Ergebnisse der Aufgaben 8 und 9 zeigen. Bei diesen beiden Aufgaben sinkt die Anzahl derjenigen, die überhaupt geantwortet haben, drastisch ab. Diejenigen, die einen richtigen organisch-chemischen Namen angeben konnten, waren zum überwiegenden Teil auch in der Lage, eine Formel richtig anzugeben. Die am häufigsten mit Namen und Formel genannte Verbindung war Ethanol, gefolgt von Glucose, für die dann die Summenformel  $C_6H_{12}O_6$  angegeben wurde. Dies ist den Schülern wahrscheinlich aus der Biologie geläufig.

Nr. Aufgabe	Aufgabe	Richtig	Falsch	k.A.
		% Antworten	% Antworten	% Antworten
2	Name Säure	89,3	1,7	9
3	Formel Säure	63,9	6,2	29,9
8	Name org. Verbindung	29,9	10,2	59,9
9	Formel org. Verbindung	23,2	10,2	66,6

Tab.12

Dieses Ergebnis zeigt, wie wichtig es ist, die organische Chemie auch am Gymnasium schon verstärkt in Klasse 10 als Projekt durchzunehmen (Kultusminister, 1993).

Die Angabe einer richtigen chemischen Formel bereitet den meisten Probanden Schwierigkeiten, so daß sich auch hier die affektive Abneigung (s. Tab. 5) gegenüber chemischen Formeln in der mangelnden Kenntnis widerspiegelt.

Die Antworten zur Aufgabenstellung „Atom- aufbau“ (Frage 5) wurden in drei Kategorien eingeteilt, die in der folgenden Tabelle mit je einem typischen Beispiel aufgeführt werden.

Nr.	Kategorie	% Antworten	Beispiel Antwort
1	richtig	40,7	Atomkern mit positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen; Elektronen in Hüllen kreisen um den Kern
2	etwas	36,7	Kern und Hülle
3	falsch	6,2	aus mehreren Molekülen

Tab.13

Die Antwort der Kategorie 1 beruht auf einem in der Chemie gebräuchlichen Modell; da die Probanden im Chemieunterricht normalerweise keine darüber hinausgehenden Kenntnisse haben.

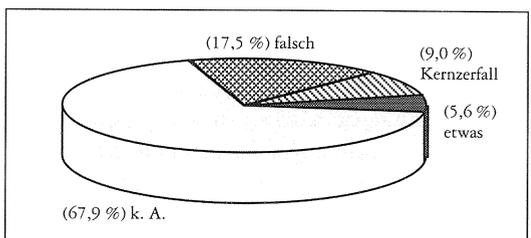
Wenn man bedenkt, daß gerade bei der Thematik „Atom- aufbau“ Modelldenken vorausgesetzt wird, so ist dieses „Atommodell“ einigermäßen gut in der Erinnerung der Probanden geblieben.

In der Beliebtheitstabelle (Tab. 5) nimmt der „Aufbau von Atomen“ einen mittleren Rang ein, ist also mittelmäßig beliebt. Hier könnte also ein Zusammenhang zwischen affektiver Einstellung und der Dauer des Behaltens bestehen.

In Aufgabe 6 sollte erklärt werden, wie Radioaktivität entsteht. Erwartet wurde, daß die Probanden wenigstens den Begriff „Kern- zerfall“ damit in Verbindung bringen können. Die Thematik „Radioaktivität“, wenn auch in der Schule eventuell nicht behandelt, hat doch darüber hinaus immer wieder für Schlagzeilen in den Medien gesorgt und besitzt damit einen Bezug zum alltäglichen Leben.

Überraschenderweise gaben nur 9 % der Gesamtstichprobe Erklärungen ab, die unter der Kategorie „Kernzerfall“ zusammengefaßt werden konnten (s. Grafik 1). Typische Antworten aus dieser Kategorie sind zum Beispiel:

- „instabile Atomkerne zerfallen unter Aus- sendung energiereicher Strahlung“
- „Atomkerne verwandeln sich unter Aus- sendung von z. B. alpha-Teilchen (energie- reiche Strahlung) in andere Atomkerne“
- „bei Umwandlungen des Atomkerns, z. B. Aufspaltung, wird energiereiche Strahlung frei“.



Grafik 1: Wie entsteht Radioaktivität?

Unter der Kategorie „etwas“ wurden 5,6 % der Antworten vereinigt, die zwar nicht die eigentliche Entstehung der Radioaktivität erklärten, aber zumindest etwas aus dem weiteren Umfeld dieses Begriffs, wie z. B.:

- „Stoffe wie Uran strahlen Radioaktivität ab“
- „durch Kernfusion“.

Als „falsch“ wurden 17,5 % der Antworten eingestuft, die entweder Reaktionen der Atomhülle nennen oder völlig ohne Bezug zur Radioaktivität waren. Dazu einige Beispiele:

- „Elektronen aus der Hülle werden frei“
- „Schwingungen von Teilchen“
- „Kombination von Atomen“
- „Verhältnisse von Stoffen“

Über 67 % äußerten sich gar nicht zu dieser Fragestellung. Dieses Ergebnis ist überraschend, weil ja immerhin über 70 % der Probanden über den Atomaufbau informiert sind, den Kernzerfall als Ursache radioaktiver Strahlung jedoch nicht kennen, obwohl dieses Phänomen ja durchaus „Lebensbezug“ aufweist. Das SI (Systeme International d'Units)

wichtigster Anwendungsbezug dieser Einheit sollte zum Ausdruck kommen. Auf die Frage „Was bedeutet die Einheit Mol?“ machten immerhin 55 % gar keine Angaben. Die abgegebenen Antworten wurden wieder in drei Kategorien gegliedert. Wie die Beispielantworten zeigen, war bei denjenigen, denen die gleiche Teilchenanzahl klar war, sogar der Zahlenwert bekannt. Die der zweiten Kategorie zugeordneten Antworten waren wesentlich allgemeiner formuliert und hatten in den meisten Fällen nur noch entfernt bzw. indirekt mit dem Molbegriff zu tun. Die falschen Antworten bezogen sich häufig auf Begriffe wie „Molekulargewicht“ oder waren völlig aus dem Zusammenhang gerissen, so daß sich daraus auch keine Rückschlüsse auf Verständigungsprobleme ziehen lassen. Der „Molbegriff“ und seine Bedeutung sind also relativ unbekannt. Dieser ist im weiteren Leben der meisten Schüler wahrscheinlich eher unbedeutend, im Schulunterricht tauchen aber gerade im Zusammenhang mit „Mol“ bzw. der Stoffmengenkonzentration

Nr.	Kategorie	% Antworten	Beispielantworten
1	richtig	14,7	Mol ist eine Einheit in der Chemie, die immer die gleiche Anzahl von Teilchen ( $6 \cdot 10^{23}$ ) enthält eine Einheit wie kg, 1 mol sind immer genau $6 \cdot 10^{23}$ Teilchen
2	etwas	10,2	Gewichtseinheit, ausgegangen vom C-Atom Einheit der Stoffmenge Angabe der Konzentration
3	falsch	20,3	die Verknüpfung zweier oder mehrerer Atome in Mol wird der pH-Wert gemessen mol = Angabe der Dichte Molekulargewicht

Tab. 14

definiert die Grundeinheit Mol als „die Stoffmenge eines Systems, das sich aus ebenso vielen Elementarindividuen zusammensetzt, wie in 0,012 kg des Nuklids Kohlenstoff-12 an Atomen enthalten sind“ (Römpp, 1995).

In dieser Ausführlichkeit wurde natürlich keine Antwort erwartet, aber das Prinzip der gleichen Teilchenanzahl pro mol als wohl

„mol/l“ viele Berechnungen auf. In Aufgabe 10 wurde nach dem pH-Wert gefragt. In der Tabelle sind die Antwortkategorien mit einigen Beispielantworten aufgeführt. Unter „richtiger Antwort“ wurde eine der Definition entsprechende Angabe erwartet: „Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration (die Einheit mol/l läßt man dabei weg)<sup>1</sup>.“ Zu dieser

<sup>1</sup> Anmerkung: Die korrekte Definition (Korrtüm, 1957) unter Benutzung der Aktivitäten wird für den Praxisgebrauch auf den oben genannten Begriff der Wasserstoffionenkonzentration reduziert.

Nr.	Kategorie	% Antworten	Beispielantworten
1	richtig i.S. der Definition	16,9	negativer dekadischer log der $H^+$ -Ionen-Konzentration
2	richtig i.S. der Praxis	53,1	Säuregehalt ob eine Lösung sauer, neutral oder alkalisch ist Säuren- oder Laugengehalt von pH 0 bis pH 14, pH 7 ist neutral
3	unklar bzw. falsch	15,3	wie gefährlich eine Säure oder eine Base ist Gleichgewicht der Wasserstoffionen wie stark giftig eine Säure ist

Tab. 15

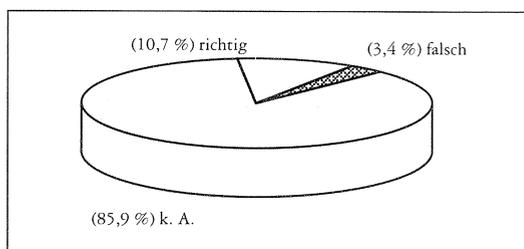
Frage äußerte sich ein sehr großer Prozentsatz der Probanden, davon aber 15,3 % doch auch in einer Art und Weise, die hier als „falsch“ eingestuft wurde, da dabei grundsätzliche Mißverständnisse bestehen. Die 53 % richtiger Antworten im Sinne der Praxis bezogen wenigstens die pH-Bereiche sauer, neutral und alkalisch mit ein oder sogar die Konzentration an Wasserstoffionen, wenn auch der logarithmische Zusammenhang nicht erwähnt wurde.

Regelmäßig in den Sommermonaten wird jeder von uns quasi täglich durch die Medien mit der Ozonproblematik konfrontiert, sei es anhand von Informationen über die schwindende Ozonschicht in der Stratosphäre oder durch den Anstieg der Ozonkonzentration in Bodennähe, das heißt, die Bedeutung des Ozons für uns und unsere Umwelt müßte wenigstens in allgemeiner Art und Weise bekannt sein. Die Frage 11 wurde daher mehr in Richtung des chemischen Aspekts „Was ist Ozon?“ hin formuliert.

Auf diese Frage hätte die Angabe der Formel „O<sub>3</sub>“ gereicht, womit sich auch 23,8 % begnügten. 7,9 % lieferten neben der Formel noch weitere Erklärungen bezüglich der Umweltproblematik im Zusammenhang mit Ozon ab. 25 % gaben allgemeine Informationen über die Bedeutung von Ozon ab, ohne die Formel zu nennen. 4 % gaben falsche Antworten ab, die sich überwiegend auf die „Wertigkeit“ des Sauerstoffs bezogen, also ein durchaus chemischer aber falsch verstandener Aspekt, und auch hier machte ein relativ hoher Prozentsatz (39,2 %) keine Angaben.

Damit ist immerhin etwas über die Hälfte der Probanden -wenn auch nicht aus chemischer Sicht- so doch hinsichtlich der Umweltproblematik „Ozon“ informiert. Als Chemieinhalt wurde „Chemie und Umwelt (z. B. Ozon)“ mit einem Mittelwert von 2,2 als beliebt eingestuft. Die Aufschlüsselung der von den Probanden gegebenen Beliebtheit in Abhängigkeit von der Antwort auf Frage 11 zeigt, daß die Probanden, die eher Desinteresse bekundeten, eben auch diejenigen sind, die hier gar keine oder eine falsche Antwort gaben.

Die Konzentrationsangabe ppm wird sowohl in der chemischen Fachliteratur wie auch allgemein in den Medien zur Angabe von Schadstoffmengen benutzt. Mit Frage 4 sollte überprüft werden, inwieweit die Bedeutung dieser Angabe bekannt ist.



Grafik 2: Was bedeutet die Konzentrationsangabe ppm?

Nur 10,7 % der Befragten gaben an, daß dies die Abkürzung für die englische Bezeichnung „parts per million“ ist, die meisten davon erläuterten dieses auch noch mit einer entsprechenden deutschen Erklärung, wie zum Beispiel „Anzahl Teilchen von 1 Million Teilchen“, „Abk. für Millionstel“. Knapp 86 %

„äußerten sich gar nicht dazu und 3,4 % gaben eine falsche Antwort, wie zum Beispiel „Teilchen pro Minute“, „Meterangabe“, „1/100“, „Druckangabe“, also ohne Zusammenhang zur tatsächlichen Bedeutung.

Mit der Aufgabenstellung 12 sollte das Grundverständnis über chemische Reaktionen überprüft werden. Im Chemieunterricht werden „Kennzeichen chemischer Reaktionen“ normalerweise ausführlich in Klasse 7 behandelt, aber im weiteren Chemieunterricht taucht die „chemische Reaktion“ als Kernstück des Unterrichts natürlich immer wieder auf.

Nur der Vorgang 2 wurde eindeutig von der Mehrheit der Probanden als chemische Reaktion erkannt. Der Vorgang „Wasser verdampfen“ wurde ungefähr genauso oft als chemische Reaktion eingestuft wie „Papier verbrennen“ und sogar häufiger als „Zucker in Wasser auflösen“, obwohl an einer vorangegangenen Stelle im Fragebogen der Begriff „Aggregatzustände“ behandelt wurde (s. Aufgabe 1).

Vorgang	Antwort	Ja	Nein
1	Zucker in Wasser auflösen	45 %	55 %
2	Eisen, das rostet	88 %	12 %
3	Papier verbrennen	58 %	42 %
4	Wasser verdampfen	55 %	45 %

Tab. 16: Aufgabe 12: Welche der folgende vier Vorgänge sind chemische Reaktionen ?

Das Ergebnis dieser Aufgabenstellung zeigt, wie unklar den meisten die Zuordnung eines Vorgangs in den Bereich der chemischen Reaktion ist. Das erste Beispiel der Aufgabenstellung ist allerdings ohne weitere Erklärung auch nicht eindeutig einzustufen. Der Lösungsvorgang von Zucker in Wasser muß differenzierter betrachtet werden, da auf jeden Fall Hydratisierungseffekte eine Rolle spielen. Erwartet wurde, daß die „Zuckerlösung“ von den meisten Befragten als ein homogenes Kontinuum angesehen wird und nicht unbedingt als Ergebnis einer chemischen Reaktion. Vorgang 4 ist jedoch ein physikalischer Vorgang, da Zusammensetzung und Bestand-

teile bei Änderung des Aggregatzustands erhalten bleiben.

Diese Problematik wurde mit Hilfe einiger Interviews vertiefend geklärt. Dabei ergab sich, daß Unklarheiten bezüglich der „Stoffumwandlung“ bestanden, die häufig nicht auf die stoffliche Ebene beschränkt, sondern auf die visuelle Ebene bezogen wurde, in dem Sinne, daß der „gelöste Zucker umgewandelt“ worden ist.

#### 4.2.2 Mathematikaufgaben

Die Ergebnisse der Aufgaben 14 und 18 seien den anderen vorangestellt.

Gleichung	richtig	falsch	korrekte Antw. %	unzutreffende Antworten %	keine Ang. %
$16 = 2^4$	( )	( )	88	7	5
$43 \cdot 10^3 = 43000$	( )	( )	80	11	10
$3^9 \cdot 3^0 = 3$	( )	( )	86	6	7
$10^3 \cdot 10^3 = 10^2$	( )	( )	79	7	15
$2^6 : 2^2 = 2^4$	( )	( )	66	20	14
$10^3 = 1/10^3$	( )	( )	72	11	18

Tab. 17: Aufgabe 14: Sind folgende Gleichungen richtig oder falsch?

Aufgabe	Lösung	richtig % Antworten	falsch % Antworten	keine Angabe % Antworten
18 a)	$a \cdot b = 10 \cdot 16$ $a = b \cdot a = ?$	18	18	64
b)	$1/100 + 1/10$ $= ?$	59	9	31
c)	$10 \cdot 2 + 10 \cdot 1$ $= ?$	21	35	44
d)	$\log 105 = ?$	12	15	73
e)	6 % von 600 $= ?$	51	19	29

Tab. 18: Aufgabe 18: Geben Sie bitte die Lösungen an.

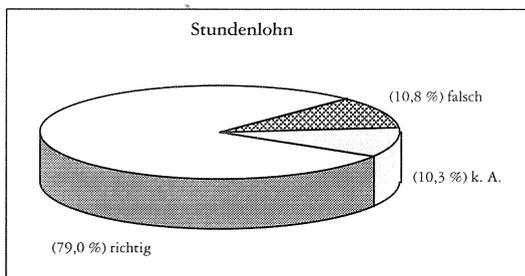
Während beim ersten Aufgabentyp nur angekreuzt werden mußte, ob die angegebene Lösung richtig oder falsch ist, erforderte die Aufgabe 18 die Berechnung der Ergebnisse. Die Ergebnisse zeigen einen deutlichen Unterschied im Anteil der fehlenden Antworten, der beim zweiten Aufgabentyp drastisch zunimmt, vor allem bei 18 a) und d). Die

Bereitschaft, etwas anzukreuzen, ist deutlich höher als die, Berechnungen durchzuführen. Beim Vergleich der beiden Aufgaben muß darüber hinaus berücksichtigt werden, daß bei Aufgabe 14 mit 50%iger Wahrscheinlichkeit die richtige Antwort auch geraten werden konnte. Ein Test nur mit Multiple Choice Aufgaben dieser Art wäre deshalb problematisch hinsichtlich seiner Aussagekraft. Der Anteil richtiger Antworten liegt bei allen Teilaufgaben der Aufgabe 14 deutlich höher als bei Aufgabe 18. Die größte Schwierigkeit bereitete bei Aufgabe 14 die Division zweier in Potenzschreibweise dargestellter Zahlen, wie sich an der vorletzten und letzten Teilaufgabe zeigt. Unter den Teilaufgaben der Nummer 18 wurden b) und e) von immerhin 50 % richtig beantwortet, wobei die Prozentaufgabe aber einen deutlich höheren Anteil an Falschantworten aufweist. Die häufigste falsche Antwort war darunter „100“ also  $1/6$  von 600. Der Vergleich der Teilaufgaben b) und c) zeigt, daß die Zahlenschreibweise einer Zahl als gemeiner Bruch einfacher verständlich ist als die Potenzschreibweise; besonders hinderlich bei dieser Teilaufgabe ist wahrscheinlich dabei auch noch die negative Potenz.

Das Prinzip des Logarithmenrechnens ist nur einem sehr geringen Teil der Probanden geläufig.

Wie man sieht, bestehen durchaus Defizite im Umgang mit mathematischen Berechnungen beim Rechnen mit Potenzen, bei der Bruchrechnung und Prozentrechnung.

Im folgenden nun zu den Textaufgaben, deren Auswertungen im Anschluß zusammenfassend diskutiert werden.

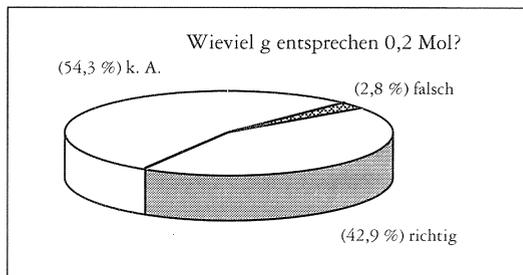


Grafik 3 (Aufgabe 15)

Aufgabe 15: Eine Person erhält 512 DM für 38 Stunden Arbeit. Wie groß ist der Stundenlohn ?

Die schriftliche Division wurde von fast 80 % richtig gelöst, die prinzipiell „ähnliche Aufgabe 21, bei der der Molbegriff benutzt wird, nur noch von 43 %; über 50 % machten keine Angaben.

Aufgabe 21: Ein Mol einer Verbindung sind 60 g. Wieviel g sind 0,2 Mol ?



Grafik 4 (Aufgabe 21)

Die Aufgabenstellungen 13 und 17 sind von mathematischer Seite her gesehen identisch, nur die Textinhalte unterscheiden sich:

Aufgabe 13: Herr X hat ein Nettoeinkommen von 2800 DM und zahlt 550 DM Miete. Herr Y hat ein Nettoeinkommen von 3700 DM und zahlt 1200 DM Miete. Die beiden streiten darüber, wer relativ zum Nettoeinkommen mehr Geld für Miete ausgibt. Wer gibt mehr aus ?

Aufgabe 17: Eine chemische Verbindung A mit einer Molmasse von 120 g enthält 10 g Schwefel. Eine andere Verbindung B hat eine Molmasse von 180 g und enthält 17,5 g Schwefel. In welcher Verbindung ist der Anteil an Schwefel relativ zur Molmasse größer?

Die Ergebnisse sind in den beiden folgenden Grafiken dargestellt.

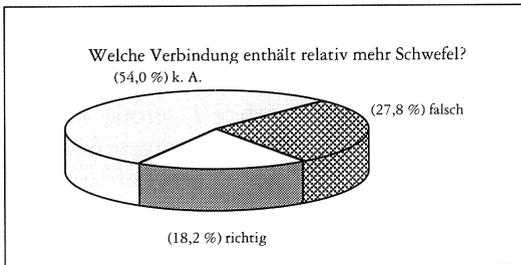
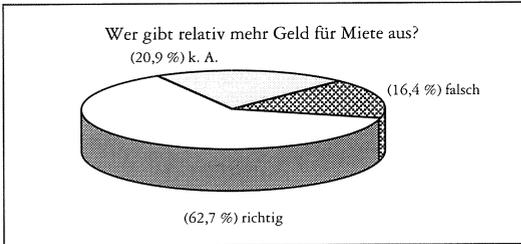
Während die erste Aufgabe von 63 % richtig beantwortet wurde, waren es bei der zweiten Aufgabe nur noch 18 %, und der Anteil derer, die keine Angabe machten, steigt auf über 50 % an. Der Vergleich der Ergebnisse der obigen Aufgaben zeigt, daß die inhaltliche Umformulierung in „chemische Vokabeln“ bei gleichem mathematischen Sachverhalt zu

einem drastischen Absinken der Lösbarkeit führt. Diese Art von Schwierigkeiten bei den formal gleichen Aufgaben stimmen weitgehend mit allgemeinen Erfahrungen überein. Hier soll in Zukunft noch weiter nach Erscheinungen gesucht werden, die den Mathematiktransfer auf naturwissenschaftliche Aufgaben so schwierig machen.

4 und dem y-Achsenabschnitt 2 angegeben werden, dabei wurde die allgemeine Form der Gleichung als  $y = ax + b$  vorgegeben.

Geradengleichung	% Antworten
richtig	19,8
falsch	17,5
keine Angabe	62,1

Tab. 20



Grafik 5 (Aufgabe 13) und 6 (Aufgabe 17)

Bei Aufgabe 20 sollten fehlende y-Werte in der Wertetabelle vervollständigt und die Funktionsgleichung der Ursprungsgeraden formuliert werden.

	richtig % Antworten	falsch Antworten	keine Angaben % Antworten
Wertetabelle	59,9	2,8	36,7
Gleichung	28,2	7,3	63,8

Tab.21

Die übrigen Aufgabenstellungen 16, 19, 20 (s. Anhang) erforderten das Vervollständigen einer Wertetabelle, die Angabe von Geradengleichungen und das Erstellen von Diagrammen.

Die Ergebnisse dieser drei Aufgabenstellungen lassen sich zusammenfassend folgendermaßen darstellen. Das Erstellen des Diagramms gelingt immerhin fast 2/3 aller Probanden, knapp 12 % machten aber dabei Fehler, die in nahezu allen Fällen in der nicht equidistanten Einteilung der x- oder y-Achse lagen.

Aufgabenteil	richtig % Antworten	falsch % Antworten	keine Angabe % Antworten
a) Diagramm	73,4	11,9	14,1
b) Steigung	23,7	5,6	70,1
c) Geradengleichung	18,1	10,2	71,2

Hinzugefügt sei noch, daß eine fehlende Achsenbeschriftung mit „km“ und „h“ hier nicht als fehlerhaft angerechnet wurde.

Tab. 19:

Bei Aufgabe 16 sollten Werte aus einer Tabelle in einem Diagramm graphisch dargestellt werden, die Steigung der erhaltenen Geraden als Durchschnittsgeschwindigkeit und die Geradengleichung als „ $y = 75 x$ “ angegeben werden.

Der einfache funktionale Zusammenhang zwischen x und y wurde beim Vervollständigen der Wertetabelle von 60 % aller Befragten richtig erkannt; die Funktionsgleichung  $y = 1/3 x$  wurde nur von knapp einem Drittel korrekt angegeben. Die in den drei Aufgaben geforderten Funktionsgleichungen lauteten folgendermaßen und wurden in den angegebenen Anteilen richtig beantwortet.

Bei Aufgabe 19 sollte aus einem Diagramm die Gleichung der Geraden mit der Steigung

Aufgabe	Funktionsgleichung	% richtiger Antworten
16	$y = 75 x$	18,1
19	$y = 2x + 2$	19,8
20	$y = 1/3 x$	28,2

Tab.22

Bei Aufgabe 20 wurde den Probanden der funktionale Zusammenhang durch die Überlegung, die fehlenden  $y$ -Werte zu berechnen, deutlicher als bei den beiden anderen Aufgaben.

Diese Ergebnisse machen deutlich, daß die Defizite im Umgang mit mathematischen Operationen schon in der Mathematik selbst auftauchen und durch außermathematische Anwendungen verstärkt werden. Es besteht deshalb die dringende Notwendigkeit, im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht verstärkt mit Anwendungen zu arbeiten und dieses zu üben. Im Rahmen von Berufsausbildung und Studium muß dieses dann vertieft und erweitert werden.

## 5. Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Untersuchung stellt eine Fallstudie mit Probanden zu Beginn ihrer Berufsausbildung dar. Zur Aussage der Absicherung der Aussagekraft der Untersuchung wurde Anfang Oktober 1995 an einer „ähnlichen Probandengruppe die Untersuchung nochmals vorgenommen. Die Ergebnisse sind mit denen des Vortests praktisch identisch, so daß sich eine erneute Darstellung erübrigt. Die Nachuntersuchung stützt die erhobenen Befunde jedoch nachhaltig. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Die Beliebtheit des Faches Chemie ist mittelmäßig und liegt hinter der von Mathematik.
2. Es besteht ein Zusammenhang innerhalb der Probandengruppe zwischen der Beliebtheit von Mathematik und Chemie mit der Tendenz: Wer Mathematik mag, hat auch eher Interesse an Chemie und umgekehrt.
3. Chemie wird in höherem Maße als Mathematik als „abstrakt“ und „schwer verständlich“ eingestuft.
4. Mathematik wird eher als „notwendiges“ Fach anerkannt und akzeptiert als Chemie.
5. Bei Schülern und Schülerinnen, die oft Probleme im Mathematikunterricht hatten, war Chemie als Unterrichtsfach unbeliebt.

6. Der Wunsch vieler Schüler und Schülerinnen nach mehr Nähe zur Lebenswelt hinsichtlich der Unterrichtsinhalte im Chemieunterricht deutet darauf hin, daß chemische Kenntnisse als wenig hilfreich bei der Bewältigung von Lebenssituationen empfunden wird.
7. Bei den Probanden besteht der Eindruck, daß im Chemieunterricht viel Mathematik benötigt wird.
8. Die Ergebnisse der kognitiven und affektiven Analyse weisen auf einen Zusammenhang zwischen der Abfragbarkeit von Wissen zu chemischen Sachverhalten bzw. dem Können bei der Ausführung mathematischer Operationen und der affektiven Haltung hin. Affektive Aufgeschlossenheit gegenüber Fachinhalten führt zu längerfristigem Behalten und Operierenkönnen.
9. Aus der Auswertung des kognitiven Chemieteils ergaben sich z.T. große Mängel bei den Kenntnissen zu einigen Sachverhalten vor allem zum Molbegriff und der organischen Chemie. Im Mathematikteil traten große Schwierigkeiten bei Anwendungen aus dem Bereich linearer Funktionen und beim Rechnen mit Potenzen auf. Bei Textaufgaben, die vom mathematischen Anspruch her problemlos gelöst werden können, sinkt die Rechensicherheit drastisch, wenn „chemische Vokabeln“ verwendet werden. (Diese Ergebnisse lassen keine Aussage über „das Chemiewissen“ bzw. „die Mathematikfertigkeiten“ von Berufsanfängern zu; dies hätte - wenn überhaupt meßbar - nur in einer deutlich umfangreicheren Untersuchung ermittelt werden können.)

Nun kann mit empirischen Untersuchungen dieser Art nicht bewiesen werden, daß die o.g. Zusammenhänge kausal begründet sind. Dennoch läßt sich vermuten, daß Mathematisierungen im Chemieunterricht eine gewisse Akzeptanzschwelle darstellen können. Die Gründe hierfür können zum einen in der mangelnden Anschaulichkeit mathematischer Anwendungen im Chemieunterricht liegen, zum anderen können die Wurzeln sicherlich auch im Mathematikunterricht selbst liegen,

da Anwendungsaufgaben häufig immer noch exemplarisch als „Sonderaufgaben“ behandelt werden. Reine Rechenalgorithmen werden in stärkerem Umfang geübt und verschaffen den Schülern und Schülerinnen somit „öfter“ Erfolgserlebnisse. Im Mathematikunterricht sollte häufiger eine Betonung auf der Mathematisierung naturwissenschaftlicher Sachverhalte sowie der inhaltlichen Deutung mathematischer Formulierungen gesetzt werden. Auch im Chemieunterricht sollte, wenn Mathematik zur Beschreibung und zur Klärung von Sachsituationen eingesetzt wird, eine Verstärkung der Übungsphasen, wo eben möglich, berücksichtigt werden. Besonders geeignet für den Chemieunterricht sind z.B. quantitative Versuche zu analytischen Verfahren, die zu linearen Zusammenhängen führen. Solche Versuche sollten „öfter wieder auf mathematische Begrifflichkeiten wie „Steigung“ zurückgeführt werden.

Chemie wird sicherlich für die Schüler interessanter, wenn stark experimentell und inhaltlich phänomenologisch unterrichtet wird. Allerdings entsteht dabei auch die Gefahr, daß eben interessante „Unterhaltungsstunden“ entstehen. Die Inhalte des Chemieunterrichts sollten sich an der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen orientieren und dabei helfen, Naturvorgänge zu verstehen. Schülerinteressen sollten bei der Unterrichtsgestaltung berücksichtigt werden, aber nicht ausschlaggebend sein für alles, was behandelt wird, da der Unterricht auch die Aufgabe hat, neue Interessen zu wecken und vorhandenes zu erweitern. Mathematik hat als Unterrichtsfach einen besonderen Stellenwert, da es als Hauptfach in jeder Jahrgangsstufe unterrichtet wird und eine gewisse „Wichtigkeit“ hat, es ist quasi „unabwendbar“. Außerdem werden im Mathematikunterricht Inhalte häufiger wiederholt, da z. B. Geometrie nicht nur einmal im Laufe der Schulbahn auftritt, sondern in verschiedenen Jahrgangsstufen. Trotzdem findet im Mathematikunterricht vielleicht zu wenig Vorbereitung auf systematische Fragestellungen in Anwendungen statt. Chemie wird eventuell als besonders schwierig empfunden, da die Inhalte stark aufeinander

der aufbauen und in vielen Bereichen Vorkenntnisse für die Auswertung notwendig sind. Die sich aus dieser Untersuchung ergebende größere Unbeliebtheit der Versuchsauswertung im Vergleich zur Versuchsdurchführung kann daran liegen, daß für die Schüler eine zu große Differenz zwischen dem Geschehen und der chemischen Formelsprache besteht. Es müßte deshalb versucht werden, durch methodische Maßnahmen Verstehen leichter möglich zu machen. Dies bedarf natürlich einer gewissen Zeit, damit die Schüler sich z. B. an Begriffe gewöhnen können. Eine Förderung der Anstrengungsbereitschaft der Schüler im Unterricht ist wünschenswert, damit die Schüler merken, daß sich individueller Einsatz lohnt. Unterricht soll darum auch helfen, daß sich Schüler und Schülerinnen an ihren individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten messen können.

Daraus ergeben sich sicherlich Konsequenzen für den zukünftigen Unterricht; ob dieselben Konsequenzen auch für die Förderung der Schüler zu ziehen sind, die ein großes Interesse an theoretisch-fachwissenschaftlichen Kenntnissen haben, muß Gegenstand einer weiteren Untersuchung sein. Die Ergebnisse dieser Befragung zeigen auch, daß elementare Grundlagen allgemeinbildender Schulen nicht unbedingt voraussetzbar sind. Daraus folgt, daß in die theoretische Berufsausbildung entsprechende Wiederholungen eingebaut werden sollten. Ähnliches könnte auch für Fächer außerhalb des mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereichs vermutet werden.

## 6. Literatur

- Ansari, S. & Demuth, R. (1976). Nuffield-Chemistry an deutschen Schulen ? Praxis der Naturwissenschaften (Chemie) 25, 330-335.
- Bader, H.-J. (1986). Auswirkungen der Thematik „Recycling“ auf die Einstellung der Schüler zum Chemieunterricht, zur Chemie und zu Umwelt- und Energieproblemen. *Chimica didactica* 12, 65-99.
- Bader, H.J. (1987). Auswirkungen der Thematik „Recycling“ auf den Wissenszuwachs der Schüler im Chemieunterricht. *Chimica didactica* 13, 43.

- Bader, H.J., Wenck, H. & Aschersleben, K. (1987). Einstellungen von Realschülern zum Chemieunterricht, zur Chemie und zu Umweltproblemen. *Die Realschule* 95, 271.
- Becker, H.J. (1976). Über den Zusammenhang zwischen Schülerurteilen zur Beliebtheit des Chemieunterrichts und dem Verständnis der Schüler für die chemische Zeichensprache. *Praxis der Naturwissenschaften (Chemie)* 25, 23-27.
- Becker, H.-J. (1978). Chemie ein unbeliebtes Unterrichtsfach? *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 31, 455-459.
- Blum, W. (1995). Mathematik zweitbeliebtestes Schulfach. In *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, Nr. 61.
- Bolte, C. (1993). Chemieunterricht im Urteil von Schülerinnen und Schülern -Ergebnisse der zweiten Phase einer empirischen Studie zum Lernklima im Chemieunterricht. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung Didaktik der Physik/ Chemie. Kiel: Leuchtturm.
- Gräber, W. (1992). Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht. *Chemie in der Schule* 39, 7-8.
- Gramm, A. & Krumm, B. (1992). In Scharf, V. (Hrsg.), *Naturwissenschaften im Unterricht*, Bd. 11. Zur Professionalisierung der Chemielehrer. Essen: Westarp Wissenschaften.
- Heidrich, W. (1995). Lösungsschwierigkeiten bei Textaufgaben - mögliche Ursachen und Kompensationen. In Müller, K. P. (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Vorträge auf der 29. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 6. bis 10.3.1995 in Kassel. Hildesheim: Franzbecker.
- Heilbronner, E. & Wyss, E. (1983). *Bild einer Wissenschaft: Chemie*. Chemie in unserer Zeit 17, 69.
- Kortüm, G. (1957). *Lehrbuch der Elektrochemie* (2. Aufl.), Weinheim/Bergstr.: Verlag Chemie.
- Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen (1993). *Richtlinien und Lehrpläne für das Gymnasium -Sekundarstufe I- Chemie*, Frechen: Verlagsgesellschaft Ritterbach.
- Lentke, H.-M. (1955). Eine Erhebung an höheren Schulen über das Interesse an den Schulfächern, insbesondere an der Biologie. *Psychologische Beiträge* 10, 308-326.
- Nay, U. (1980). Zur Beliebtheit des Chemieunterrichts. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung Didaktik der Physik/Chemie, Ludwigsburg.
- Nestle, F. (1995). Mathematik - Pflichtfach nur bis Klasse 7. In Müller, K. P. (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Vorträge auf der 29. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 6. bis 10.3.1995 in Kassel. Hildesheim: Franzbecker.
- Neubrand, J. (1995). Third International Mathematics and Science Study (TIMSS). In Müller, K. P. (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Vorträge auf der 29. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 6. bis 10.3.1995 in Kassel. Hildesheim: Franzbecker.
- Otte, R. & Garbe, R. (1976). Einstellung zum naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach Chemie. Teil 1: Eine dimensionsanalytische Untersuchung. *Chimica didactica* 2, 215-230.
- Pfeifer, P., Häusler, K. & Lutz, B. (1992). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München: Oldenbourg Verlag.
- Rämpf (1995). *Chemielexikon* (9. Aufl.). Stuttgart-New York: Thieme Verlag.
- Schläglmann, W. (1995). Mathematikkenntnisse von Erwachsenen - Konsequenzen für Mathematikunterricht an Schulen. In Müller, K. P., *Beiträge zum Mathematikunterricht*. Vorträge auf der 29. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 6. bis 10.3.1995 in Kassel. Hildesheim: Franzbecker.
- Schmidt, H.J. (1990). *Stolpersteine im Chemieunterricht: empirische Untersuchungen über Schülerfehler beim stöchiometrischen Rechnen* (1. Aufl.). Frankfurt am Main: Diesterweg.
- Schmidt, H.-J., Bell, H.-J. & Wainwright, M. (1975). *Mathematische Probleme im Chemieunterricht*. *Praxis der Naturwissenschaften (Chemie)* 24, 85.
- Seelig, G.F. (1968). Beliebtheit von Schulfächern, Empirische Untersuchungen über psychologische Zusammenhänge von Schulfachpräferenzen. Weinheim - Berlin - Basel: Beltz.
- Stachelscheid, K. (1994). „Umweltwissen von Schulabgängern“, *Praxis der Naturwissenschaften (Chemie)* 43, 34.
- Stern, W.L. (1905). Über Unbeliebtheit und Beliebtheit der Schulfächer. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Pathologie und Hygiene* 267-296.
- Stork, H. (1984). Zur Aufrechterhaltung von Motivation und Lebensnähe in einem fachlich anspruchsvollen Chemieunterricht. *Chimica* 38, 145-157.

- Tietz, U. (1982). Mathematik und Studierfähigkeit, Schulpraxis 2, 47-48
- Universität Bielefeld (1993). Fakultät für Chemie, Test zur Übung Chemie für Nichtchemiker.
- Voigts, H. (1933). Das Interesse für die Unterrichtsfächer an höheren Mädchenschulen. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie und experimentelle Pädagogik 367-372.
- Wegener, B. (1972). Gegenüberstellung von Interessen und Leistungen von Schülern beim Unterricht mit dem IPN-Curriculum Chemie für die Orientierungsstufe. In H. Schmidt (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Königstein/ Taunus. Hannover: Schroedel.
- Wolf, E., Höner, K. & Wenck, H. (1996). Empirische Studie zur Leistungskurswahl Chemie/Biologie in der gymnasialen Oberstufe. Universität Bielefeld.

Dr. Kerstin Höner ist als Wissenschaftliche Assistentin im Bereich Chemie und Didaktik der Chemie an der Universität Bielefeld beschäftigt.

Dr. Kerstin Höner  
Universität Bielefeld  
Fakultät für Chemie  
Chemie und Didaktik der Chemie I  
Postfach 100131  
33501 Bielefeld

## Anhang: Fragebogen Teil 2

1. Geben Sie bitte die drei möglichen Aggregatzustände an.
2. Name einer Säure:
3. Chemische Formel einer Säure:
4. Was bedeutet die Konzentrationsangabe ppm?
5. Wie sind Atome aufgebaut?
6. Wie entsteht Radioaktivität?
7. Was bedeutet die Einheit Mol?
8. Geben Sie den Namen einer organisch-chemischen Verbindung an.
9. Geben Sie die Formel einer organisch-chemischen Verbindung an.
10. Was gibt der pH-Wert an ?
11. Was ist Ozon ?
12. Welche der folgenden vier Vorgänge sind chemische Reaktionen  
 Zucker in Wasser auflösen  
 Eisen, das rostet  
 Papier verbrennen  
 Wasser verdampfen
13. Herr X hat ein Nettoeinkommen von 2800 DM und zahlt 550 DM Miete. Herr Y hat ein Nettoeinkommen von 370 DM und zahlt 1200 DM Miete. Wer gibt relativ zum Nettoeinkommen mehr Geld für Miete aus ?
14. Sind folgende Gleichungen richtig oder falsch?  

Gleichung	richtig	falsch
$16 = 2^4$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$43 \cdot 10^3 = 43000$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$3^0 \cdot 3^0 = 3$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$10^5 \cdot 10^3 = 10^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$2^6 : 2^2 = 2^4$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$10^{-5} = 1/10^5$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Eine Person erhält 512 DM für 38 Stunden Arbeit. Wie groß ist der Stundenlohn ?
16. Ein Auto fährt 5 Stunden lang mit einer konstanten Geschwindigkeit von 75 km in der Stunde.
  - a) Stellen Sie die Werte aus der Tabelle in einem Diagramm graphisch dar.
  - b) Wie kann man aus dem Diagramm (ohne die Wertetabelle zu kennen) die Durchschnittsgeschwindigkeit erkennen?
  - c) Können Sie die Funktionsgleichung angeben?  

h	1	2	3	4
km	75	150	225	300
17. Eine chemische Verbindung A mit einer Molmasse von 120 g enthält 10 g Schwefel. Eine andere Verbindung B hat eine Molmasse von 180 g und enthält 17,5 g Schwefel. In welcher Verbindung ist der Anteil an Schwefel relativ zur Molmasse größer?
18. Geben Sie bitte die Lösungen an.
 

Aufgabe	Lösung
a) $a \cdot b = 10 \cdot 16$ $a = b$ $a = ?$	
b) $1/100 + 1/10 = ?$	
c) $10 \cdot 2 + 10 \cdot 1 = ?$	
d) $\log 105 = ?$	
e) 6 % von 600 = ?	
19. Können Sie die Funktionsgleichung der Geraden angeben? ( $y = ax + b$ )
20. Vervollständigen Sie die folgende Wertetabelle und formulieren Sie die Funktionsgleichung.
 

x	3	9	21	27
y	1	3		
21. Ein Mol einer Verbindung sind 60 g. Wieviel g entsprechen 0,2 Mol?