

# **Einflüsse von Alltagsorientierung und Schülerexperimenten auf den Erfolg von Chemieunterricht**

Empirische Untersuchungen zur Entwicklung von Interessen und Einstellungen bei  
Schülern und Schülerinnen mit Vorschlägen für alltagsorientierte Unterrichtseinheiten

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
des Doktors in den Erziehungswissenschaften  
an der Westfälischen Wilhelms-Universität  
Münster  
Fachbereich 12  
Didaktik der Chemie

vorgelegt von  
**JÖRG WANJEK**  
aus Arnstadt

1. Gutachter: Prof. Dr. Hans-Dieter Barke  
2. Gutachter: Dr. Bernd Friese  
Tag der mündlichen Prüfung: 22.08.2001

Münster 2000

## **Danke**

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Hans-Dieter Barke, der mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit anzufertigen, für die produktive Zusammenarbeit und die wertvollen Hinweise, die zum Gelingen der Arbeit beitrugen.

Besonderer Dank gilt den Lehrkräften, Schülern und Schülerinnen, die an den Untersuchungen beteiligten Schulen. Nur durch ihre interessierte und freundliche Mitarbeit wurde die Erhebung der Daten ermöglicht.

Den Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Didaktik der Chemie danke ich für die angenehme Atmosphäre und die Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit. Insbesondere danke ich Frau Dr. Ulrike Limke für die zahlreichen Anregungen. Den Laborantinnen danke ich für die Unterstützung bei der Vorbereitung der Experimente.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN</b>	<b>3</b>
2.1. ALLTAG UND CHEMIE	3
2.1.1. <i>Alltagsorientierung ist mehr als Alltagsbezug</i>	4
2.1.2. <i>Unterscheidung Alltagschemikalien und Laborchemikalien</i>	5
2.1.3. <i>Zum Problem „Alltagschemikalien“</i>	5
2.2. INTERESSE	6
2.2.1. <i>Individuelles Interesse</i>	7
2.2.2. <i>Situationales Interesse</i>	7
2.3. EINSTELLUNG	9
2.3.1. <i>Einstellung als mehrdimensionales Konzept</i>	10
2.3.2. <i>Einstellung als Eindimensionales Konzept</i>	10
2.3.3. <i>Für die Untersuchung zugrunde liegende Einstellungsdefinition</i>	11
2.3.4. <i>Zusammenhang zwischen Einstellung und Interesse</i>	11
<b>3. STAND DER FORSCHUNG</b>	<b>13</b>
3.1. EINSTELLUNG ZUM CHEMIEUNTERRICHT	13
3.2. MÄDCHEN UND CHEMIEUNTERRICHT	14
3.3. ZUR BEDEUTUNG VON MOTIVATION UND INTERESSE FÜR DEN UNTERRICHT	16
3.4. ALLTAGSBEZÜGE FÜR CHEMIEUNTERRICHT	17
3.4.1. <i>Alltagsorientierter Chemieunterricht</i>	19
3.4.2. <i>Praxisorientierter Chemieunterricht</i>	20
3.4.3. <i>Chemie im Kontext</i>	21
3.5. LERNEN AUS KOGNITIONSPSYCHOLOGISCHER SICHT	22
3.5.1. <i>Zur Änderung Kognitiver Strukturen</i>	22
3.5.1. <i>Anwendung von Wissen</i>	24
3.6. SCHÜLEREXPERIMENTE IM CHEMIEUNTERRICHT	25
3.7. FOLGERUNGEN FÜR DIE UNTERSUCHUNGEN	26
<b>4. PLANUNG DER UNTERSUCHUNG</b>	<b>29</b>
4.1. HYPOTHESEN UND FRAGESTELLUNGEN	29
4.2. UNTERSUCHUNGSDESIGN	30
4.3. FRAGEBOGENKONSTRUKTION	31
4.3.1. <i>Ziel der Fragebögen</i>	31
4.3.2. <i>Inhalt der Fragebögen</i>	32
4.3.2.1. <i>Allgemeiner Interessenfragebogen zum Chemieunterricht</i>	32
4.3.2.2. <i>Fragebogen nach der Unterrichtseinheit "Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt"</i>	32
4.3.3. <i>Form des Fragebogens</i>	33
4.3.3.1. <i>Gebundene Antwortformate</i>	33
4.3.3.2. <i>Itemsammlung und Item-Revision</i>	34

<b>5.</b>	<b>ALLTAGSORIENTIERTE UNTERRICHTSEINHEIT „SÄUREN UND BASEN IN HAUSHALT UND UMWELT“</b>	<b>36</b>
5.1.	PLANUNG DER UNTERRICHTSEINHEIT	36
5.2.	DIDAKTISCH-METHODISCHE ÜBERLEGUNGEN ZUR UNTERRICHTSEINHEIT	36
5.2.1.	<i>Überlegungen zum Säure-Base-Konzept</i>	37
5.2.2.	<i>Begriffsdiskussion</i>	41
5.2.2.	<i>In der Unterrichtseinheit eingesetzte Alltagsbezüge</i>	42
5.3.	BESCHREIBUNG DER UNTERRICHTSEINHEIT “SÄUREN UND BASEN IN HAUSHALT UND UMWELT”	44
5.3.1.	<i>1. Teil: Einstieg „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“</i>	44
5.3.1.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	44
5.3.1.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	45
5.3.1.3.	Versuch 1: Untersuchung der Haushaltschemikalien	46
5.3.1.4.	Ablauf des Unterrichts	47
5.3.2.	<i>2. Teil: Säure- und Base-Lösungen enthalten Ionen</i>	48
5.3.2.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	48
5.3.2.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	48
5.3.2.3.	Versuch 2: Überprüfung der Produkte auf Leitfähigkeit	49
5.3.2.4.	Ablauf des Unterrichts	50
5.3.3.	<i>3. Teil: Der pH-Wert</i>	51
5.3.3.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	51
5.3.3.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	51
5.3.3.3.	Versuch 3: Der pH-Wert der Haushaltschemikalien	53
5.3.3.4.	Ablauf der Stunde	53
5.3.4.	<i>4. Teil: Verwendung der sauren Reiniger</i>	54
5.3.4.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	54
5.3.4.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	55
5.3.4.3.	Versuch 4: Entfernung von Kalk	55
5.3.4.4.	Versuch 5: Unerwünschte Reaktionen der sauren Reiniger	56
5.3.4.5.	Ablauf der Stunde	58
5.3.5.	<i>5. Teil: Abflusbreiniger und Fettlöser</i>	59
5.3.5.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	59
5.3.5.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	60
5.3.5.3.	Versuch 6: Reinigungsmittel, die Basen enthalten	60
5.3.5.4.	Ablauf der Stunde	61
5.3.6.	<i>6. Teil: Säuren und Laugen in der Umwelt</i>	63
5.3.6.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	63
5.3.6.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	64
5.3.6.3.	Versuch 7: Wie entsteht „Saurer Regen“?	65
5.3.6.4.	Versuch 8: Der „Blitzzement“	66
5.3.6.5.	Ablauf der Stunde	67
5.3.7.	<i>7. Teil: Neutralisation</i>	69
5.3.7.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	69
5.3.7.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	69
5.3.7.3.	Versuch 9: Reaktion von Säuren mit Laugen	70
5.3.7.4.	Ablauf der Stunde	72
5.3.8.	<i>8. Teil: Konzentration und Titration von Säuren und Laugen</i>	72
5.3.8.1.	Intentionen und Ziele der Stunde	72
5.3.8.2.	Tafelbild/Arbeitsblatt	73
5.3.8.3.	Versuch 10: Bestimmung der Konzentration der Akkusäure	74
5.3.8.4.	Ablauf der Stunde	75
<b>6.</b>	<b>DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNG</b>	<b>77</b>
6.1.	DURCHFÜHRUNG	77
6.2.	STICHPROBEN	77
6.3.	METHODEN ZUR STATISTISCHEN AUSWERTUNG	78

<b>7.</b>	<b>ERGEBNISSE DER VORUNTERSUCHUNG ZUM INTERESSE DER JUGENDLICHEN AM CHEMIEUNTERRICHT</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>ERGEBNISSE DER HAUPTUNTERSUCHUNG</b>	<b>88</b>
8.1.	WESTFÄLISCHE GESAMTSCHULE	89
8.1.1.	<i>Fragebogen vor der Unterrichtseinheit</i>	89
8.1.2.	<i>Fragebogen nach der Unterrichtseinheit</i>	94
8.2.	THÜRINGER GYMNASIUM	99
14.2.1.	<i>Fragebogen vor der Unterrichtseinheit</i>	100
14.2.2.	<i>Fragebogen nach der Unterrichtseinheit</i>	105
<b>9.</b>	<b>DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</b>	<b>111</b>
9.1.	ALLGEMEINE INTERESSENBEFRAGUNG	111
9.2.	BEFRAGUNG NACH DER UNTERRICHTSEINHEIT	113
9.3.	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	114
<b>10.</b>	<b>DAS SCHWIMMBAD – EIN THEMA FÜR DEN CHEMIEUNTERRICHT</b>	<b>115</b>
10.1.	DIDAKTISCHE VORÜBERLEGUNGEN	117
10.1.1.	<i>Pädagogische Funktion der Unterrichtseinheit „Das Schwimmbad“</i>	117
10.1.2.	<i>Lernvoraussetzungen</i>	121
10.1.3.	<i>Methoden</i>	122
10.1.4.	<i>Experimente</i>	123
10.1.5.	<i>Medien</i>	123
10.2.	DIE „CHEMIE“ IM SCHWIMMBAD	123
10.3.	FACHLICHE GRUNDLAGEN DER WASSERAUFBEREITUNG	124
10.3.1.	<i>Desinfektion</i>	124
10.3.2.	<i>Desinfektionsmittel</i>	126
10.3.3.	<i>Zusammenfassung der Desinfektionswirkung</i>	130
10.3.4.	<i>Desinfektionsmittel ohne Chlor</i>	133
10.3.4.1.	Ozon	133
10.3.4.2.	Alternative Produkte für den privaten Pool	135
10.3.5.	<i>Das „aktive“ oder „wirksame“ Chlor</i>	135
10.3.6.	<i>Unerwünschte Reaktionen der verwendeten Chlorprodukte</i>	136
10.3.7.	<i>Freies Chlor und gebundenes Chlor</i>	137
10.3.8.	<i>Die Bestimmung des Chlorgehaltes und des pH-Wertes</i>	138
10.3.9.	<i>Gefahren beim Chloreinsatz</i>	138
10.4.	DER pH-WERT DES SCHWIMMBECKENWASSERS	139
10.5.	DIE WASSERHÄRTE	140
10.5.1.	<i>Die Carbonathärte</i>	141
10.5.2.	<i>Die Nichtcarbonathärte</i>	142
10.5.3.	<i>Die Gesamthärte</i>	142
10.5.4.	<i>Weiches Wasser</i>	142
10.5.5.	<i>Hartes Wasser</i>	142
10.6.	FILTRATION	143
10.6.1.	<i>Schmutzteilchen</i>	143
10.6.1.1.	Grobdisperse Teilchen	143

---

10.6.1.2.	Kolloide	144
10.6.1.3.	Echt gelöste Teilchen	144
10.6.2.	<i>Der Sandfilter</i>	145
10.6.3.	<i>Flockungsmittel</i>	145
10.6.4.	<i>Die pH-Abhängigkeit der Flockungsmittel</i>	148
10.6.4.1.	Zu niedriger pH-Wert	148
10.6.4.2.	Zu hoher pH-Wert	148
10.7.	ALGENVERNICHTUNG	148
10.8.	VORSCHLAG FÜR EINE UNTERRICHTSEINHEIT ZUM THEMA „DAS SCHWIMMBAD“	149
10.8.1.	<i>Einstiege</i>	149
10.8.2.	<i>Besichtigung eines Schwimmbades mit seiner Wasseraufbereitungstechnik</i>	152
10.8.3.	<i>Desinfektion</i>	152
10.8.3.1.	Verwendung von Chlorgas	154
10.8.3.2.	Verwendung von Calciumhypochlorit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) und Natriumhypochlorit-Lösung ( $\text{NaClO}$ )	156
10.8.3.3.	Verwendung von Trichlorisocyanursäure, Natriumdichlorisocyanursäure und Natrumdichlorisocyanursäure-Dihydrat	158
10.8.4.	<i>Der pH-Wert und die Wasserhärte</i>	158
10.8.5.	<i>Was verursacht die Augenreizungen und den „typischen Schwimmbadgeruch“?</i>	160
10.8.6.	<i>Die Messung des Chlorgehaltes im Schwimmbecken</i>	161
10.8.7.	<i>Das „aktive“ oder „wirksame“ Chlor</i>	162
10.8.8.	<i>Die Filtration</i>	162
10.8.9.	<i>Flockungsmittel</i>	163
10.8.10.	<i>Algenvernichtung</i>	164
10.8.11.	<i>Versuche zum Thema – Das Schwimmbad</i>	164
10.8.12.	<i>Internetadressen zum Thema „Das Schwimmbad“</i>	178
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>		<b>181</b>
<b>ANHANG</b>		<b>190</b>

## 1. Einleitung

Chemie gehört bei den Schülern und Schülerinnen nicht gerade zu den beliebten Unterrichtsfächern. Das zeigen auch Untersuchungen zum Wahlverhalten von Jugendlichen für Grund- und Leistungskurse (ROEDER & GRUEHN 1996). Chemie nimmt hier unter den im Gymnasium üblichen Fächern nur einen hinteren Rangplatz ein. Schülerinnen und Schüler wählen in vielen Fällen Chemie ab.

ROEDER & GRUEHN (1996) zeigen, dass das wichtigste Motiv für das Wahlverhalten der Jugendlichen das Interesse an den einzelnen Fächern ist. Dieser Gedanke führt zu dem Schluss, dass Jugendliche im Vergleich zu anderen Fächern kein sehr großes Interesse am Chemieunterricht haben. Auch weitere Autoren kommen zu dieser Erkenntnis (z.B. BECKER 1978/1983/1984). Für ihn ist außerdem die Abnahme der Fachbeliebtheit mit dem Alter der Schüler bemerkenswert. Er stellt fest, dass durch den „Neuigkeitseffekt“ besonders bei den Schülern und Schülerinnen in der Orientierungsstufe eine positive Einstellung zum Chemieunterricht besteht. Diese positive Einschätzung nimmt allerdings im Laufe der Schulzeit immer mehr ab. So kann man davon ausgehen, dass die Ursachen im eigentlichen Chemieunterricht liegen.

Was sind nun aber die Gründe für die Abkehr der Schüler und besonders der Schülerinnen vom Chemieunterricht? Ein häufig durch Jugendliche genannter Mangel am derzeitigen Chemieunterricht ist die fehlende Nähe zum Alltag und zur Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen (BARKE 1987). In vielen Lehrplänen und Publikationen wird deshalb der Ruf nach einer stärkeren Ausrichtung des Chemieunterrichts an der Lebenswelt der Jugendlichen immer lauter. Viele Autoren berücksichtigen diesen Sachverhalt, indem sie Projekte und Unterrichtssequenzen vorstellen, die sich mit Erscheinungen aus der Lebenswelt der Jugendlichen beschäftigen. Der größte Teil der Vorschläge benötigt allerdings fachliche Grundlagen, die zur Erklärung der Alltagserscheinungen notwendig sind. Aber gerade im Bereich der Sekundarstufe I wenden sich viele Jugendliche von der Chemie ab. Um so wichtiger scheint es, dass die fachlichen Grundlagen anhand von Themen, die einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen darstellen, erarbeitet werden.

Jedoch stellt sich dabei die Frage: Lässt sich durch die Erarbeitung fachlicher Grundlagen, ausgehend von Themen aus der Lebenswelt der Jugendlichen, die Einstellung der Schüler und Schülerinnen zu ihrem Chemieunterricht wirklich verbessern? Viele Befra-

gungen von Jugendlichen deuten darauf hin. Die Jugendlichen wünschen sich einen stärkeren Alltagsbezug im Chemieunterricht. Allerdings gibt es in der Chemie wenig empirische Untersuchungen darüber, welchen Einfluss ein solcher Unterricht auf die Entwicklung von Interessen und Einstellungen bei den Jugendlichen hat. BADER (1986) fand nach einer anwendungsbezogenen Unterrichtseinheit „Kunststoffe und ihr Recycling“ eine erhebliche Verbesserung der Einstellung zum Chemieunterricht bei den untersuchten Probanden. Er berücksichtigte in der Untersuchung aber nicht den Einfluss der Schülerexperimente auf die Verbesserung der Einstellung. Dieser Aspekt soll in der folgenden Arbeit zusätzlich untersucht werden.

In verschiedenen neunten Klassen wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ unterrichtet. Dabei ging es um die Vermittlung der im Lehrplan geforderten fachlichen Qualifikationen mit Hilfe von Produkten und Erscheinungen, die im Alltag der Jugendlichen eine Rolle spielen. Die erhaltenen empirischen Daten sollen Aufschluss darüber geben, inwieweit dieser alltagsorientierte Chemieunterricht in der Lage ist, das Interesse am Chemieunterricht zu verbessern. Ein Vergleich zwischen Jungen und Mädchen soll zeigen, ob geschlechtsspezifische Unterschiede vorliegen.

In der am Alltag der Jungen und Mädchen orientierten Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ sollen die Erkenntnisse mit Hilfe von Schülerexperimenten gewonnen werden. Aus vorangegangenen Untersuchungen (Weltner & Warnkross 1974) ist bekannt, dass die Schülerexperimente bei den Jugendlichen einen hohen Stellenwert haben. Aus diesem Grund ist der Einfluss der Experimente empirisch zu untersuchen, um Aussagen zu treffen, ob das Interesse für die Unterrichtseinheit auf den Verknüpfungen zur Lebenswelt oder den Schülerexperimenten beruht.

Im zweiten Teil der Arbeit wird eine Unterrichtseinheit vorgeschlagen, bei der die Erkenntnisse aus der Untersuchungsunterrichtseinheit in einem weiteren lebensweltlichen Zusammenhang gefestigt, erweitert und verknüpft werden können. Ein Rahmenthema, welches diese Anforderungen erfüllt, ist „Das Schwimmbad“. Es wurde bei den in der Untersuchung durchgeführten Befragungen von den Jugendlichen als weiterer Themenwunsch angegeben. Da jeder Jugendliche Schwimmbäder kennt, können sich interessante Fragestellungen für den Chemieunterricht ergeben.

## **2. Begriffsbestimmungen**

In der Umgangssprache werden die Wörter Interesse, Einstellung und Alltag in einem weiten Kontext verwendet. So spricht man von „Interesse“ im Zusammenhang mit Vorliebe, Neigung, Teilnahme und Aufmerksamkeit, welche nach verbreiteter Meinung Voraussetzung sind, um sich mit einer Sache freiwillig und lustvoll zu beschäftigen.

Im folgenden Kapitel wird geklärt, welche Bedeutungen den Begriffen in dieser Arbeit zukommt.

### **2.1. Alltag und Chemie**

In diesem Abschnitt ist zu klären, wann man vom Alltag oder der Lebenswelt der Jugendlichen sprechen kann. LINDEMANN & BRINKMANN (1994) formulieren: „Alltag ist die gesamte dingliche und geistige Welt im Ablauf eines Tages“. Auch Schülerinnen und Schüler kommen täglich mit sehr vielen Produkten und Phänomenen in Berührung, sei es zu Hause, in der Schule, beim Spielen, beim Hobby oder in der Natur. Viele Produkte nutzen die Jugendlichen, ohne sich Gedanken über diese zu machen oder sie bewusst wahr zu nehmen. Trotzdem bilden sie eine Beziehung, negativ oder positiv, zu diesen Produkten aus. Außerdem erwerben die Jugendlichen Erfahrungen beim Umgang mit den Erzeugnissen und Erscheinungen.

In einem alltagsorientierten Chemieunterricht sollen die Produkte und Phänomene Ausgangspunkt des Unterrichts sein, mit denen die Jugendlichen direkt oder auch indirekt konfrontiert werden. Direkt haben die Jugendlichen mit verschiedenen Lebensmitteln und kosmetischen Produkten Kontakt. Indirekten Kontakt haben die meisten Heranwachsenden u.a. mit Reinigungsmitteln oder Kraftstoffen. Diese Produkte nutzen die Jugendlichen im allgemeinen (noch) nicht, kennen sie aber aus Haushalt, Supermarktregal oder Werbung.

### 2.1.1. Alltagsorientierung ist mehr als Alltagsbezug

In der Literatur findet man, wenn es um die Einbringung des Alltags in den Chemieunterricht geht, die Bezeichnungen „alltagsbezogener“ Chemieunterricht und „alltagsorientierter“ Chemieunterricht. Es ist nun zu klären, wann von alltagsorientiertem Unterricht und wann von Alltagsbezügen im Unterricht gesprochen wird.

JUST (1997) sieht folgende Unterschiede zwischen Alltagsbezügen im Unterricht und Alltagsorientierung des Unterrichts: „Während Chemieunterricht auch mit Alltagsbezügen nach der Logik des Fachs ausgerichtet ist und an geeigneten Stellen gelungen Alltagsbezüge aufgreift, richtet sich die Struktur bei alltagsorientiertem Chemieunterricht vornehmlich nach den Notwendigkeiten, die ein Alltagsthema bedingt. Unter anderem Blickwinkel bedeutet das: Lernen chemischer Zusammenhänge muss weitgehend im funktionalen (Sinn!-) Zusammenhang geschehen! So müssen viele Inhaltselemente und Zusammenhänge im Chemieunterricht akzeptiert werden, die zum erheblichen Teil chemiefremd sind. Darüber hinaus gelten weitere Anforderungen:

- Innerhalb von alltagsbezogenen Lernabschnitten muss sich die konkrete Auswahl und Anordnung von geeigneten, chemisch geprägten Inhaltselementen und Hintergrundkenntnissen jeweils nach einem inhaltlichen lebensweltlichen Zusammenhang richten („roter Faden“).
- Die gewonnenen chemischen Kenntnisse müssen in der Folge aufgegriffen und vertieft werden.
- Es ist notwendig, dass das Lernen mit eigener Erfahrung verbunden ist.“

Für CHRISTEN (1997) ist die Alltags- und Umweltchemie keine Alternative zur Fachsystematik. Als Gründe nennt er: „Gerade Themen wie Luft und Wasser erfordern unbedingt gewisse Voraussetzungen, und es ist mir aus diesem Grund unverständlich, wie z.B. die Abwasserklärung oder die Luftverschmutzung ohne den Begriff ‚Oxidation‘, ohne ‚Formeln‘ und ohne jede Kenntnis organischer Stoffe behandelt werden soll, wie es der Lehrplan eines Bundeslandes verlangt.“

Nach JUST (1997) ist demnach alltagsorientierter Chemieunterricht von Klasse 8 an durchgehend am Alltag der Jugendlichen zu orientieren. Aber auch er stellt zu Recht die Frage, ob ein solcher Unterricht stringent durchzuhalten ist.

In der vorliegenden Arbeit werden geeignete Unterrichtseinheiten *alltagsorientiert* eingesetzt. Es handelt sich hierbei um Unterrichtseinheiten, die sich aus der Lehrplanstruk-

tur des Faches ergeben und alltagsorientiert unterrichtet werden: dem Unterricht liegen Produkte und Erscheinungen aus dem Alltag der Jugendlichen zugrunde, an denen die chemischen Zusammenhänge zu erarbeiten sind. Ein *alltagsbezogener Unterricht* würde dagegen von den fachlichen Inhalten ausgehen und lediglich einzelne Verknüpfungen zum Alltag der Schülerinnen und Schüler herstellen.

### **2.1.2. Unterscheidung Alltagschemikalien und Laborchemikalien**

Unter Alltagschemikalien sind im folgenden Produkte zu verstehen, die die Jugendlichen aus ihrer Lebenswelt oder ihrem Alltag kennen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Jugendlichen direkten oder indirekten Kontakt mit diesen Produkten haben.

Dagegen bezeichnet man als Laborchemikalien die Chemikalien, die der Chemiker einsetzt und die im Chemikalienhandel zu erwerben sind. Diese Chemikalien sind den Jugendlichen normalerweise nicht vertraut.

### **2.1.3. Zum Problem „Alltagschemikalien“**

Alltagschemikalien sind im allgemeinen komplexe Stoffgemische. Diese Komplexität entsteht, weil z.B. bei Reinigungsmitteln oder kosmetischen Produkten mehrere Stoffe gemischt vorliegen, um optimale Ergebnisse bei deren Anwendung zu erreichen. Aber auch an diesen Erzeugnissen lassen sich chemische Erkenntnisse erarbeiten, indem nur der interessierende Stoff betrachtet und dessen Wirkungen untersucht werden. So kann man z.B. mit einem sauren Reiniger die Wirkungen und Eigenschaften von Säuren untersuchen. Die Tenside und anderen Hilfsstoffe werden in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt und bei Bedarf an anderer Stelle thematisiert. Dabei sollen die erworbenen Erkenntnisse den Jugendlichen helfen, das Produkt in seiner Wirkung und seinen Einsatzmöglichkeiten besser zu verstehen. Ist es nicht möglich, bestimmte Untersuchungen mit der Alltagschemikalie durchzuführen, weil andere Inhaltsstoffe stören, so kann man den benötigten Stoff auch als Laborchemikalie vorstellen und verwenden. Wichtig ist hierbei, dass der Bezug zur verwendeten Haushaltschemikalie erhalten

bleibt und die Schülerinnen und Schüler erkennen, warum in dieser Situation die Laborchemikalie eingesetzt wird.

## 2.2. Interesse

„Bei jedem sich erweiternden Kontakt mit der Umwelt, in die der Mensch eintritt, stößt er auf immer neue Gegenstände und Seiten der Wirklichkeit. Sie treten in irgendeine Beziehung zu ihm und er zu ihnen. Wenn durch irgendwelche Umstände etwas eine gewisse Bedeutung für den Menschen erlangt, so kann das sein Interesse, das heißt eine spezifische Gerichtetheit der Persönlichkeit, hervorrufen.“ (RUBINSTEIN 1959)

Der spezifische Charakter des Interesses, der es von den anderen Tendenzen der Persönlichkeit unterscheidet, besteht nach RUBINSTEIN (1959) in der Konzentration der Gedanken und Absichten der Persönlichkeit auf einen bestimmten Gegenstand. Dadurch wird ein Streben hervorgerufen, den Gegenstand näher kennen zu lernen, tiefer in ihn einzudringen und ihn nicht aus dem Gesichtskreis zu verlieren. Das Interesse ist eine Tendenz oder Gerichtetheit der Persönlichkeit, die in der Konzentration ihrer Absichten auf einen bestimmten Gegenstand besteht.

RUBINSTEIN (1959) unterscheidet ein unmittelbares und ein mittelbares Interesse. Dabei spricht man von unmittelbarem Interesse, wenn etwa ein Schüler am Lernen, am Lehrgegenstand Interesse findet, wenn ihn das Streben nach Wissen leitet. Ein mittelbares Interesse liegt dann vor, wenn das Interesse nicht auf das Wissen als solches gerichtet ist, sondern auf irgend etwas mit ihm Verbundenes, beispielsweise auf die beruflichen Vorteile, die ein mit diesbezüglichem Wissen erworbener Bildungsgrad bieten kann.

In der aktuellen Diskussion lassen sich zwei Forschungslinien unterscheiden, die den Interessenbegriff in unterschiedlicher Konzeptualisierung verwenden (KRAPP 1992). Vertreter des ersten Ansatzes betrachten Interesse als persönlichkeitspezifisches Merkmal des Lerners, z.B. als relativ stabile Präferenz für einen bestimmten Lerngegenstand. Vertreter der zweiten Richtung sehen im Interesse dagegen einen einmaligen, situationspezifischen, motivationalen Zustand, der aus den besonderen Anreizbedingungen einer Lernsituation (Interessantheit) resultiert. HIDI & BAIRD (1988) vereinen

beide Ansätze und unterscheiden zum einen individuelles oder persönliches Interesse, und zum anderen situationales Interesse oder Interessantheit.

### 2.2.1. Individuelles Interesse

Nach KRAPP (1992) wird das individuelle oder persönliche Interesse in der Regel als motivationale Disposition interpretiert, z.B. als persönlichkeitspezifische Vorliebe für ein bestimmtes Wissens- oder Handlungsgebiet. Die einzelnen interessenorientierten Handlungen gelten als aktuelle Realisierungen einer generellen Persönlichkeitseigenschaft oder einer generellen Einstellung gegenüber einem Objektbereich. Sie beeinflussen das Handeln insbesondere in solchen Situationen, in denen das Individuum über seine Zeit frei verfügen kann. Auf der Grundlage handlungstheoretischer Rahmenvorstellungen geht die Person-Gegenstands-Theorie des Interesses davon aus, daß sich im Laufe der Entwicklung bestimmte Vorlieben für Handlungs- oder Wissensbereiche herausbilden. Das Interesse äußert sich u.a. in der Tendenz, sich wiederholt, freudvoll und ohne äußere Veranlassung mit einem realen oder symbolisch vermittelten Interessengegenstand auseinanderzusetzen. Auf diese Weise erwirbt das Individuum eine sich zunehmend ausdifferenzierende Wissensstruktur über diesen Gegenstand (deklaratives Wissen). Interessen haben eine herausgehobene **subjektive Bedeutung**. Sie sind im individuellen Wertesystem verankert und bilden einen wesentlichen Teil des Selbstkonzepts.

### 2.2.2. Situationales Interesse

Nach KRAPP (1992) ist situationales Interesse oder Interessantheit nicht vom Vorhandensein einer dispositionalen Präferenz für einen bestimmten Gegenstand abhängig. Interessantheit als objektivierbarer Sachverhalt einer Situation oder eines Lerngegenstandes bewirkt auf Seiten des Individuums einen Zustand der intensivierten Zuwendung. Darüber hinaus steht situationales Interesse häufig am Anfang einer längerfristigen Entwicklung, aus der individuelle Interessen hervorgehen können.

Die Darstellungen von KRAPP (1992) erfahren von U. SCHIEFELE (1996) noch eine weitere Ergänzung. Diese betrifft die Tatsache, dass situative Merkmale sowohl handlungsvorauslaufend als auch handlungsbegleitend wirksam werden können. Treten sie vor einer Handlung auf (z.B. wenn der Lehrer die Schüler vor ein Problem stellt, um ihr Interesse an einem bestimmten Thema zu wecken), dann entsteht zunächst eine „intrinsische Motivation“, sich mit dem jeweiligen Gegenstand auseinanderzusetzen, bevor dann im Handlungsverlauf das als situationales Interesse bezeichnete Erleben auftritt. Wenn jedoch interessen auslösende situative Merkmale erst während der Handlung auftreten (z.B. wenn ein Schüler bei der Prüfungsvorbereitung auf eine sehr spannende Textpassage stößt), dann führen diese Merkmale ohne motivationale Zwischenprozesse, aber vermittelt über die kognitive Einschätzung ihrer Interessanztheit, zu situationalem Interesse.

U. SCHIEFELE (1996) schreibt dem Interesse ein weiteres wesentliches Merkmal zu. Dieses Merkmal ist sein intrinsischer Charakter. Er unterscheidet „gefühlbezogene intrinsische Valenzüberzeugungen“ und „wertbezogene intrinsische Valenzüberzeugungen“. Dabei sind gefühlbezogene intrinsische Valenzüberzeugungen im Gedächtnis gespeicherte Verknüpfungen eines Gegenstands bzw. der auf ihn bezogenen Handlungen mit positiven Gefühlen, die nicht auf die Beziehung des Gegenstands zu anderen Sachverhalten zurückzuführen sind. Wertbezogene intrinsische Valenzüberzeugungen sind im Gedächtnis gespeicherte Zuschreibungen im Sinne persönlicher Bedeutsamkeit zu einem Gegenstand, die auch nicht auf die Beziehung des Gegenstands zu anderen Sachverhalten zurückgeführt werden können.

U. SCHIEFELE (1996) unterscheidet beim Interesse die Dimensionen Intensität, Spezifität, Stabilität, Erfahrung, Modalität und Universalität. (1) *Intensität*: Interessen können hinsichtlich ihrer Stärke variieren. (2) *Spezifität*: Interessen können mehr oder weniger generell bzw. spezifisch sein, d.h. Interesse kann sich auf sehr spezifische Gegenstände oder aber auf umfassendere Bereiche beziehen. (3) *Stabilität*: Interessen können mehr oder weniger zeitlich überdauernd sein. (4) *Erfahrung*: Interessen können auf unterschiedlich starkem Ausmaß an direkter Erfahrung (im Sinne handelnder Auseinandersetzung) mit dem Interessengegenstand beruhen. Es ist auch möglich, dass noch gar keine direkte Erfahrung vorliegt. (5) *Modalität*: Wie bereits angesprochen, können Interessen mehr oder weniger gefühlbezogen oder wertbezogen akzentuiert sein. (6) *Uni-*

*versalität*: Interessen können auf einem Kontinuum von „universell“ bis „relativ“ eingeordnet werden. Universelle Interessen sind solche, die allen Menschen zu eigen sind, während relative Interessen eine geringere Verbreitung haben.

### **2.3. Einstellung**

„Der Begriff der Einstellung ist uns allen aus dem alltäglichen Sprachgebrauch geläufig; wir verstehen intuitiv, was gemeint ist, wenn z.B. von jemandem gesagt wird, er habe eine altmodische Einstellung. Mit diesem intuitiven Sprachverständnis hat man sich in der sozialwissenschaftlichen Forschung jedoch nicht zufrieden geben können ...“ (MEINEFELD 1977)

In der Literatur wird der Begriff Einstellung vielfältig definiert. U. SCHIEFELE (1990) gibt einen Überblick über die verschiedenen Einstellungskonzepte. Nach ihm hat sich, trotz der langen Geschichte des Einstellungsbegriffs keine einheitliche und allgemein anerkannte Definition herausgebildet.

HERKNER (1991) versteht im Allgemeinen unter der Einstellung einer Person zu einem Objekt ihre (subjektive) Bewertung des Objekts. Als Einstellungsobjekte kommen Reize (eine Farbe, ein Musikstück, eine bestimmte Person), Verhaltensweisen (Rauchen, eine Rede halten, Ausüben politischer Aktivitäten, Kauf eines Autos) und Begriffe bzw. Begriffssysteme in Frage (Popmusik, Ideologien, religiöse und ethische Standpunkte usw.).

Nach U. SCHIEFELE (1990) lassen sich aber zwei Grundpositionen feststellen. Die erste dieser Positionen fasst Einstellung als ein mehrdimensionales System auf. Die zweite Position begreift Einstellung als eindimensionales System und setzt sie mit der affektiven Komponente mehrdimensionaler Konzeptionen gleich.

### **2.3.1. Einstellung als mehrdimensionales Konzept**

MEINEFELD (1977) definiert Einstellung als eine erlernte latente Reaktionsbereitschaft von zeitlicher Dauer, gegenüber bestimmten Objekten oder Situationen, in der kognitiven, affektiven und konativen Dimension.

Die kognitive Komponente repräsentiert das, was man von einem Einstellungsobjekt wahrnimmt, was man als Wissen bzw. Information über das Objekt sammelt. Die Elemente dieser Komponente werden als Meinung bezeichnet.

Die affektive Komponente repräsentiert die Gefühle (z.B. „Mögen“ oder „Nichtmögen“) gegenüber dem Einstellungsobjekt bzw. seine emotionale Bewertung (z.B. „gut - schlecht“, „angenehm - unangenehm“). Die affektive Komponente wird oft als Kern einer Einstellung bezeichnet.

Die konative Komponente repräsentiert die verhaltensmäßigen Reaktionen gegenüber dem Einstellungsobjekt.

Kennzeichnend für den mehrdimensionalen Ansatz ist die Annahme einer prinzipiellen Konsistenz zwischen den verschiedenen Komponenten, sowie zwischen der gesamten Einstellung und dem offenen Verhalten, d.h. es besteht ein Zusammenhang zwischen den einzelnen Komponenten. Diese Annahme wird als Konsistenztheorem bezeichnet (MEINEFELD 1977).

ROSENBERG (1960); zit. n. U. SCHIEFELE (1990) kann zeigen, dass eine affektive Reaktionstendenz immer mit einer entsprechenden kognitiven verbunden ist. Deshalb wird diese affektiv-kognitive Konsistenztheorie auch als Zwei-Komponenten-Modell der Einstellung bezeichnet.

### **2.3.2. Einstellung als Eindimensionales Konzept**

FISHBEIN (1967); zit. n. U. SCHIEFELE (1990) verzichtet auf die Annahme einer prinzipiellen Konsistenz zwischen affektiver, kognitiver und konativer Reaktion auf ein Objekt. Diese Komponenten sind für ihn unabhängige Komponenten. Er unterscheidet vier eigenständige Kategorien: Einstellung, Meinung, Intention und Verhalten. Einstellung definiert er dabei als eindimensionales, affektives bzw. evaluatives Konzept.

### 2.3.3. Für die Untersuchung zugrunde liegende Einstellungsdefinition

Mit den geplanten Fragebögen wird nur die affektive Komponente der Einstellung erfasst, da diese Fragebögen nur die subjektive Einschätzung des Chemieunterrichts durch die Jugendlichen ermöglichen. Die kognitiven und konativen Komponenten sollen mit den eingesetzten Fragebögen nicht erfasst werden.

Das mehrdimensionale Einstellungskonzept ist durch die Konsistenz zwischen kognitiver, affektiver und konativer Dimension gekennzeichnet. Dementsprechend besteht zwischen der *subjektiven Beurteilung*, dem *Wissen* und dem *Wissen über den Unterricht* ein Zusammenhang. Es ist davon auszugehen, dass die Jugendlichen, die den Chemieunterricht positiv einschätzen auch über ein entsprechendes Wissen zur Chemie verfügen und *im Unterricht engagiert mitarbeiten und umgekehrt*. Aus den genannten Gründen wird das mehrdimensionale Einstellungskonzept für die Untersuchung zugrunde gelegt.

### 2.3.4. Zusammenhang zwischen Einstellung und Interesse

Für U. SCHIEFELE (1996) sind die Konstrukte Interesse und Einstellung nahe Verwandte, die sich jedoch gut voneinander abgrenzen lassen: „Im Unterschied zum Interesse würde man von Einstellung i.e.S. erst dann sprechen, wenn eine Person einen bestimmten Gegenstand (z.B. Umweltschutzmaßnahmen) mit positiv oder negativ bewerteten Sachverhalten verbindet (z.B. ‚Umweltschutz kostet viel Geld‘). Dabei geht es nicht um persönliche Bedeutsamkeit, sondern eher um allgemeine und überpersönliche Wertzuschreibungen. Eine positive Einstellung bedeutet daher nicht, dass die betreffende Person den Einstellungsgegenstand persönlich für bedeutsam hält oder dass der Einstellungsgegenstand bei ihr bestimmte positive Gefühle auslösen kann.“

Andere Autoren definieren Interesse und Einstellung bedeutungsgleich (TODT 1978), z.B. DIETRICH & WALTER (1970): „Interesse im weiteren Sinne, häufig bedeutungsgleich gebraucht mit Einstellung, Erwartung, Triebfeder oder Strebung, bezeichnet eine kognitive Struktur mit motivationaler Funktion ...“

Diese Definition wird von GROSSE & TODT (1972) in einer Untersuchung bestätigt. Sie finden, dass bei inhaltlich enger Beziehung zwischen Einstellungs- und Interessenitems

---

die entsprechenden Skalenwerte zwar von Bereich zu Bereich unterschiedlich, insgesamt jedoch relativ hoch miteinander korrelieren. Setzt man den Bezug auf recht spezifische Objekte voraus, kann mit einigem Recht behauptet werden, dass es sich bei Interessen und Einstellungen wohl um sehr ähnliche Konstrukte handelt.

Für KRAPP (1996) bezeichnet Interesse u.a. eine positive Einstellung gegenüber einem Lerninhalt, die Neugierhaltung in einer bestimmten Situation oder den Zustand wacher Aufmerksamkeit.

VOGT (1998) erweitert für seine Untersuchungen das Einstellungsänderungsmodell von Petty & Cacioppo (1986) durch Integration des inhaltspezifischen Motivationskonstruktes Interesse. Dabei geht er davon aus, dass situationales Interesse eine periphere Einstellungsänderung hervorrufen kann. Diese Einstellungsänderung ist vorübergehend und leicht zu ändern. Entsteht aus dem situationalen Interesse ein individuelles Interesse, so kann es zu einer zentralen, dauerhaften Einstellungsänderung kommen.

### **3. Stand der Forschung**

#### **3.1. Einstellung zum Chemieunterricht**

Bei Gesprächen mit Jugendlichen und Erwachsenen lässt sich immer wieder feststellen, dass der Chemieunterricht negativ beurteilt wird. So hört man oft Äußerungen wie: „Chemieunterricht habe ich nicht geliebt, ich war froh, dass ich dieses Fach abwählen konnte.“

Solche Meinungen werden durch verschiedene empirische Untersuchungen bestätigt. So findet BECKER (1978) in seinem Übersichtsreferat, in dem er empirische Untersuchungen zur Fächerbeliebtheit der Jahre 1905 bis 1976 auswertet, bis auf wenige Ausnahmen eine „mittelmäßige“ Beliebtheit bzw. Unbeliebtheit des Chemieunterrichts bei den Schülern und Schülerinnen. Die wenigen positiven Ausnahmen bringt er in Zusammenhang mit dem unter dem Begriff „Arbeitsunterricht“ bekannt gewordenen Reformbestrebungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Bei einer eigenen Befragung (BECKER 1983) von 1893 Jugendlichen der Sekundarstufe 1 stellt er fest, dass Chemieunterricht von den Schülern und Schülerinnen mehr abgelehnt als bevorzugt wird (12. Platz von 15 Unterrichtsfächern). Die Fachbeliebtheit nimmt mit der Dauer der Teilnahme am Chemieunterricht ab.

GARDNER (1987) stellt in seinem Übersichtswerk fest: „Viele Schüler tendieren dahin, das Interesse an Naturwissenschaften im Laufe der Zeit zu verlieren. Für viele Schüler in vielen Ländern ist Naturwissenschaft (science) ein Fach, das anfänglich gemocht, dann aber unbeliebt wird und das man später abwählt.“

SIMPSON (1987) führte bei Schülern und Schülerinnen der Klassenstufen 6 bis 10 einen Einstellungs- und Motivationstest in North Carolina durch. Er stellt fest: „Die Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften wird bei heranwachsenden Schülern dieser Population von Klassenstufe 6 bis Klassenstufe 10 immer negativer. Der stärkste Rückgang zeigt sich von Klasse 7 nach Klasse 8.“

MÜLLER-HARBICH, WENCK & BADER (1990) führten bei 2200 Realschülern einen Einstellungstest durch. Dabei ermittelten sie, dass diese Jugendlichen eine neutrale bis ablehnende Haltung gegenüber dem Chemieunterricht haben.

WEGNER & STÜBS (1992) befragten 615 Schüler und Schülerinnen nach ihrer Einstellung zum Chemieunterricht. Auch hier fällt das Ergebnis ernüchternd aus. Chemie steht auf der Liste der beliebten Fächer ganz hinten.

In seiner Untersuchung zur Beliebtheit des Chemieunterrichts in der Hauptschule stellt KLAMKE (1992) fest, dass mit zunehmenden Schulalter d.h. mit zunehmender Häufigkeit des stattgefundenen und erlebten Chemieunterrichts das Interesse nachlässt, bzw. die Ablehnung stärker wird.

GRÄBER (1992) hat entgegen landläufiger Meinung kein Absinken des Interesses mit zunehmender Schuldauer beobachtet. Insgesamt finden zwar weniger Mädchen als Jungen den Chemieunterricht interessant, aber trotzdem äußert sich in der 10. Klasse rund die Hälfte aller Befragten positiv gegenüber dem Chemieunterricht.

WOEST (1997) befragte 513 Schüler und Schülerinnen der Sekundarstufe 2 zur Einstellung zum Chemieunterricht. Das Fach Chemie wird dabei von den Jugendlichen vor Physik am schlechtesten benotet. Geschlechtsspezifische Differenzen wurden nicht festgestellt.

Nach den doch recht durchgehenden negativen Einschätzungen des Chemieunterrichts durch die Jugendlichen, stellt sich die Frage: Was sind die Gründe für diese ablehnende Haltung gegenüber dem Chemieunterricht?

In der chemiedidaktischen Literatur finden sich dazu viele Untersuchungen. GRÄBER (1992) nennt vier mögliche Gründe für die Abkehr der Jugendlichen vom Chemieunterricht: das schlechte Image von Chemie und Technik, die Schwierigkeit des Faches, die fehlende Nähe des Chemieunterrichts zur Lebenswelt der Jugendlichen und die Lehrerpersönlichkeit. Nach BECKER (1978) ist Chemieunterricht beliebt, wenn er als spannend und anschaulich erlebt wird, wenn Experimente zugrunde gelegt und wenn die Themen des Unterrichts als interessant und nicht allzu theoretisch eingestuft werden.

### **3.2. Mädchen und Chemieunterricht**

Die unterschiedlichen Einstellungen von Mädchen und Jungen zu naturwissenschaftlichen Fächern sind ein beliebter Forschungsgegenstand. Zum einen lassen sich diese Unterschiede einfach ermitteln, zum anderen zeigen die Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen, dass Unterschiede bestehen.

Die Mehrzahl der Autoren findet bei den Mädchen eine stärkere Ablehnung des Chemieunterrichts als bei den Jungen. BECKER (1978) stellt fest: „Die Ergebnisse einer neueren Erhebung (OTTE & GARBE 1976) sowie Befunde eigener Erhebungen legen eine

unterschiedliche Einstufung des Chemieunterrichts durch Jungen und Mädchen nahe. Chemieunterricht kann jedoch keinesfalls als Lieblingsfach der Jungen bezeichnet werden, vielmehr lehnen sowohl Jungen als auch Mädchen Chemieunterricht ab, Mädchen allerdings in stärkerem Maße als Jungen.“ Diese Aussage wird durch die Erhebungen von SIMPSON (1987) bestätigt. Er stellt fest: „Jungen zeigen eine signifikant positivere Einstellung gegenüber Naturwissenschaften als Mädchen. Dies gilt für alle Klassenstufen und alle Erhebungszeitpunkte.“ Auch KLAMKE (1992) kommt zu dem Ergebnis, dass die Jungen ein größeres Interesse am Chemieunterricht haben als die Mädchen.

GARDNER (1987) nennt mehrere Verallgemeinerungen: „Jungen sind ab den höheren Klassenstufen der Grundschule interessierter an Naturwissenschaften; sie neigen eher dazu, in den oberen Klassenstufen der Sekundarausbildung und im Studium naturwissenschaftliche Fächer zu belegen; sie neigen eher zu einer naturwissenschaftlich orientierten Karriere; mit viel größerer Wahrscheinlichkeit schlagen sie die akademische Laufbahn in diesen Fächern ein; der Beruf des Ingenieurs und des Technikers ist in den meisten Ländern eine fast ausschließliche männliche Domäne. Es gibt ausgeprägte Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen in den Mustern ihrer Interessen an Naturwissenschaften. Jungen sind eher an Physik und Technik interessiert, daran, wie Dinge funktionieren, an dem Erwerb praktischer Fertigkeiten und am Studium der Naturwissenschaften in Hinblick auf eine berufliche Laufbahn. Mädchen sind eher an Biologie interessiert (insbesondere Humanbiologie), an sozialwissenschaftlichen Themen, an den sozialen Konsequenzen von Naturwissenschaften und daran, Naturwissenschaften um ihrer selbst willen zu lernen anstatt aus beruflichen Gründen. Mädchen empfinden Naturwissenschaften als schwieriger; sie sind meist weniger überzeugt von ihren Fähigkeiten, in den Naturwissenschaften etwas erreichen zu können.“

Auch GRÄBER (1992) stellt bei seinen Befragungen fest, dass die Jungen die sogenannten harten, mathematisch orientierten Naturwissenschaften, die Mädchen dagegen die am Menschen und der belebten Natur orientierte Biologie und Sprachen sowie Kunst bevorzugen.

WIENEKAMP (1990) kommt zu dem Schluss, dass Mädchen im derzeitigen Chemieunterricht benachteiligt werden – sowohl durch die Chemielehrer und die Inhalte im Chemieunterricht als auch durch gesellschaftliche Beeinflussung. Sie nennt als Beispiele für die Benachteiligung der Mädchen durch die Lehrer, dass die Lehrer die Jungen öfter am Unterrichtsgeschehen beteiligen, dass sie die Jungen öfter loben und häufiger zum Weitersprechen ermuntern. Themen, die die Mädchen bevorzugen, z.B. Kosmetik und Nah-

rungsmittel, lassen sich schwerer in den Unterricht integrieren als Themen, die die Jungen bevorzugen, wie z.B. Energie, Metalle und ihre Gewinnung. Die gesellschaftliche Beeinflussung kommt nach WIENEKAMP (1990) durch die traditionellen Rollenvorstellungen bei Jungen und Mädchen zum Ausdruck. Dies zeigt sich in der Berufswahl am deutlichsten. Obwohl das Interesse der Mädchen an Chemie vorhanden ist, wirkt sich dieses Interesse nicht auf die Berufswünsche aus.

Doch wie muss naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet sein, damit er auch für Mädchen interessant ist? TODT (1987) beantwortet die Frage folgendermaßen: „Mädchen wird man kaum durch mehr Gruppenunterricht bzw. mehr Schülerexperimente motivieren können. Für sie müssen die zu behandelnden Themen offensichtlich in einem Kontext präsentiert werden, der für ihre Geschlechtsidentität annehmbar ist.“ LEHRKE (1988) formuliert dies folgendermaßen: „Mädchen können auch an Gegenständen der Physik mindestens genauso interessiert sein wie Jungen. Bei Mädchen hängt das Interesse stärker vom einzelnen Gegenstand ab.“ Für ihn ist das Interesse relativ am stärksten an Alltagsbeispielen und vor allem an anwendungsbezogenen Beispielen aus den Bereichen Medizin, Haushalt und Spiel.

### **3.3. Zur Bedeutung von Motivation und Interesse für den Unterricht**

Die Motivation gilt als Voraussetzung für jegliches Interesse am Unterricht und für jede aktive Bemühung zur Aneignung des Unterrichtsstoffs (RÖSLER 1993). Der Lernende soll somit in einen Zustand der Lernbereitschaft versetzt werden; ebenso sollen Wissbegierde und Aufmerksamkeit auf ein Höchstmaß anwachsen.

Für schulisches und akademisches Lernen ist die auf Interesse beruhende Form der intrinsischen Motivation entscheidend (KRAPP 1996). Es entspricht der alltäglichen Erfahrung, dass ein hohes Interesse eine gute Voraussetzung für das Lernen darstellt. Ein von Interesse bestimmtes Lernen wird selbstbestimmt und freudvoll erlebt; es bedarf keiner (extrinsischen) Anreize.

TODT (1985) beschreibt eine Untersuchung, bei der festgestellt wurde, dass aus der Sicht der Schüler und Schülerinnen die Interessen die wichtigsten Bedingungen ihres Lernens sind. In dieser Untersuchung an 85 Studenten und 160 Studentinnen stuften 93 % Interesse an einem Stoff bzw. Fachgebiet als sehr wichtig bzw. wichtig für das Lernen ein und wiesen damit dem Interesse den ersten Rang im Vergleich zu anderen Bedingungen zu.

Wann haben nun aber Schüler und Schülerinnen ein großes Interesse am Unterricht? TODT (1985) stellt dazu fest: „Interessiertheit im Unterricht kann wesentlich mit dem im Unterricht behandelten Thema zusammenhängen, sie kann aber auch völlig unabhängig davon vom sozial-emotionalen und vom methodischen Verhalten des Lehrers abhängen.“ Bei einer Befragung von Studenten über Bedingungen ihres Interesses am Unterricht in der Schule durch TODT ergab sich u.a. folgende typische Antwort: „Themen, die mich selbst betrafen, haben fast immer mein Interesse geweckt. ... Der Unterricht mußte lebensnah sein, übertragbar auf alltägliche Situationen.“

### **3.4. Alltagsbezüge für Chemieunterricht**

PFEIFER (1995) stellt fest: „Zeitgemäßer Chemieunterricht wird immer auch daran gemessen, inwieweit er in der Lage ist, die Distanz zwischen dem schulischen Bildungsangebot an den verschiedenen Schularten und den Anforderungen der gegenwärtigen (und zukünftigen) Lebenswelt zu verringern!“

In der chemiedidaktischen Forschung finden sich vielfältige Ansätze, die Lebenswelt der Jugendlichen in den Chemieunterricht einfließen zu lassen. Sie reichen von Vorschlägen, bestimmte Produkte oder Erscheinungen zum Gegenstand des Unterrichts zu machen, so etwa „Rotkohl-Blaukraut, ein idealer Universalindikator“ (HÄUSLER, WOROFKA 1987), „Regnet es wirklich Säure?“ (THOMAS 1991), „Die Chemie des Tintenkillers“ (MÜLLER 1994), „Fett weg mit Orangenöl?“ (GESSNER 1999) bis zu komplett alltagsorientierten Curricula (Salters (1994), ChemCom (1985)).

Bei der Verknüpfung des Chemieunterrichts mit der Lebenswelt und dem Alltag der Jugendlichen kristallisieren sich zwei Ansätze heraus. Zum einen orientiert sich der Chemieunterricht an der Systematik des Faches, und es werden nur an passenden Stel-

len Alltagsbezüge aufgegriffen (alltagsbezogener Unterricht). Beim zweiten Ansatz liegen dem Unterricht überwiegend Alltagsthemen zugrunde (alltagsorientierter Chemieunterricht). Dabei findet die Erarbeitung der fachlichen Inhalte durch die Alltagsthemen statt.

Im folgenden werden die unterschiedlichen Forschungsrichtungen vorgestellt, die Lebenswelt und Chemieunterricht verknüpfen.

Im angloamerikanischen Sprachraum gibt es seit einigen Jahren zwei Curricula, die sich nicht in erster Linie an der chemischen Fachsystematik orientieren, sondern vorrangig Themen der Alltags- und Umweltchemie zugrunde legen.

ChemCom, Chemistry in the Community (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 1985) ist ein Curriculum, das zu den Alltagsthemen jeweils fachliche Informationen liefert, wie sie benötigt werden. So kommen im ersten Thema „The Quality of our Water“ unter „Measurement and the metric system“ die Umrechnungen von inches und ounces zu üblichen Einheiten des metrischen System vor, an anderer Stelle Laboraktivitäten wie das Filtern, unter „Molecular View of Water“ Modelle des Wassermoleküls, die  $H_2O$ -Formel und weitere Element-, Verbindungs- und Reaktionssymbole. Unter „Elektrical Nature of Matter“ wird sofort danach das Dipolmoment des Wasser-Moleküls eingeführt. Diese fachlichen Informationen entbehren also – zumal sie für einen Anfangsunterricht gelten – völlig der üblichen Sachstruktur.

Salter's Advanced Chemistry teilt sich dagegen in drei Bände auf. Chemical Storylines (BURTON u.a. 1994) liefert ebenfalls die dem Unterricht zugrunde liegenden Alltags- und Umweltthemen. Darüber hinaus gibt es allerdings den zweiten Band Chemical Ideas (BURTON u.a. 1994a), der die wissenschaftlichen Ideen, also fachsystematisch aufbereitete Informationen zur Chemie in einem eigenen Fachbuch bereit hält. Ein dritter Band Activities and Assessment (BURTON u.a. 1994c) stellt Anweisungen für Laborexperimente hinsichtlich aller Themen zur Verfügung.

Im Unterricht zu den Alltagsthemen werden nun an geeigneten Stellen Querverweise, zum einen zu den fachlichen Informationen, zum anderen zu entsprechenden Experimenten gegeben. Bei diesem Vorgehen ist also gewährleistet, dass die Schüler im Band der Chemical Ideas immer auch die Informationen eingebettet in die Fachstruktur erkennen. Da es sich um den „Advanced Level“, also um fortgeschrittenen Unterricht

nach einem zweijährigen Einführungsunterricht auf dem „Ordinary Level“ handelt, sind die Zusatzinformationen für diese Schüler auch leichter zu erkennen und zu verarbeiten. Das Curriculum „ChemCom“ ist dagegen für den Anfangsunterricht im Fach Chemie konzipiert worden und gibt den Schülern und Schülerinnen keine Möglichkeiten, eine Begriffsstruktur des Faches kennen zu lernen.

### **3.4.1. Alltagsorientierter Chemieunterricht**

„Welche Unterschiede sind zwischen Alltagsbezügen im Unterricht und Alltagsorientierung des Unterrichts auszumachen?“ Diese Frage von JUST (1997) zielt auf einen Chemieunterricht, dem – wie auch für LINDEMANN (1987) – als durchgängiges Prinzip Alltags- und Umweltfragen zugrunde liegen: „Während Chemieunterricht auch mit Alltagsbezügen nach der Logik des Faches ausgerichtet ist und an geeigneten Stellen gelungen Alltagsbezüge aufgreift, richtet sich die Struktur bei alltagsorientiertem Chemieunterricht vornehmlich nach den Notwendigkeiten, die ein Alltagsthema bedingt.“ (JUST 1997)

Um zu zeigen, wie sich Alltagsorientierung und chemische Systematik ergänzen können, verknüpft JUST (1997) fachliche Konzepte mit Themen aus Alltag und Umwelt. Er schlägt vor, das Thema Stoffe und Reinstoffe, Element/Verbindung mit den Alltagsbereichen Müll, Recycling, Luft, Wasser, Abwasser, Trinkwasser, Kläranlagen, Regen usw. zu verbinden. Analog dazu macht er Vorschläge die Themen Oxidation/Verbrennung, das Säure-Base-Konzept, Makromoleküle/Faserkonzept, Ionen/Salze und Löslichkeit/Unlöslichkeit mit dem Alltag zu verknüpfen. Somit können sehr viele Bereiche aus der Lebenswelt mit chemischer Systematik klarer interpretiert werden.

Auch MÜLLER (1994) macht deutlich, dass für die Auswahl der Alltagsphänomene ein zweites Kriterium gelten soll: Wichtige chemische Prinzipien (z.B. Säure-Base-Reaktionen, Redoxvorgänge) müssen sich integrieren lassen.

JUST (1997) beschreibt sein Konzept folgendermaßen: „Unter Verzicht auf institutionelle Integration der naturwissenschaftlichen Fächer werden im Chemieunterricht chemienahе Phänomene und Fragestellungen so aufgegriffen, dass die Behandlung eine verbesserte Handlungskompetenz der Lernenden ermöglicht. Dazu müssen wichtige Aspekte der Thematik außerhalb des Faches oder der Wissenschaft Chemie gleichberechtigt

aufgegriffen werden. Im Anschluss erfolgt nach Bedarf eine chemische Vertiefung, die für die Lernenden plausibel sein muss. Das heißt dann für den einzelnen Schüler, dass er nicht für sein Interesse ‚mit Theorie bestraft‘ wird. Die so gewonnenen chemischen Kenntnisse sollen in der Regel Voraussetzungen für ein folgendes ‚Alltagsthema‘ sein und so fort. Insgesamt ergeben im Idealfall die erworbenen chemischen Kenntnisse ein schmales, doch noch tragfähiges Wissen über Grundlagen von chemischen Prozessen.“

### 3.4.2. Praxisorientierter Chemieunterricht

Praxisorientierter Chemieunterricht stellt den Mittelweg zwischen alltagsorientiertem - und fachlich orientiertem Chemieunterricht dar, da die Auswahl und Anordnung der Unterrichtsinhalte von beiden Seiten her erfolgen kann. PFEIFER (1996) charakterisiert den praxisorientierten Chemieunterricht folgendermaßen: „Praxisorientierter Chemieunterricht bleibt grundsätzlich wissenschaftsbezogener Unterricht, wirkt aber stets in die Lebenswirklichkeit zurück und gewinnt somit an Aktualität, indem er Erklärungsmuster aus der Sicht der Naturwissenschaft Chemie aufzeigt und Handlungsmöglichkeiten eröffnet. Kennzeichnend für ihn ist, dass gleichberechtigt – nicht nachgeordnet – dem fachlichen Kernbestand aus dem Basiswissen der Chemie ein erfahrungsbezogener bzw. anwendungsbezogener Kernbestand an Themenbereichen zur Seite steht, so dass Auswahl und Anordnung der Unterrichtsinhalte von beiden Seiten her möglich sind und somit eigenständige Beiträge des Faches Chemie für Bildung und Erziehung unserer Jugend wirksam werden.“

Als Beispiel für praxisorientierten Chemieunterricht stellt PFEIFER (1996) die „Chemie mit einem Bleistiftspitzer“ vor. Anhand eines Magnesiumbleistiftspitzers werden verschiedene experimentelle Fragestellungen verfolgt, wie Reaktionen an der Luft und im Wasser, die zu grundlegenden Themen des einführenden Chemieunterrichts führen:

- Oxidbildung als Beispiel einer Synthese;
- Verständnis für den Begriff „Chemische Reaktion“;
- Bestimmung der Summenformel von Magnesiumoxid;
- Bestimmung der stöchiometrischen- bzw. der Ionenwertigkeit des Magnesiums;
- Erforschung des Redox-Verhaltens mit Konsequenzen für Anwendung: unedles Metall; Passivität von Magnesium.

### 3.4.3. Chemie im Kontext

Chemie im Kontext (HUNTEMANN u.a. 1999) will ein *alternatives Gesamtkonzept* darstellen, das sich in seinen Grundzügen an den englischen *Salters Chemistry Course* anlehnt. „Es soll ein breites Feld der Schülerinnen und Schüler erreichen, zum Aufbau eines rationalen Verständnisses im Umgang mit lebensweltlichen Problemsituationen beitragen, den Beitrag der Chemie zur Allgemeinbildung aufzeigen, eigenständiges Lernen und den Umgang mit verschiedenen Methoden und neuen Medien schulen und Interesse an der Beschäftigung mit chemischen Fragestellungen anregen. Dies soll durch folgende Leitlinien erreicht werden:

1. *Kontextorientierung.* Der Chemieunterricht wird durchgehend kontextorientiert gestaltet, wobei Kontexte in dieser Konzeption (komplexe, fachübergreifend angelegte) aktuelle und lebensweltbezogene Fragestellungen sind, innerhalb derer sich die sinnstiftenden Beiträge der Wissenschaftsdisziplin Chemie einsichtig machen und Sachstrukturen erschließen lassen.
2. *Curriculare Vernetzung.* Die notwendigen fachimmanenten Inhalte und Methoden werden mehrdimensional vernetzt bereitgestellt, vertieft und erweitert; sie sind jedoch den Kontexten zugeordnet und stehen für die Schüler nicht im Vordergrund. Die Kontexte selbst sind ebenfalls horizontal und vertikal vielfach miteinander verknüpft, so dass eine allgemeine Abstraktion ausgehend von den konkreten Beispielen möglich wird.
3. *Methodenvielfalt.* Der Methodeneinsatz soll vielfältig gestaltet werden, die kreative Eigentätigkeit der Schüler ermöglichen sowie die Selbstverantwortung für das Lernen schulen. ... Die Unterrichtseinheiten werden in der Regel in die vier Phasen: *Begegnungsphase* (Anknüpfung an Schülerinteressen und –vorerfahrungen), *Neugierphase* (Erstellung eines Arbeitsplans; Formulierung von Leitfragen), *Erarbeitungsphase* (Erarbeitung verschiedener Gebiete des Kontextes; Nutzung verschiedener Methoden; Auswertung, Zusammenfassung und Festigung) und *Vertiefungs- und Vernetzungsphase* (Möglichkeit zur wahlfreien Vertiefung; Vernetzung des Kontextes sowie der Fachinhalte mit anderen Themen).“ (HUNTEMANN u.a. 1999)

Nach RALLE (1999) wird im kontextorientierten Chemieunterricht der Wissenschaftsdisziplin durch folgende Basiskonzepte Rechnung getragen: a. Teilchenkonzept, b. Struktur-Eigenschafts-Konzept, c. Donator-Akzeptor-Konzept, d. Energie-Konzept, e. Gleichgewichts-Konzept, f. Reaktions-Geschwindigkeits-Konzept.

Für ein Curriculum eines 11. Jahrgangs haben HUNTEMANN u.a. (1999) die Themenbereiche Alkohol, Seifen und Waschmittel, Fette und Öle, Treibstoffe in der Entwicklung und Kunststoffe ausgearbeitet und erprobt.

### **3.5. Lernen aus kognitionspsychologischer Sicht**

Die Integration von lebensweltlichen Inhalten in den Chemieunterricht ist nicht nur aus motivationalen Gründen notwendig, sondern auch aus kognitionspsychologischen Gründen, damit das schulische Wissen mit Anwendungen des Alltags verknüpft werden kann.

#### **3.5.1 Zur Änderung Kognitiver Strukturen**

„Eine von relativ vielen Kognitionswissenschaftlern vertretene Sichtweise besteht darin, dass das allgemeine begriffliche Wissen in Form von sogenannten kognitiven Schemata gespeichert ist, welche typische Zusammenhänge innerhalb eines Realitätsbereichs repräsentieren. Demnach konstruiert ein Individuum, wenn es einen Sachverhalt oder eine Beschreibung versteht, mit Hilfe dieser Schemata bzw. seines allgemeinen Weltwissens eine spezifische mentale Repräsentation dieses Sachverhalts, indem über ein Wechselspiel von Top-Down- und Bottom-Up-Prozessen eine Schemenkonfiguration herausgefunden wird, die am besten zu den vorliegenden Daten passt.“ (SCHNOTZ 1996) Lernen wird demnach als die relativ dauerhafte Änderung von kognitiven Strukturen aufgrund von Erfahrungen definiert (U. SCHIEFELE 1996). Die dem Lernen zugrundeliegende Änderung von Wissensstrukturen kann unterschiedliche Formen annehmen. Insbesondere ist zwischen einer Erweiterung und einer Umstrukturierung vorhandener Wissensstrukturen zu unterscheiden. Eine Erweiterung liegt vor, wenn dem Vorwissen des Lerners neue Informationen hinzugefügt werden, ohne die Struktur des Vorwissens zu beein-

flussen. Lernen durch Umstrukturierung kann dagegen z.B. zustande kommen, wenn aufgrund der neuen Information zwei oder mehr bereits vorhandene, aber bisher nicht verbundene Bestandteile des Wissens sinnvoll zueinander in Beziehung gesetzt werden. Man geht heute davon aus, dass beim Verstehen eines Sachverhalts oder seiner Beschreibung unterschiedliche mentale Repräsentationen konstruiert werden, die sich hinsichtlich ihrer Form, ihrer Speicherungs- und Nutzungseffizienz sowie ihrer Anwendungsmöglichkeiten voneinander unterscheiden. Als eine wesentliche Differenzierung wird dabei die zwischen propositionalen Repräsentationen und mentalen Modellen angesehen. Propositionale Repräsentationen bestehen aus komplexen mentalen Symbolen, die ähnlich wie die Sätze und Phrasen einer natürlichen Sprache nach bestimmten syntaktischen Regeln aus einfachen Symbolen zusammengesetzt sind und insofern eine bestimmte Konstitutionsstruktur besitzen. Durch eine Proposition wird zum Ausdruck gebracht, dass zwischen bestimmten Sachverhalten eine bestimmte Relation besteht. Eine propositionale Repräsentation ist insofern eine Beschreibung des repräsentierten Gegenstandes in einer hypothetischen Sprache. Bei einem mentalen Modell hingegen handelt es sich um ein internes objektartiges Gebilde, das in einer Struktur- und Funktionsanalogie zu dem dargestellten Gegenstand steht und den Gegenstand aufgrund dieser Analogie repräsentiert (SCHNOTZ 1996).

Beim Lernen überprüft nun ein Individuum, ob sich das erworbene Wissen in ein vorhandenes Wissensnetz integrieren lässt. Ist dies der Fall, so werden neue Verknüpfungen aufgebaut oder das bestehende Wissensnetz wird umstrukturiert. Kann der Lerner das erworbene Wissen nicht in ein vorhandenes Wissensnetz integrieren, so konstruiert er ein neues Schema. Das ist auch der Fall, wenn dem Lerner nicht bewusst ist, dass das neu erworbene Wissen in ein vorhandenes Schema integriert werden kann, weil er keinen Bezug zum vorhandenen Wissen sieht. Dadurch kommt es, dass isolierte Wissensnetze aufgebaut werden, obwohl die Informationen in den einzelnen Netzen aufgrund ihrer Beziehungen eigentlich verknüpft sein müssten. Dieser Zustand entsteht z.B. wenn fachliche Inhalte (z.B. Säuren) im Unterricht vermittelt werden, die Bedeutung und Verknüpfungen mit der Lebenswelt der Jugendlichen (z.B. Kalkreiniger) aber keine Berücksichtigung finden. Sind diese Verknüpfungen nicht vorhanden, so kann der Jugendliche auch nicht auf sie zurückgreifen, um Probleme im Alltag mit Hilfe von in der Schule erworbenem Wissen zu lösen.

### 3.5.1. Anwendung von Wissen

Worin unterscheidet sich das Lernen in der Schule vom Lernen im „richtigen Leben“? Nach MANDL, GRUBER, RENKL (1993) werden in der Schule in erster Linie abstrakte, anwendungsunspezifische Inhalte gelernt. Das heißt, dass der Stoff in systematisch geordneter Weise dargestellt, das im Stoff enthaltene Wissen jedoch nicht für die Lösung alltags- oder berufsrelevanter Probleme angewendet wird. Es bleibt träge, d.h. es ist an die Lernsituation gebunden und nicht flexibel einsetzbar.

Dieser Gedanke wird auch von der Transferforschung bestätigt. So untersuchte STEVERMÜER (1984), ob Studenten des Anfangssemesters der Chemie – und damit in der Regel Absolventen höherer Schulen- grundsätzlich befähigt sind, chemische Problemstellungen zu lösen, wenn sie ihre konstitutiven Teilaspekte wie Begriffe, Definitionen, Regeln und/oder Gesetze beherrschen. Dazu ließ er zwei Tests von insgesamt 70 Studienanfängern des Faches Chemie bearbeiten. Der Versuchsplan war so angelegt, dass die Studenten sich zunächst einem Test I, bestehend aus sechs Transferaufgaben aus dem Bereich der Chemie, unterziehen mussten. Danach führte jeder Student einen weiteren Test durch. Der Test II bestand aus insgesamt 16 Aufgaben, die die inhaltlichen Voraussetzungen wie Begriffe, Regeln, Definitionen und/oder Gesetze der Transferaufgaben des Tests II hinterfragten. Über einen Vergleich der Lösungen beider Tests wurde festgestellt, dass eine nicht zu vernachlässigende Anzahl der Probanden den zur Lösung der Problemstellung erforderlichen Transfer nicht vollziehen konnte, obgleich die inhaltlichen Voraussetzungen zu den Aufgaben nachweislich vorhanden waren. Damit zeigte sich, dass solide Grundkenntnisse als Voraussetzung für das Problemlösen zwar eine wesentliche Voraussetzung sind, allerdings nicht die einzige Voraussetzung.

Die niedrigen Transferraten werfen natürlich die Frage auf, wie Unterricht zu gestalten ist, damit Wissensanwendung möglich wird. Dazu wurden verschiedene Experimente durchgeführt. GICK und HOLYOAK (1980) zeigten, dass Lösehinweise helfen können, aus dem Gedächtnis Inhalte abzurufen, die für das Ziehen von Analogien relevant sind. Dies wurde damit erklärt, dass das Ausbleiben spontanen Transfers hauptsächlich daran liegt, dass mögliche Analogien nicht bemerkt werden, weniger daran, dass der analoge Schluss selbst fehlschlägt.

Es stellt sich nun die Frage: Wie ist den Jugendlichen Wissen zu vermitteln, welches auch zur Lösung außerschulischer Probleme zur Verfügung steht?

In den letzten Jahren wurden kognitiv-, „konstruktivistisch“ orientierte Unterrichtsmodelle entwickelt, die versuchen, das Problem nicht anwendbaren Wissens zu vermeiden und Kenntnisse zu vermitteln, die bei der Bewältigung alltags- und berufsrelevanter Anforderungen nutzbar sind. Nach MANDL, GRUBER und RENKL (1994) werden u.a. zwei Prinzipien als zentral angesehen, zum ersten die selbständige Aktivität der Lernenden und zum zweiten das Lernen an komplexen, authentischen Problemen, die der Lernende zunächst analysieren und definieren muss, bevor er sie lösen kann. Durch die Einbettung des Lernprozesses in das Lösen bedeutungshaltiger, authentischer Probleme wird Wissen nicht in abstrakter Form, sondern von Anfang an unter Anwendungsgesichtspunkten erworben.

Ein weiteres Prinzip (MANDL, GRUBER und RENKL 1993), das Prinzip der multiplen Perspektiven besagt, dass Kenntnisse und Fertigkeiten in verschiedenen Kontexten und unter unterschiedlichen Zielsetzungen gelernt und angewendet werden sollen.

### **3.6. Schülerexperimente im Chemieunterricht**

Chemie ist eine experimentelle Wissenschaft. Aus diesem Grund sollten im Chemieunterricht Experimente nicht fehlen. Leider werden im Schulalltag auch heute noch zu wenig Schülerexperimente durchgeführt. HÄUSLER (1994) stellt dazu fest: „Für *Kerschesteiner* ist naturwissenschaftlicher Unterricht ohne Experimente undenkbar. Er drückt seine Verwunderung aus, dass es immer ‚noch‘ (1913!) Lehrer gibt, die chemischen Schülerübungen nicht den gebührenden Platz einräumen. Dass diese heute (1994!) noch gefordert werden müssen, wirft ein bezeichnendes Licht auf die Situation des Chemieunterrichts an unseren Schulen.“ PFEIFER (1995) formuliert folgende Anforderung: „Moderner Chemieunterricht ist zugleich zeitgemäßer Experimentalunterricht. Er vermittelt einen Eindruck von der Vielfalt der faszinierenden Welt chemischer Phänomene. Sie findet ihren Niederschlag im Ideenreichtum und Prägnanz chemischer Experimentierkunst, die sich nicht im Reagenzglas erschöpft!“

Viele Unterrichtseinheiten eignen sich für Schülerexperimente, beispielsweise die Thematik „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“. Doch wie wirken sich diese Experimente auf die Einschätzung der Unterrichtseinheit durch die Jugendlichen aus? Führen sie dazu, dass die Einheit nur wegen der Schülerexperimente positiv eingeschätzt wird

oder sind die Alltagsbezüge für die Jugendlichen wichtiger? So konnten mehrere Autoren nachweisen, dass Schülerexperimente einen positiven Einfluss auf das Interesse und die Motivation aber auch auf die Leistungen der Schüler und Schülerinnen in den Fächern Chemie und Physik haben.

WELTNER & WARNKROSS (1974) untersuchten in drei Klassen, die jeweils Demonstrationsunterricht, informierenden Unterricht und Unterricht mit Schülerexperimenten zu unterschiedlichen Themen erhielten, den Einfluss dieser drei Unterrichtsformen auf die Einstellung und den Lernerfolg der Kinder. Dabei stellten sie fest, dass unabhängig von den Klassen und Themen die Lernergebnisse bei Schülerversuchen am größten und bei informierendem Unterricht am geringsten waren. Auf die Frage: „Welches Gerät hat dich am meisten interessiert?“, wurde am häufigsten das Gerät angekreuzt, bei dem Schülerexperimente durchgeführt wurden. Auch bei der Einstellungsfrage – „Welches Thema hat Dir am meisten Spaß gemacht?“ – wurde das Thema mit Schülerexperimenten am häufigsten genannt.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Erhebungen von DEMUTH (1981). Er befragte Schüler und Schülerinnen, ob sie oft, selten oder nie Schülerexperimente durchführten. Außerdem wurden Fragen zur Einstellung der Jugendlichen zum Chemieunterricht gestellt. Die Jugendlichen, die angaben, dass sie oft Schülerexperimente durchführten, beantworteten die Einstellungsfragen in allen Fällen positiver als die anderen Schüler und Schülerinnen.

### **3.7. Folgerungen für die Untersuchungen**

Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse aus der Forschung zu Einstellung zum Chemieunterricht, Mädchen und Chemieunterricht, Interessen im Unterricht, Verknüpfung von Lebenswelt und Chemieunterricht, Anwendung von Wissen aus kognitionsphysiologischer Sicht und die Bedeutung von Schülerexperimenten noch einmal zusammen gefasst. Aus diesen Erkenntnissen werden Schlussfolgerungen für die eigene Arbeit gezogen.

**Einstellung zum Chemieunterricht.** Übereinstimmend fanden viele Autoren eine negative Einstellung bei den Jugendlichen gegenüber dem Chemieunterricht. Als ein

Grund dafür wird die fehlende Nähe des Chemieunterrichts zur Lebenswelt der Jugendlichen genannt.

Um zu überprüfen, ob die Schüler und Schülerinnen Chemieunterricht positiver einschätzen, wenn der Unterricht lebensweltliche Bezüge enthält, wird eine entsprechende Einheit in verschiedenen Klassen erteilt und durch die Jugendlichen eingeschätzt.

Um aktuelle Daten über die Einstellung der Jugendlichen zum Chemieunterricht zu erhalten werden in einer Voruntersuchung Schüler und Schülerinnen befragt.

**Mädchen und Chemieunterricht.** Mehrere Autoren fanden, dass die Einstellung der Mädchen zum Chemieunterricht schlechter ist als bei den Jungen. Als ein Grund dafür wird unter anderem eine für Mädchen uninteressante Themenwahl genannt. Mädchen haben ein stärkeres Interesse an Alltagsbeispielen und vor allem an anwendungsbezogenen Beispielen aus den Bereichen Medizin und Haushalt.

Aus diesem Grund ist in der folgenden Arbeit zu untersuchen, in wie weit man durch die Orientierung des Unterrichts an Alltagsthemen, wie Experimentieren mit Haushaltschemikalien und Lebensmitteln, dem Interesse der Mädchen entgegen kommt.

**Interesse.** Es wurde festgestellt, dass Interesse die wichtigste Bedingung für das Lernen der Schüler und Schülerinnen ist. In einer Befragung gaben Studenten an, an Themen, die lebensnah und übertragbar auf alltägliche Situationen sind, das größte Interesse zu haben.

Um zu überprüfen, ob Jugendliche Chemieunterricht als interessant einschätzen, wenn chemische Probleme an Produkten und Phänomenen erarbeitet werden, die für die Schüler und Schülerinnen einen Bedeutungsgehalt haben, soll im Unterricht das Thema „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ erarbeitet werden.

**Verknüpfung von Lebenswelt und Chemieunterricht.** Die Verknüpfung des Chemieunterrichts mit der Lebenswelt und dem Alltag der Jugendlichen kann zum einen ausgehend von der Systematik des Faches und zum anderen ausgehend von der Struktur, die das Alltagsthema bedingt, erfolgen.

In der zu untersuchenden Unterrichtseinheit wird die fachliche Systematik zu Säuren und Basen als Grundlage genommen. Die chemischen Erkenntnisse werden aber an Produkten und Phänomenen aus dem Alltag und der Umwelt der Jugendlichen gewonnen. Zu diesem Zweck sind die Produkte und Phänomene, bei denen Säuren und Basen

eine Rolle spielen, so auszuwählen, dass mit ihnen chemisches Fachwissen zu erwerben ist.

**Anwendung von Wissen aus kognitionsphysiologischer Sicht.** In der kognitionsphysiologischen Forschung wurde festgestellt, dass viele Menschen nicht in der Lage sind, in der Schule erworbenes Wissen im Alltag anzuwenden. Eine Möglichkeit dem entgegenzuwirken ist das Lernen an bedeutungshaltigen, authentischen Problemen.

In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wird das Wissen von Anfang an unter Anwendungsgesichtspunkten erworben, da u.a. chemische Vorgänge und Probleme beim Einsatz von Haushaltschemikalien thematisiert werden. Auf erworbene Kenntnisse wird unter anderen Gesichtspunkten zu einem späteren Zeitpunkt zurückgegriffen, damit der Transfer des Wissens gefördert wird.

**Schülerexperimente.** Schüler und Schülerinnen beurteilen Chemieunterricht, bei dem sie Schülerexperimente durchführen positiver als Unterricht, in dem keine Schülerversuche enthalten sind. Außerdem sind die Lernergebnisse bei Themen mit Schülerversuchen besser als bei Themen ohne Schülerexperimente.

Die Unterrichtseinheit "Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt" enthält viele praktische Anwendungen von Haushaltschemikalien, z.B. die Reaktion von Kalkreiniger mit Marmor oder die Wirkung von Abflussreiniger. Diese praktischen Anwendungen eignen sich sehr gut für Schülerversuche, die Grundlage der Erkenntnisse in der Unterrichtseinheit sein sollen.

Aufgrund der Untersuchungen von WELTNER & WARNKROSS (1974) ist davon auszugehen, dass Unterricht durch die Jugendlichen positiver beurteilt wird, wenn sie Experimente selbst durchführen können. Um zu vermeiden, dass die Unterrichtseinheit nur wegen der Schülerexperimente als positiv eingeschätzt wird, enthält der Fragebogen Items, mit deren Hilfe der Stellenwert der Schülerexperimente und der Alltagsbezüge ermittelt werden kann.

## 4. Planung der Untersuchung

### 4.1. Hypothesen und Fragestellungen

Wie im Kapitel 3.1. *Einstellung zum Chemieunterricht* festgestellt wurde, fanden viele Autoren eine negative Einstellung der Jugendlichen zum Chemieunterricht. In der vorliegenden Untersuchung ist aus diesem Grund zu ermitteln, ob ein von der Lebenswelt der Jugendlichen ausgehender Chemieunterricht, bei dem die Erkenntnisse mit Hilfe von Schülerexperimenten gewonnen werden, positive Auswirkungen auf das Interesse und die Einstellung der Lernenden hat. Dazu sind folgende Hypothesen zu überprüfen:

- Schüler und Schülerinnen der Klassenstufe 9 entwickeln situationales Interesse durch einen alltagsorientierten Chemieunterricht.
- Ein alltagsorientierter Chemieunterricht kommt besonders den Mädchen entgegen.
- Schüler und Schülerinnen der Klassenstufe 9 entwickeln situationales Interesse durch den Einsatz von Schülerexperimenten im Chemieunterricht.

Um eine aktuelle Einschätzung des Chemieunterrichts durch die Heranwachsenden zu erhalten, werden im Vorfeld der Hauptuntersuchung Jugendliche verschiedener Klassenstufen nach ihrer Einstellung zum Chemieunterricht befragt. Folgende Hypothesen sind dabei zu überprüfen:

- Schüler und Schülerinnen haben eine negative Einstellung zum Chemieunterricht.
- Es bestehen geschlechtsspezifische Unterschiede in der Einstellung zum Chemieunterricht.
- Die Jugendlichen wünschen sich einen stärkeren Alltagsbezug und mehr Schülerexperimente im Chemieunterricht.
- Der Chemieunterricht nimmt im Vergleich mit den anderen Fächern einen hinteren Rangplatz ein.

Bei den Erhebungen sind Antworten auf folgende Fragen zu finden:

Voruntersuchung / Befragung vor der Unterrichtseinheit:

1. Welche Einstellung haben die Jugendlichen zum Chemieunterricht?
2. Was sind die Gründe für eine evtl. negative Einstellung zum Chemieunterricht?
3. Welche Wünsche haben die Jugendlichen an ihren Chemieunterricht?
4. Welchen Stellenwert hat der Chemieunterricht im Kanon der Fächer?

5. Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede bestehen bei den Antworten der Schüler und Schülerinnen?

Befragung nach der Unterrichtseinheit:

1. Lässt sich durch alltagsorientierten Chemieunterricht die Einstellung bei den Schülern und Schülerinnen verbessern?
2. Welche Bedeutung haben in einem alltagsorientierten Chemieunterricht die Schülerexperimente?
3. Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede bestehen bei den Antworten der Schüler und Schülerinnen?

## **4.2. Untersuchungsdesign**

Die Untersuchung gliedert sich in zwei Teilbereiche:

1. eine Voruntersuchung, in der Schüler und Schülerinnen ihren Chemieunterricht einschätzen sollen und
2. eine Hauptuntersuchung, in der eine Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ durch die Jugendlichen zu beurteilen ist. Diese Einheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ verbindet die Fachsystematik mit Alltag und Lebenswelt der Jugendlichen.

In der Voruntersuchung werden in verschiedenen Schulen und Klassenstufen aktuelle Daten zur Einschätzung des Chemieunterrichts erhoben. Diese Befragung dient dazu, einen Überblick über die Wünsche der Jugendlichen an ihren Chemieunterricht und ihre Einstellung zu diesem Unterricht zu erfragen. Der dabei eingesetzte Fragebogen soll bei der späteren Hauptuntersuchung Verwendung finden. Er wird dazu in der Voruntersuchung getestet.

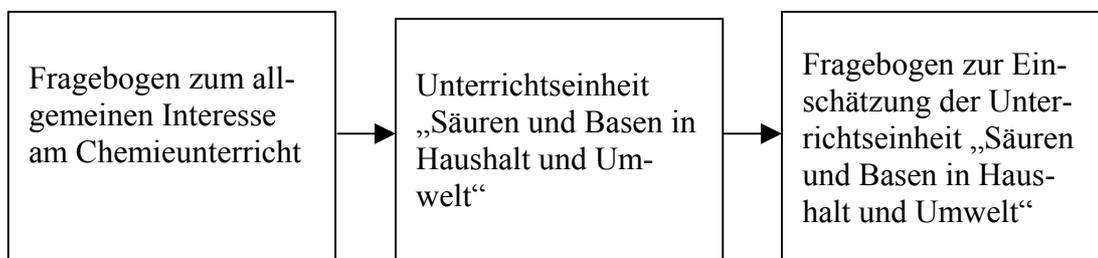
Die Hauptuntersuchung gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil beantworten die Jugendlichen den schon in der Voruntersuchung eingesetzten Fragebogen, um eine Einschätzung des bisherigen Chemieunterrichts dieser Probanden zu erhalten. Im zweiten Teil erhalten die Schüler und Schülerinnen Unterricht zum Thema „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“. Im dritten Teil ist zu ermitteln wie die Jugendlichen diese am

Alltag orientierte Unterrichtseinheit einschätzen. Dazu beantworten die Probanden direkt im Anschluss an die mit Alltagschemikalien durchgeführte Einheit zum Thema „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ einen weiten Fragebogen. Dieser zweite Fragebogen bezieht sich auf die genannte Unterrichtseinheit und soll erheben, wie die Jugendlichen die Alltagsbezüge und Schülerexperimente empfanden.

#### Übersicht des Untersuchungsplans:

1. **Voruntersuchung** (beliebige Probanden aus Schulen in Nordrhein-Westfalen)  
Fragebogen zum allgemeinen Interesse am Chemieunterricht

2. **Hauptuntersuchung** (Teilnehmer an der Unterrichtseinheit)



### 4.3. Fragebogenkonstruktion

#### 4.3.1. Ziel der Fragebögen

Für die Untersuchung werden zwei Fragebögen benötigt. Ein allgemeiner Einstellungs- und Interessenfragebogen, mit dem die Einstellung der Jugendlichen zum Chemieunterricht, die Wünsche an den Chemieunterricht und die Stellung der Chemie im Kanon der Fächer zu erfassen ist. Dieser Fragebogen wird weiterhin vor der mit Alltagschemikalien durchgeführten Unterrichtseinheit eingesetzt, um das Interesse der Schüler und Schülerinnen an ihrem bisherigem Chemieunterricht zu ermitteln.

Mit einem zweiten Fragebogen sind nach der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ Einstellungen der Schüler und Schülerinnen über diesen Unterricht zu erheben.

## **4.3.2. Inhalt der Fragebögen**

### **4.3.2.1 Allgemeiner Interessenfragebogen zum Chemieunterricht**

Mit Hilfe des Fragebogens (siehe Anhang) werden Einstellungen erfasst, die Schüler und Schülerinnen hinsichtlich ihres bisherigen Chemieunterrichts aufweisen. Außerdem sind die Gründe zu erfragen, die für das Interesse oder Desinteresse der Jugendlichen an ihrem bisherigen Chemieunterricht verantwortlich sind. In einem weiteren Teil des Fragebogens ist zu erheben, wie die Schüler und Schülerinnen sich ihren Chemieunterricht vorstellen, welches Interesse sie an einzelnen Unterrichtsgegenständen haben und wie der Unterricht gestaltet sein soll, damit er interessant für sie ist. Im letzten Teil des Fragebogens sind die wichtigsten Unterrichtsfächer durch die Jugendlichen zu beurteilen.

Dieser Fragebogen wurde im Verlauf der Untersuchung überarbeitet, da sich herausstellte, dass es bei einigen Items besser ist, den Jugendlichen die Möglichkeit zu geben, auf einer Schätzsкала zu antworten, anstatt mit „ja“ oder „nein“. Die überarbeitete Version des Fragebogens kam in Thüringen zum Einsatz. Dabei wurden Items, auf die in der ersten Fassung nur mit ja oder nein geantwortet werden konnte, in der zweiten Fassung zusammengefasst und endgültig durch eine fünfstufige Schätzsкала ersetzt.

### **4.3.2.2 Fragebogen nach der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“**

Mit diesem Fragebogen (siehe Anhang) ist zu ermitteln, wie die Jugendlichen die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ einschätzen, welche Themen die Schüler und Schülerinnen interessieren und welche Arbeitstechniken sie favorisieren.

Die Inhalte des Fragebogens sind:

- eine allgemeine Einschätzung der Unterrichtseinheit,
- das Interesse an einzelnen Themen dieser Einheit,
- die Frage, ob die Jugendlichen auch in Zukunft Chemieunterricht mit Alltagschemikalien wünschen,
- eine Einschätzung der Schülerexperimente,

- die Gründe für das Interesse oder Desinteresse an dieser Unterrichtseinheit,
- das Interesse der Jugendlichen für alle Unterrichtsfächer.

### **4.3.3. Form des Fragebogens**

Es gibt zwei grundlegende Arten, die Antworten zu erfassen. Man unterscheidet, nach ROST (1996), freie (oder offene) und gebundene Antwortformate. In einem freien Antwortformat wird die Itemantwort von der getesteten Person selbst in einem allgemein verständlichen Zeichensystem formuliert wie z.B. in der Sprache, in Form von Zahlen, in Bildern, in Gesten oder in Lauten. Beim gebundenen Antwortformat erfolgt die Auswahl aus einer Reihe von vorgegebenen Antwortalternativen. Das gebundene Antwortformat bietet gegenüber dem freien Antwortformat eine Reihe von Vorteilen. Die Person braucht die Itemantwort nicht zu formulieren, sondern wählt die entsprechende Alternative aus. Das verkürzt zum einen die Zeit, die zum Beantworten benötigt wird, zum anderen fällt es sprachlich nicht so begabten Schülern leichter eine Antwort zu geben. Ein wichtiger Punkt ist außerdem, dass die Auswertung solcher Antworten einfacher und objektiver erfolgen kann. Nachteilig wirkt sich aus, dass die Antwortmöglichkeiten eingeschränkt sind. Aus diesem Grund werden im zu entwerfenden Fragebogen beide Antwortformen einbezogen. Die Schüler erhalten die Möglichkeit aus vorgegebenen Antworten zu wählen und außerdem ihren „Kommentar“ frei zu formulieren.

#### **4.3.3.1 Gebundene Antwortformate**

Im einfachsten Fall wird auf eine Frage oder Fragestellung ein zweistufiges kategoriales Urteil verlangt: „Ja“ („Stimmt“ etc.) oder „Nein“ („Stimmt nicht“ etc.).

Die Zahl der Antwortkategorien kann erweitert werden, z.B. im Minimalfalle um eine dritte Antwortkategorie: „Ja“ – „Neutral“ – „Nein“. Bei mehreren Antwortkategorien erhält man eine Schätz-Skala. Eine häufig verwendete Schätz-Skala ist die Rating-Skala. Nach ROST (1996) zeichnet sich ein Ratingformat durch zwei Eigenschaften aus. Erstens handelt es sich um mehrere, d.h. mehr als zwei abgestufte Antwortkategorien, von denen angenommen wird, dass sie für die befragte Person eine Rangordnung darstellen. Zweitens sind diese Antwortkategorien item-unspzifisch formuliert, d.h. die-

selbe Benennung der Antwortkategorien gilt für mehrere oder alle Items eines Fragebogens.

Nach MUMMENDEY (1987) führt die Einführung einer „mittleren“ Antwortkategorie eher zu Schwierigkeiten als dass sie mit Vorteilen verbunden ist. Eine mittlere Antwortkategorie entsteht, wenn z.B. die Antwortmöglichkeit „0“ in der Mitte der Antwortskala vorgegeben oder eine mehrstufige Antwortskala mit ungerader Kategorienzahl verwendet wird.

Eine zwischen Bejahung und Verneinung eingeführte mittlere Antwortkategorie kann für die antwortende Person ganz Verschiedenes bedeuten:

- eine mittlere Antwortposition
- eine „Weiß nicht“ – Antwort
- eine „Irrelevanz“ – Antwort
- eine „Protest“ – Antwort
- eine Antwort aus Zaghaftheit.

Um den Schülern und Schülerinnen auch die Möglichkeit einer mittleren Antwortposition oder einer „Weiß nicht“ – Antwort zu geben, soll der zu entwerfende Fragebogen trotz der Bedenken eine „mittlere“ Antwortkategorie erhalten.

#### **4.3.3.2 Itemsammlung und Item-Revision**

Da in der Vergangenheit schon mehrere Untersuchungen zur Beliebtheit von Chemieunterricht (z.B. BARKE 1987 und KLAMKE 1992) durchgeführt wurden, stehen aus diesen Erhebungen eine Reihe von Items zur Verfügung. Die Verwendung einzelner Items aus diesen Untersuchungen bietet außerdem den Vorteil, dass sich die Ergebnisse mit den Erhebungen der eben genannten Autoren vergleichen lassen.

Für Merkmale zu denen noch keine Items existieren, werden entsprechend des zu untersuchenden Konstrukts neue Items abgeleitet.

Nach der Erstellung der Item-Sammlung werden die Fragen auf ihre Verständlichkeit hin überprüft. Da die Fragebogen später von 13 bis 15 jährigen Jugendlichen zu beantworten sind, ist es notwendig eine einfache und verständliche Sprache zu wählen. Außerdem sollen nur eindeutige Items verwendet werden.

Die Beantwortung der Fragebögen soll nicht mehr als 20 Minuten Zeit in Anspruch nehmen, damit die Schüler und Schülerinnen die Konzentration bei der Beantwortung

des Fragebogens nicht verlieren und zuviel Unterrichtszeit benötigt wird. Aus diesem Grund kann nur eine begrenzte Anzahl Items verwendet werden. Es werden solche Items ausgewählt, die am Besten das zu untersuchende Konstrukt erfassen.

## **5. Alltagsorientierte Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“**

### **5.1. Planung der Unterrichtseinheit**

Um die oben angegebenen Fragestellungen beantworten zu können, ist es notwendig eine Unterrichtseinheit zu erstellen, in der die fachlichen Grundlagen anhand von Produkten aus der Lebenswelt der Jugendlichen erarbeitet werden können. Diese Unterrichtseinheit soll einige Kriterien erfüllen:

1. Es sollen im Lehrplan geforderte fachliche Grundlagen zu erwerben sein.
2. Sie soll eine durchgehende Orientierung am Alltag der Schüler und Schülerinnen ermöglichen.
3. Die Inhalte sollen sich für Schülerexperimente eignen.
4. Es soll sich nicht um ein „spektakuläres“ Thema handeln, damit es die Jugendlichen nicht nur wegen der „Interessanz“ als positiv einschätzen.

Eine Unterrichtseinheit, die diese Ansprüche erfüllt, ist das Thema „Säuren und Basen“, welches im Lehrplan vorgeschrieben ist und die Möglichkeit bietet, die genannten Kriterien umzusetzen. Dazu sind die im Lehrplan geforderten fachlichen Grundlagen anhand von Produkten, die die Jugendlichen aus dem Haushalt oder dem Supermarktregal kennen, zu erarbeiten. Außerdem werden Erscheinungen aus der Umwelt und Arzneimittel für die Betrachtungen zugrunde gelegt.

### **5.2. Didaktisch-methodische Überlegungen zur Unterrichtseinheit**

PASTILLE (1996) stellt fest: „Der Anfangsunterricht ist entscheidend für die gesamte schulische Ausbildung im Fach Chemie; Befragungen zum Beispiel von Chemielehramtskandidaten ergaben, dass sich über drei viertel der Befragten an ihre ersten Chemiestunden erinnern und dass sie ihnen besondere Bedeutung beimessen. Die Überfrachtung mit Fachausdrücken und das Anhäufen von Konzepten, deren Anwendung undurchsichtig blieb, bestimmen die geschilderte Erinnerung. Die Lernenden gewannen

den Eindruck, dass das Fach Chemie nur für ganz bestimmte, ‚begabte‘ Schüler zugänglich ist und dass andere lediglich relativ unreflektiert trainierte Regeln anwenden. Dies beeinträchtigt die Motivation, sich als Schüler mit dem Fach auseinanderzusetzen. Es gilt jedoch, Erwartungen und die Motivation der Jugendlichen für naturwissenschaftliche Fragestellungen aufrechtzuerhalten. Für den Einstieg in das Fach Chemie bedeutet das, dass die auftretenden Phänomene und Zusammenhänge mit den eigenen Alltagserfahrungen, sprich: lebensweltlichen Vorstellungen, fassbar sein müssen. Von Anfang an soll erkennbar sein, dass Problemstellungen aus der Chemie über den Rahmen der Chemie und der Naturwissenschaften hinaus Bedeutung haben.“

### 5.2.1. Überlegungen zum Säure-Base-Konzept

In Schulbüchern der Sekundarstufe I sind die Säure-Base-Theorien nach Arrhenius und Brønsted zu finden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Theorien sollen im folgenden vorgestellt werden.

Nach Arrhenius sind Säuren Stoffe, die unter Bildung von  $H^+$ -Ionen dissoziieren und Basen Stoffe, die unter Bildung von  $OH^-$ -Ionen dissoziieren.

Nach Brønsted sind Säuren Teilchen, die Protonen abgeben und Basen Teilchen, die Protonen aufnehmen.

Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Definitionen ist, dass Arrhenius bei Säuren und Basen von Stoffen spricht und Brønsted von Teilchen. Damit ist z.B. festes Natriumhydroxid nach Arrhenius eine Base, nach Brønsted enthält es eine Base, die  $OH^-$ -Ionen, welche Protonen aufnehmen können.

In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ sollen die Jugendlichen eine Einführung zu Säuren und Basen über die Verwendung von Haushaltschemikalien erarbeiten. Da dies eine erste Einführung zu Säuren und Basen ist, soll der Stoffbegriff nach Arrhenius zugrunde gelegt werden. Später kann im Sinne des Spiralcurriculum der Teilchenbegriff nach Brønsted folgen.

**Lehrpläne.** Bei den in den Lehrplänen geforderten Inhalten zu Säuren und Basen werden nur die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Thüringen berücksichtigt, in denen die Erhebungen stattfinden.

Der Lehrplan In Nordrhein-Westfalen sieht im Unterricht zu Säuren und Basen folgende Themen vor: Stoffkenntnis zu den wichtigsten Säuren und Nomenklatur, Gehaltsangaben, hydratisierte Protonen, Hydroxid-Ionen, Säure-Base-Begriff, Neutralisation in wässrigen Systemen.

Nach dem Thüringer Lehrplan für die Sekundarstufe I sind folgende Themen zu behandeln: Verhalten von Säuren und Basen in wässriger Lösung, Stoffmengen- und Volumenkonzentration, Säure- und Base-Definition nach Arrhenius, Indikatoren, pH-Wert, starke und schwache Säuren, Neutralisation als Säure-Base-Reaktion, Bedeutung von Neutralisationsreaktionen.

**Vorwissen.** Es wird davon ausgegangen, dass die Lernenden schon mit chemischen Symbolen und Formeln gearbeitet haben. Außerdem sind den Jugendlichen Atome und Ionen bekannt.

**Fachliche Grundlagen.** Folgende fachliche Grundlagen werden im Rahmen des Unterrichts zu „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ erarbeitet: Indikatoren, Wasserstoff-Ionen als Träger der sauren Eigenschaften, Hydroxid-Ionen als Träger der basischen Eigenschaften, die pH-Wert-Skala, Reaktionen und Eigenschaften von Säuren und Laugen, Entstehung von Säuren und Laugen, Saurer Regen, Neutralisation und der Umgang mit Konzentrationsangaben.

**In der Unterrichtseinheit verwendete Säuren und Basen.** Eine Übersicht über die Säuren und Basen, die in der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ zu thematisieren sind, findet sich in der Tabelle 5-1.

**Experimente.** Die für die Unterrichtseinheit vorgeschlagenen Experimente sind so gewählt, dass sie sich als Schülerversuche eignen. Stehen für Versuche, die unter dem Abzug durchzuführen sind (Reaktion von Schwefeldioxid mit Wasser) nicht genügend Abzüge zur Verfügung, dann sind diese Experimente als Lehrerdemonstrationen durchzuführen.

**Modelle.** Die beobachteten Phänomene sind in der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ auch im submikroskopischen Bereich zu deuten. Um den Jugendlichen das Verständnis der Vorgänge in diesem Bereich zu erleichtern ist es sinn-

sinnvoll Strukturmodelle einzusetzen. Unter Strukturmodellen versteht HAUPT (1996) dreidimensionale Kugelmodelle im Sinne der Atomvorstellung nach Dalton.

Häufig im Chemieunterricht verwendete Modelle sind das Teilchenmodell und das Dalton-Modell. Wie unterscheiden sich diese Modelle? Nach BARKE (1985) sind zur Veranschaulichung des Teilchenmodells „irrelevante Zutaten“ erforderlich, die nur eine Bedingung erfüllen müssen: Pro Teilchensorte soll eine Bausteinsorte, etwa Kugel, Würfel oder Quader, verwendet werden. Es kommt daher weder auf die Größe und Masse noch auf Form und Farbe an – lediglich die Tatsache, dass Teilchen vorhanden sind soll mit dem Modell wiedergegeben werden. Für das Dalton-Modell schlägt BARKE (1985) vor, als Modelle für die Atome unterschiedlicher Elemente Kugeln verschiedener Größe – also auch unterschiedlicher Masse – zu verwenden.

In der Unterrichtseinheit sind Strukturen von Molekülen und Ionen zu visualisieren, deshalb erfolgen die Betrachtungen auf der Grundlage des Dalton-Modells. Es können Molekülbaukästen und Kugelmodelle verwendet werden. Als Beispiel ist in Abbildung 5-1 die Modellvorstellung zur Neutralisation dargestellt. Der Einsatz von Modellen ist den unterrichtenden Lehrkräften freigestellt.

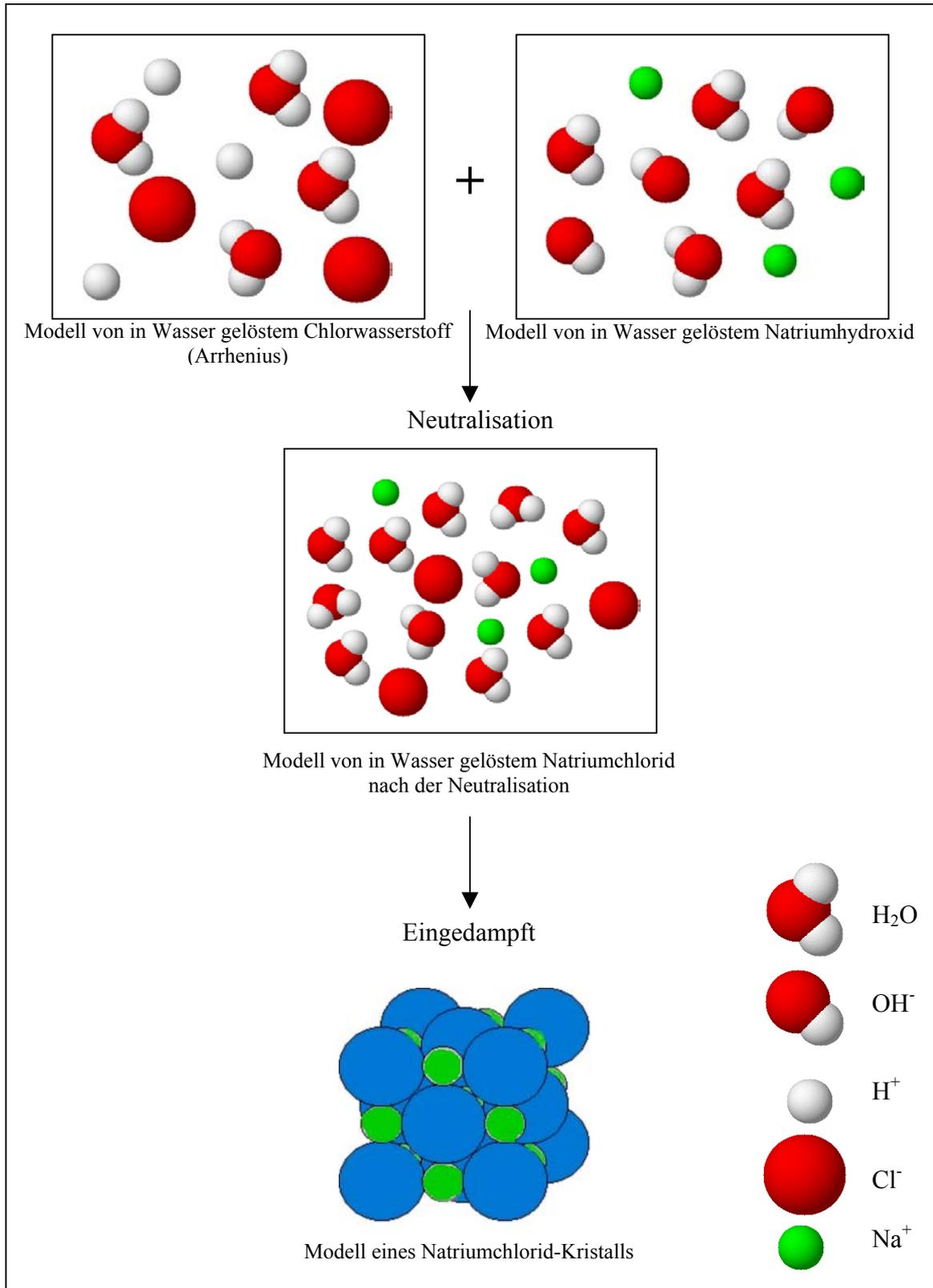


Abb. 5-1: Modellvorstellung zur Neutralisation

### 5.2.2. Begriffsdiskussion

**Säuren** (Arrhenius). Säuren sind Stoffe, die unter Bildung von Wasserstoff-Ionen dissoziieren.

**Basen** (Arrhenius). Basen sind Stoffe, die unter Bildung von Hydroxid-Ionen dissoziieren. Da die Säure-Base-Theorie nach Arrhenius der Unterrichtseinheit zugrunde gelegt wird, können die Hydroxide als Basen bezeichnet werden.

**Laugen.** Die wässrigen Lösungen der Basen werden als Laugen bezeichnet, sie heißen auch alkalische Lösungen.

**Hydroxide.** Unter Hydroxiden versteht man die basischen u. amphoteren Verbindungen der Metalle, des Ammoniums und seiner Analogen (wazu auch die organischen Basen gehören), die abdissoziierbare, freie od. ggf. hydratisierte Hydroxid-Ionen enthalten.

**Alkalische Reaktion.** Lösungen deren pH-Wert größer als 7 ist reagieren alkalisch, man spricht auch von basischer Reaktion.

**Indikatoren.** Sammelbezeichnung für Stoffe oder Geräte, die Prozesse irgendwelcher Art zu verfolgen gestatten, indem sie das Erreichen od. Verlassen eines bestimmten Zustandes signalisieren (Indikation).

In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ ist nur das Vorhandensein von Säuren und Basen anzuzeigen. Aus diesem Grund werden nur Säure-Base-Indikatoren thematisiert: **Säure-Base-Indikatoren sind Stoffe, die in der Lage sind, durch Farbveränderungen saure und basische Eigenschaften von Stoffen anzuzeigen.**

**Neutralisation.** Dieser Begriff bezeichnet im weitesten Sinne Überführung eines Systems in den neutralen Zustand. Am häufigsten wird die Bezeichnung Neutralisation dann verwendet, wenn ein sauer oder alkalisch reagierendes System (z.B. eine Lösung) durch Zusatz einer entgegengesetzt wirkenden Komponente dazu gebracht wird, weder sauer noch alkalisch zu reagieren. Dabei reagieren die Wasserstoff-Ionen aus der sauren Lösung mit den Hydroxid-Ionen aus der alkalischen Lösung zu Wasser-Molekülen.

**Konzentration.** Die Konzentration ist ein abgeleitetes Synonym für den Mengenanteil, mit dem ein Stoff in einem anderen gelöst ist. Man unterscheidet Massenkonzentration, Volumen-Konzentration und Stoffmengen-Konzentration.

In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wird nur mit der Massenkonzentration (Synonyme: Massengehalt, Massenanteil) gearbeitet. Sie wird folgendermaßen definiert: Der Massengehalt (%) gibt an, wie viel g eines Stoffes in 100 g Lösung gelöst sind.

Müssen auch andere Konzentrationsangaben (z.B. Stoffmengen-Konzentrationen für Maßlösungen) gemacht werden, so erfolgen sie durch eine Tabelle (siehe Kap. 5.3.8.3.).

**pH-Wert.** Der pH-Wert ist als der negative dekadische Logarithmus des Zahlenwertes der Wasserstoff-Ionen-Konzentration definiert.

Aufgrund der Kenntnisse der Jugendlichen zum Zeitpunkt der Unterrichtseinheit, ist es nicht möglich mit dieser Definition zu arbeiten. Vereinfacht ist folgende Definition zu verwenden: Der pH-Wert ist ein Maß für die Konzentration einer Lösung an Wasserstoff-Ionen oder Hydroxid-Ionen.

**pH-Wert-Skala.** Um anzugeben wie sauer oder alkalisch eine Lösung ist, wird die pH-Wert-Skala verwendet. Sie enthält Zahlenwerte zwischen 0 und 14. Reines Wasser ist weder sauer noch alkalisch, sondern neutral. Es wird der pH-Wert 7 zugeordnet. Saure Lösungen haben pH-Werte kleiner als 7, alkalische Lösungen haben pH-Werte größer 7. Je höher die Konzentration an Wasserstoff-Ionen ist, desto kleiner ist der pH-Wert. Dagegen ist der pH-Wert größer, wenn die Konzentration der Hydroxid-Ionen größer ist.

### 5.2.2. In der Unterrichtseinheit eingesetzte Alltagsbezüge

Die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurde für die Untersuchung gewählt, weil viele Produkte aus der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen Säuren und Basen enthalten und sie sich somit gut zur Erarbeitung fachlicher Grundlagen einsetzen lassen. In Tabelle 5-1 findet sich eine Übersicht über Produkte aus der Lebenswelt der Jugendlichen und die in diesen Produkten enthaltenen Verbindungen, die auch in einem fachlich orientierten Unterricht thematisiert werden.

Da viele Produkte recht komplexe Stoffgemische sind, wird nur der Inhaltsstoff betrachtet, der für eine bestimmte Eigenschaft des Artikels zuständig ist. Sollten die anderen Inhaltsstoffe den Erkenntnisgewinn stören, wird mit der einzelnen Chemikalie gearbeitet. Auch hier ist es wichtig, dass der Bezug zum jeweiligen Erzeugnis erhalten bleibt.

**Tab.: 5-1:** In der Unterrichtseinheit eingesetzte Alltagsprodukte mit den darin enthaltenen Säuren und Basen/Laugen

<b>Produkt</b>	<b>enthaltene Säuren und Basen/Laugen</b>
<b>Lebensmittel</b>	
• Zitronen	⇒ Zitronensäure
• Tafelessig (5%)	⇒ Essigsäure
• Essigessenz (25%)	⇒ Essigsäure
• Cola	⇒ Phosphorsäure, Kohlensäure
• Mineralwasser	⇒ Kohlensäure
• Sauerkraut	⇒ Milchsäure
• Natron	⇒ Natriumhydrogencarbonat
• Backpulver	⇒ Natriumhydrogencarbonat, Weinsäure
• Brausepulvertabletten	⇒ Natriumhydrogencarbonat, Zitronensäure
<b>Reinigungsmittel</b>	
• WC-Essig-Reiniger	⇒ Essigsäure
• WC-Reiniger mit Zitrone	⇒ Zitronensäure
• WC-Reiniger (fest)	⇒ Natriumhydrogensulfat
• AS Kalk+Rost Reiniger	⇒ Phosphorsäure
• Entkalker	⇒ Ameisensäure
• Neutralreiniger	⇒ keine
• Backofenreiniger	⇒ Natriumhydroxid
• Fettlöser	⇒ Natriumhydroxid
• Rohrfrei	⇒ Natriumhydroxid
• Metall-Politur	⇒ Ammoniak
<b>Baustoffe</b>	
• Blitzzement	⇒ Calciumhydroxid
• Marmor	⇒ Calciumcarbonat
<b>Arzneimittel</b>	
• Bullrichsalz	⇒ Natriumhydrogencarbonat
• Maaloxan	⇒ Magnesiumhydroxid, Aluminiumhydroxid
• Riechampullen	⇒ Ammoniak
<b>Auto</b>	
• Akku	⇒ Schwefelsäure
<b>Umwelt</b>	
• Saurer Regen	⇒ Schwefelsäure, Schweflige Säure, Salpetersäure

### **5.3. Beschreibung der Unterrichtseinheit “Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt”**

#### **5.3.1. 1. Teil: Einstieg „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt”**

##### **5.3.1.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

Diese erste Stunde hat die Aufgabe, den Begriff Indikator und verschiedene Indikatorsubstanzen einzuführen. Die Alltagsprodukte werden mit diesen Indikatorsubstanzen geprüft.

##### Fachliche Lernziele

- kennenlernen von Indikatoren,
- anhand der spezifischen Färbung des Indikators saure und alkalische Lösungen identifizieren,
- neutrale Reaktionen der Stoffe, die weder saure noch alkalische Lösungen sind

##### Alltagsbezogene Lernziele

- Identifizieren vieler Produkte im Haushalt als saure oder basische Lösungen.

**5.3.1.2. Tafelbild/Arbeitsblatt**Welche Produkte sind sauer oder alkalisch?

<b>Produkt</b>	<b>enthaltene Säure</b>	<b>enthaltene Base/Lauge</b>
Tafelessig	Essigsäure	
Zitrone	Zitronensäure	
Cola	Phosphorsäure	
Essigreiniger	Essigsäure	
WC-Reiniger mit Zitrone	Zitronensäure	
Kalk und Rost Reiniger	Phosphorsäure	
Autoakku	Schwefelsäure	
Fruchtsäfte, Apfelsaft	Apfelsäure	
Saure Milch	Milchsäure	
Magensäure	Salzsäure	
Backofenreiniger		Natronlauge
Fettlöser		Natronlauge
Rohrfrei		Natriumhydroxid
Blitzzement		Calciumhydroxid

Säure-Base-Indikatoren sind Stoffe, die in der Lage sind, durch Farbveränderungen saure und basische Eigenschaften von Stoffen anzuzeigen.

Spezifische Farben der Säure-Base-Indikatoren

<b>Indikator</b>	<b>im Neutralen</b>	<b>im Sauren</b>	<b>im Basischen</b>
Rotkohlsaft	blau	rot	gelb
Universalindikator	grün	rot	blau
Teststäbchen	siehe Verpackung	siehe Verpackung	siehe Verpackung
Indikatorpapier	gelbgrün	rot	blau

### 5.3.1.3. Versuch 1: Untersuchung der Haushaltschemikalien

#### **Problem:**

Bei sauren Gurken kann man am Geschmack erkennen, dass sie sauer sind. Reinigungsmittel und andere Chemikalien dürfen natürlich nicht gekostet werden. Aus diesem Grund benötigt man eine andere Möglichkeit, um zu überprüfen, ob die Produkte Säuren enthalten. Im folgenden Versuch sollen die Produkte mit verschiedenen Indikatoren untersucht werden.

#### **Geräte:**

- Bechergläser oder Reagenzgläser
- Pipetten

#### **Chemikalien:**

- verschiedene Haushaltschemikalien
- schwarzer Tee
- Rotkohlsaft
- Universalindikator oder -papier

#### **Durchführung:**

##### 1. Teilversuch:

Es wird ein Glas schwarzer Tee gekocht und mit Zitrone versetzt. Die Farbänderung ist zu beobachten.

##### 2. Teilversuch:

Von den Haushaltschemikalien werden jeweils wenige ml entnommen und in Bechergläser oder Reagenzgläser gegeben. Die Lösungen werden mit Rotkohlsaft versetzt. Parallel dazu können die Untersuchungen auch mit anderen Indikatoren durchgeführt werden.

#### **Beobachtung:**

##### 1. Teilversuch:

Der schwarze Tee wird heller.

##### 2. Teilversuch:

Nach der Zugabe von Rotkohlsaft ist entweder eine Rotfärbung oder eine Grün-Gelbfärbung zu beobachten. Nach der Zugabe von Universalindikator ist eine Rot- oder Blaufärbung sichtbar. Bei einigen Produkten kommt es zu keiner Farbveränderung der Indikatoren.

**Auswertung:**

1. Teilversuch:

Schwarzer Tee enthält Farbstoffe, die als Indikator wirken. Diese färben sich durch Säurezusatz heller, etwa nach der Zugabe von Zitronensaft.

2. Teilversuch:

Produkte, die Säuren enthalten färben den Rotkohlsaft, sowie den Universalindikator rot. Produkte, die Basen enthalten färben den Rotkohlsaft grün-gelb und den Universalindikator blau.

Produkte, die keine Säuren oder Basen enthalten reagieren neutral und ändern die Farbe der Indikatoren nicht.

**5.3.1.4. Ablauf des Unterrichts**

Die in dieser Unterrichtsstunde zu verwendenden Haushaltschemikalien (siehe Kap. 5.2.2.) sollen den Bezug zum Lebensumfeld der Jugendlichen herstellen.

Durch Lehrerimpulse werden die Jugendlichen angeregt, die Produkte nach Lebensmitteln, Reinigungsmitteln und Arzneimitteln zu sortieren. Im Unterrichtsgespräch wird mit den Jugendlichen erarbeitet, dass die ausgewählten Lebensmittel sauer schmecken. Ob die Reinigungsmittel auch sauer sind, lässt sich über den Geschmack nicht ermitteln. Um das zu prüfen, wird eine andere Methode benötigt.

Im ersten Teilversuch des Versuchs 1 sollen die Jugendlichen Indikatoren kennen lernen. Zu schwarzem Tee wird etwas Zitronensaft gegeben und die Wirkungsweise eines Indikators erarbeitet.

Im 2. Teilversuch werden die bereit stehenden Produkte mit verschiedenen Säure- und Base-Indikatoren getestet.

Die Schüler und Schülerinnen ermitteln, dass bei den einzelnen Indikatoren zwei verschiedene Verfärbungen des Indikators auftreten. Mit Hilfe der Etiketten wird erarbeitet, dass die Produkte, bei denen sich der Rotkohlsaft rot färbt, Säuren enthalten. Produkte, bei denen sich der Rotkohlsaft grün-gelb färbt enthalten Basen. Analog dazu fär-

ben Säuren Universalindikator rot und Basen blau. Tritt keine Farbveränderung auf, enthalten die Produkte weder Säuren noch Basen, sie reagieren neutral.

Die Säuren und Basen, die in den Produkten enthalten sind, werden notiert.

### 5.3.2. 2. Teil: Säure- und Base-Lösungen enthalten Ionen

#### 5.3.2.1. Intentionen und Ziele der Stunde

Ziel dieser Stunde ist es, eine Modellvorstellung aufgrund der Arrhenius-Definition einzuführen:  $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ -Ionen als charakteristische Teilchen der Säuren und  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ -Ionen als charakteristische Teilchen der Laugen.

##### Fachliche Lernziele

- Saure Lösungen enthalten Wasserstoff-Ionen ( $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ ),
- Basische Lösungen (Laugen) enthalten Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ ).

##### Alltagsbezogene Lernziele

- Saure Lösungen und Laugen leiten den elektrischen Strom.

#### 5.3.2.2. Tafelbild/Arbeitsblatt

##### Säuren

Saure Lösungen enthalten Wasserstoff-Ionen:  $\text{H}^+_{(\text{aq})}$ .

Name	Formel	Teilchen in Lösung
Salzsäure	$\text{HCl}_{(\text{aq})}$	$\text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$
Schwefelsäure	$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$	$2 \text{H}^+_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$

Laugen

Laugen enthalten Hydroxid-Ionen:  $\text{OH}^-_{(\text{aq})}$ .

Name	Formel	Teilchen in Lösung
Natriumhydroxid-Lösung	$\text{NaOH}_{(\text{aq})}$	$\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{OH}^-_{(\text{aq})}$
Calciumhydroxid-Lösung	$\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{aq})}$	$\text{Ca}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{OH}^-_{(\text{aq})}$

**5.3.2.3. Versuch 2: Überprüfung der Produkte auf Leitfähigkeit****Problem:**

Im Versuch 1 konnte festgestellt werden, dass durch die Produkte, die Säuren bzw. Laugen enthalten, die Indikatoren spezifisch ihre Farbe ändern. Welche Teilchen sind für diese Farbveränderung verantwortlich? Durch den Test auf Leitfähigkeit soll bestätigt werden, dass die Lösungen Ionen enthalten. Im folgenden Experiment werden saure und alkalische Lösungen auf ihre elektrische Leitfähigkeit untersucht.

**Geräte:**

- Bechergläser
- Leitfähigkeitsmessgerät oder
  - Kabel
  - Stromversorgungsgerät
  - Glühbirne mit Fassung
  - Draht

**Chemikalien:**

- verdünnte Salzsäure
- verdünnte Phosphorsäure
- verdünnte Salpetersäure
- verdünnte Natronlauge

**Durchführung:**

- Von den Säuren und Laugen gibt man einige ml jeweils in ein Becherglas. Mit einem Leitfähigkeitsprüfer werden die Lösungen auf ihre Leitfähigkeit überprüft. Zum Vergleich wird destilliertes Wasser eingesetzt.
- Der Leitfähigkeitsprüfer kann aus einem Stromversorgungsgerät und einer Glühbirne mit Fassung gebaut werden. Diese werden mit Kabeln verbunden. Anstelle eines Schalters werden zwei Drähte eingebaut, mit denen in die Lösungen getaucht wird.

**Beobachtung:**

Bei den Säure-Lösungen und Laugen ist ein Aufleuchten der Lampe zu beobachten. Bei destilliertem Wasser leuchtet die Lampe nicht auf.

**Auswertung:**

Damit in einer Lösung Strom fließen kann, müssen geladene Teilchen – Ionen – vorhanden sein. In den Säure- und Base-Lösungen fließt Strom, demnach enthalten sie Ionen.

**5.3.2.4. Ablauf des Unterrichts**

Nachdem im 1. Teil festgestellt wurde, dass Säuren und Basen jeweils eine spezifische Farbveränderung des Indikators hervorrufen, soll in dieser Stunde ermittelt werden, welche Teilchen für die jeweilige Farbänderung verantwortlich sind.

Wird die Liste der in den Haushaltschemikalien enthaltenen Basen überprüft, so fällt auf, dass alle Basen auf „Hydroxid“ enden. Was verbirgt sich hinter diesem „Hydroxid“? Anhand der Formeln, die jetzt zu den Basen angegeben werden, lässt sich feststellen, dass alle Hydroxide die Atomgruppe „OH“ enthalten. Doch wie sieht es bei den Säuren aus? Auch hier werden jetzt die Formeln der Säuren angegeben und es wird festgestellt, dass alle Säure-Moleküle H-Atome enthalten. Demnach scheinen für die sauren Eigenschaften die H-Atome und für die basischen Eigenschaften die Atomgruppe „OH“ verantwortlich zu sein. Jetzt ist nur noch zu testen, ob die „H“ und „OH“ als Atome oder als Ionen in den Lösungen vorkommen.

Die Jugendlichen sollten wissen, dass Lösungen die Ionen enthalten den elektrischen Strom leiten. Um zu ermitteln, ob die Säure-Lösungen und Laugen Ionen enthalten, kann der Versuch 2 durchgeführt werden. Hierbei ist mit Laborchemikalien (z.B. verdünnte Phosphorsäure) zu arbeiten, da die Haushaltschemikalien (z.B. Kalkreiniger) Stoffgemische sind, die die Ergebnisse verfälschen würden. Trotzdem ist der Bezug zu den Haushaltschemikalien zu wahren, indem die Jugendlichen auf diesen Sachverhalt hingewiesen werden.

Im Versuch sollen die Schüler und Schülerinnen feststellen, dass Säure- und Base-Lösungen den elektrischen Strom leiten und Ionen enthalten.

Zum Schluss werden die Dissoziationsgleichungen aufgestellt und die Begriffe Wasserstoff-Ion ( $H^+$ ) und Hydroxid-Ion ( $OH^-$ ) eingeführt.

### **5.3.3. 3. Teil: Der pH-Wert**

#### **5.3.3.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

In dieser Stunde soll gelernt werden, dass der pH-Wert ein Maß für die Konzentration einer Lösung an Wasserstoff-Ionen oder Hydroxid-Ionen ist.

##### Fachliche Lernziele

- Der pH-Wert ist ein Maß für die Konzentration einer Lösung an Wasserstoff-Ionen oder Hydroxid-Ionen.

##### Alltagsbezogene Lernziele

- Die im Haushalt verwendeten Produkte können neutral, unterschiedlich stark sauer oder unterschiedlich stark alkalisch sein.

#### **5.3.3.2. Tafelbild/Arbeitsblatt**

##### Der pH-Wert

Der pH-Wert ist ein Maß für die Konzentration einer Lösung an Wasserstoff- oder Hydroxid-Ionen.

Die pH-Skala umfaßt Zahlen zwischen 0 und 14:

pH 0 .... 2 , sehr saure Lösung, große Konzentration an  $H^+_{(aq)}$ -Ionen

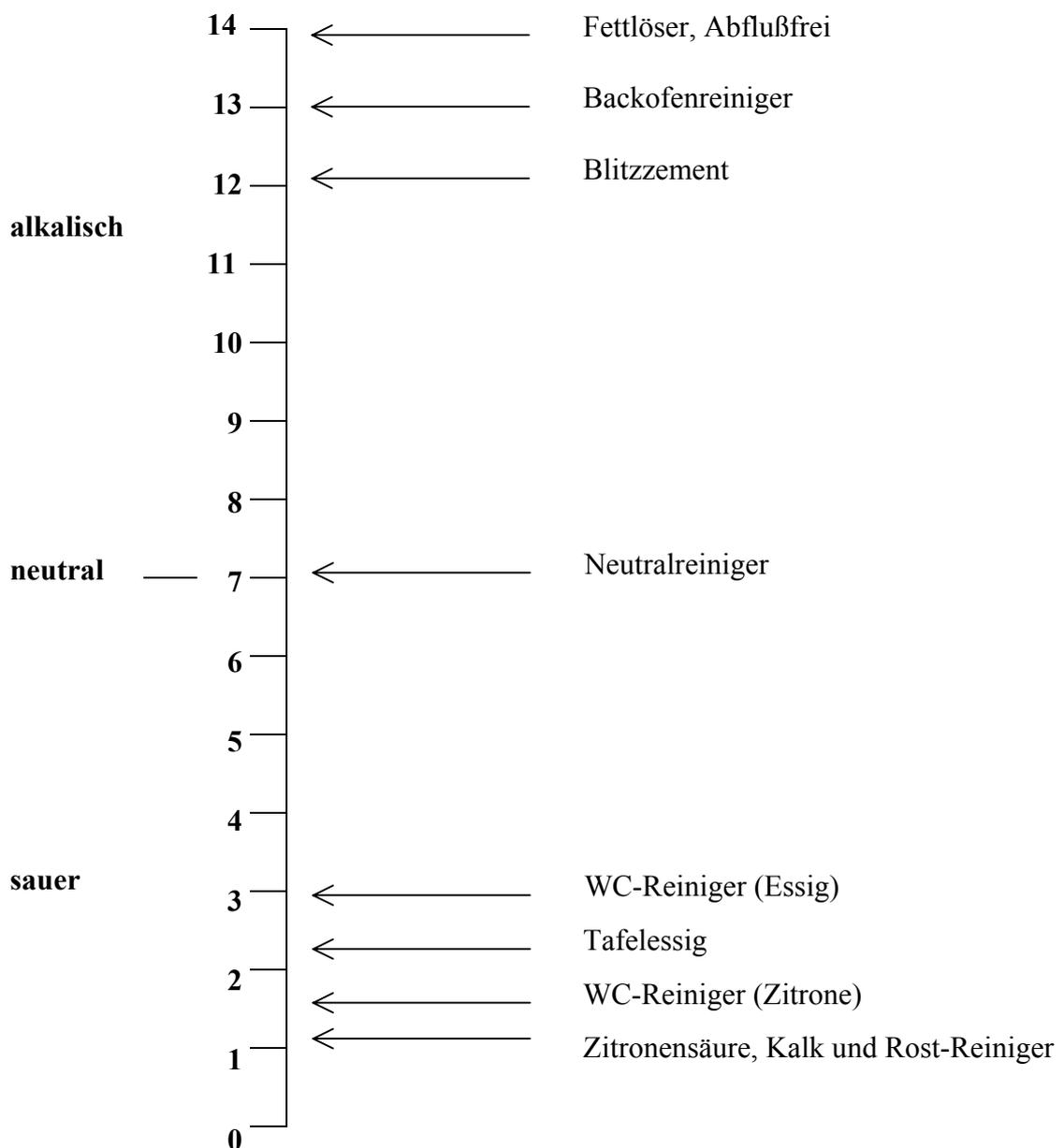
pH 3 .... 6 , schwach saure Lösung, kleine Konzentration an  $H^+_{(aq)}$ -Ionen

pH 7 , neutrale Lösung,  $H_2O$ -Moleküle

pH 8 .... 11 , schwach alkalische Lösung, kleine Konzentration an  $OH^-_{(aq)}$ -Ionen

pH 12 .... 14 , stark alkalische Lösung, große Konzentration an  $OH^-_{(aq)}$ -Ionen

### pH-Wert-Skala



Arbeitsblatt zu 5.3.3.2 (Für die Schüler und Schülerinnen ohne eingetragene Produkte.)

### 5.3.3.3. Versuch 3: Der pH-Wert der Haushaltschemikalien

**Problem:**

Bisher wurden die Haushaltschemikalien nur in Säuren, Basen oder neutral reagierende Produkte unterteilt. Diese Einteilung ist allerdings sehr grob. Um zu unterscheiden, ob eine Chemikalie sehr sauer oder weniger sauer bzw. sehr basisch oder nur leicht basisch reagiert, wird der pH-Wert der Lösung gemessen. Im folgenden Versuch sollen die pH-Werte der Haushaltschemikalien bestimmt und verglichen werden.

**Geräte:**

- Bechergläser oder Reagenzgläser
- evtl. pH-Meter

**Chemikalien:**

- Haushaltschemikalien
- Wasser
- Indikatorstäbchen

**Durchführung:**

Von den Haushaltschemikalien werden wenige ml in Bechergläser oder Reagenzgläser gegeben, evtl. mit Wasser versetzt und ein Indikatorstäbchen hineingetaucht. Das Indikatorstäbchen wird entsprechend der Herstellerbeschreibung mit der Skala verglichen und der pH-Wert bestimmt. Alternativ kann auch ein pH-Meter verwendet werden.

**Auswertung:**

Die erhaltenen Messwerte werden in eine pH-Wertskala eingetragen. Anschließend werden die pH-Werte der einzelnen Produkte verglichen.

### 5.3.3.4. Ablauf der Stunde

Bis jetzt haben die Jugendlichen die Einteilung nach saurer, alkalisch und neutral kennen gelernt. Diese Einteilung ist sehr grob. Um zu zeigen, wie sauer oder basisch eine Lösung ist, wird der pH-Wert eingeführt. Die Jugendlichen sollen erarbeiten, dass der pH-Wert ein Maß für den Gehalt einer Lösung an Wasserstoff- oder Hydroxid-Ionen ist.

Um die Produkte einordnen zu können, wird die pH-Wert-Skala eingeführt. Im allgemeinen umfasst sie den Bereich von 0 bis 14. Neutrale Lösungen haben einen pH-Wert

von ca. 7. Befinden sich in der Lösung  $H^+$ -Ionen, so ist der pH-Wert kleiner 7, die Lösung ist sauer. Von pH 7 bis pH 0 nimmt die Konzentration an  $H^+$ -Ionen zu, somit haben saurere Lösungen einen kleineren pH-Wert. Analog verhält es sich mit den Hydroxid-Ionen. Umso alkalischer eine Lösung ist, desto größer ist der pH-Wert. Demnach hat z.B. eine schwach alkalische Lösung einen pH-Wert von 9, eine stark alkalische Lösung einen pH-Wert von 11.

Im Schülerexperiment (Versuch 3) sollen die Schüler und Schülerinnen den pH-Wert verschiedener Produkte mit Indikatorstäbchen (oder pH-Meter) bestimmen. Die ermittelten pH-Werte werden mit dem Namen des Produkts in eine pH-Wert-Skala eingetragen.

#### **5.3.4. 4. Teil: Verwendung der sauren Reiniger**

##### **5.3.4.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

In dieser Stunde ist zu erarbeiten, wofür man Säuren im Haushalt verwenden kann. Dabei werden typische Reaktionen der Säuren betrachtet.

##### Fachliche Lernziele

- Säuren reagieren u.a. mit Kalk, unedlen Metallen und Rost.
- Bei der Reaktion von Säuren mit unedlen Metallen entsteht u.a. Wasserstoff.
- Säuren wirken ätzend.

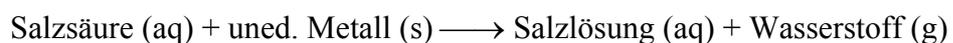
##### Alltagsbezogene Lernziele

- Mit sauren Reinigern und Säuren lassen sich Kalkablagerungen und Rostflecken entfernen.
- Mit sauren Reinigern und Säuren werden Marmor, unedle Metalle und Emaille zerstört.
- Mit Säuren und Produkten, die Säuren enthalten, muss vorsichtig umgegangen werden.

**5.3.4.2. Tafelbild/Arbeitsblatt**Verwendung von sauren Reinigern und Säuren

	lösen Kalk	lösen keinen Kalk
Kalkreiniger	x	
Essigreiniger	x	
Zitronensäure	x	
Essigsäure	x	
Neutralreiniger		x
Fettlöser		x

- Saure Reiniger und Säuren lösen Kalk und Rost.
- Da saure Reiniger und Säuren mit Kalk und unedlen Metallen reagieren, dürfen sie nicht zum Reinigen von Flächen eingesetzt werden, die diese Stoffe enthalten (Marmor, Aluminium, Emaille).
- Bei der Reaktion von Säuren mit unedlen Metallen entsteht Wasserstoff.
- Säuren wirken ätzend.

Reaktionen:**5.3.4.3. Versuch 4: Entfernung von Kalk****Problem:**

Bei der Analyse der Etiketten kann festgestellt werden, dass die sauren Reiniger zum Entfernen von Kalkablagerungen bestimmt sind. Im folgenden Versuch soll untersucht werden, welche Lösungen mit Kalk reagieren.

**Geräte:**

- verkalkte Petrischalen

**Chemikalien:**

- Haushaltschemikalien
- verdünnte Salzsäure
- Essigsäure

**Durchführung:**

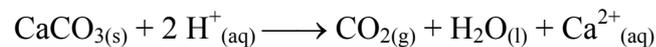
- In Petrischalen wird Leitungswasser gegeben. Anschließend werden sie auf die Heizung gestellt, damit das Wasser verdunstet. Das Verdunsten dauert etwa zwei Tage.
- Auf die verkalkten Petrischalen wird jeweils ca. 1 ml der verschiedenen Reiniger, sowie verdünnte Salzsäure, Essigsäure und Wasser gegeben.

**Beobachtung:**

Nach der Zugabe der Substanzen zu den verkalkten Petrischalen ist bei den Lösungen, die Säuren enthalten, ein Aufschäumen zu beobachten: der Kalk löst sich. Bei den Lösungen, die keine Säuren enthalten, sind auch keine Veränderungen zu beobachten.

**Auswertung:**

Kalk (s) + Säure (aq)  $\longrightarrow$  Kohlenstoffdioxid (g) + Wasser (l) + Salzlösung (aq)

**Hinweis:**

Sollte das Wasser nicht sehr hart sein, ist noch einmal Wasser zu verdunsten oder das Wasser mit Kalk zu versetzen.

**5.3.4.4. Versuch 5: Unerwünschte Reaktionen der sauren Reiniger****Problem:**

Leider reagieren Säuren nicht nur mit Kalk, sondern auch mit anderen Stoffen. Aus diesem Grund ist die Verwendung von sauren Reinigern und Säuren nicht uneingeschränkt zu empfehlen. Im folgenden Experiment soll ermittelt werden, welche unerwünschten Reaktionen saure Reiniger und Säuren verursachen können.

**Geräte:**

- Bechergläser oder Reagenzgläser
- Brenner
- Dreifuß mit Drahtnetz

**Chemikalien:**

- Kalkreiniger
- ca. 2 molare Salzsäure
- Magnesiumspäne
- Alufolie
- Marmor

**Durchführung:**

- Auf eine Marmorplatte wird etwas Kalkreiniger und andere Säuren gegeben. Zum Vergleich wird die Marmorplatte außerdem auch mit etwas Wasser befeuchtet.
- In ein Reagenzglas legt man einen Streifen Alufolie und füllt mit Kalkreiniger auf.
- In ein Reagenzglas werden einige Magnesiumspäne und ca. 2 ml Salzsäure gegeben. Das entstandene Gas wird mit einem zweitem Reagenzglas, welches über das erste gehalten wird, aufgefangen und eine Knallgasprobe durchgeführt. Anschließend wird die Lösung in ein Becherglas gegeben und eingedampft.

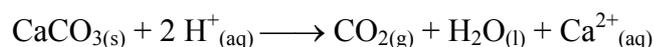
**Beobachtung:**

- Die sauren Reiniger und die Säuren reagieren mit Marmor und den unedlen Metallen unter Aufschäumen.
- Die Knallgasprobe fällt positiv aus.
- Nach dem Eindampfen bleibt ein weißes Salz übrig.

**Auswertung:**

- Marmor ist ein (metamorphes) Gestein, welches unterschiedliche Mengen Kalk enthält. Der im Marmor enthaltene Kalk reagiert mit Säuren, sodass es zur Zerstörung des Marmors kommt:

Marmor (s) + Säure (aq)  $\longrightarrow$  Kohlenstoffdioxid (g) + Wasser (l) + Salzlösung (aq)



- Säuren reagieren mit unedlen Metallen zu Salzlösungen und Wasserstoff:

Magnesium (s) + Säure (aq)  $\longrightarrow$  Salzlösung (aq) + Wasserstoff (g)



#### 5.3.4.5. Ablauf der Stunde

In dieser Stunde sollen die sauren Reinigungsmittel und andere Säuren aus dem Haushalt Gegenstand der Betrachtungen sein. Mit Hilfe der Etiketten wird erarbeitet, was man mit den sauren Reinigern reinigen kann. Die dabei erhaltenen Ergebnisse sollen in einem Schülerexperiment überprüft werden. Das Experiment ist in Versuch 4 beschrieben. Zusätzlich sind die Gefahren beim Umgang mit Säuren zu besprechen.

Bei der Auswertung des Versuchs wird erarbeitet, dass Säuren bzw. die Reiniger, die Säuren enthalten, mit Kalk reagieren und demnach gut zur Entfernung von Kalk geeignet sind. Exemplarisch werden die Gleichungen einiger Reaktionen aufgestellt.

Auf den Etiketten der sauren Reinigungsmittel ist angegeben, wofür diese Reiniger nicht zu verwenden sind. So ist angegeben, dass saure Reiniger nicht mit Marmor in Berührung kommen dürfen. Um dies zu überprüfen, wird auf eine Marmorplatte (im Baumarkt erhältlich, evtl. zerteilen) etwas saurer Reiniger gegeben. Dabei kommt es zum Aufschäumen. Nach dem Abspülen der Platte mit Wasser ist zu erkennen, dass die Oberfläche beschädigt ist. Dieser Versuch eignet sich sehr gut als Schülerexperiment.

Außerdem sollen saure Reiniger nicht mit Metallen in Berührung kommen. Dieser Sachverhalt lässt sich mit einem kleinen Experiment zeigen. In ein Reagenzglas wird etwas Aluminiumfolie gegeben und mit Kalkreiniger aufgefüllt. Nach ca. 10 Minuten ist eine Blasenbildung zu beobachten.

Um die fachlichen Grundlagen der Reaktionen von Säuren mit unedlen Metallen zu erarbeiten, empfiehlt es sich, Laborchemikalien zu verwenden, da die anderen Inhalts-

stoffe der Reiniger die Beobachtung stören. So kann man Magnesium mit Salzsäure reagieren lassen. Das entstandene Gas wird aufgefangen und eine Knallgasprobe durchgeführt. Anschließend kann die Lösung noch eingedampft werden, um das entstandene Salz zu zeigen. Nach diesem Versuch lässt sich die entsprechende Reaktionsgleichung sehr gut aufstellen. Die Ergebnisse werden auf die Reinigungsmittel übertragen und die Konsequenzen mit den Schülern und Schülerinnen erarbeitet.

Die Experimente werden im Versuch 5 beschrieben.

### **5.3.5. 5. Teil: Abflußreiniger und Fettlöser**

#### **5.3.5.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

Ziel dieser Stunde ist es, Einsatzmöglichkeiten der Basen und Laugen im Haushalt und wichtige Eigenschaften und Reaktionen der Basen und Laugen kennen zu lernen.

#### Fachliche Lernziele

- Starke Laugen wirken ätzend,
- Laugen lösen Fette auf.

#### Alltagsbezogene Lernziele

- Beim Umgang mit starken Basen muss man vorsichtig sein,
- Alkalische Reiniger können zum Lösen von fettigen Verschmutzungen eingesetzt werden,
- Rohrreiniger enthalten starke Alkalien und müssen deshalb vorsichtig eingesetzt werden.

### 5.3.5.2. **Tafelbild/Arbeitsblatt**

#### Laugen und Reiniger, die Laugen enthalten

- Laugen wirken ätzend, sie können die Haut verletzen.
- Mit Reinigern, die Laugen enthalten, lassen sich fettige Verschmutzungen auflösen.

#### Abflußreiniger

- Abflußreiniger ist ein Gemisch aus Natriumhydroxid, Aluminium und Salzen.
- Die Reaktion wird durch Zugabe von Wasser ausgelöst.
- Aluminium und Natriumhydroxid reagieren zu Salz und Wasserstoff. Diese Gasbildung soll den Schmutz lockern. (Im Abflussreiniger sind Nitrate enthalten, die mit Wasserstoff zu Ammoniak reagieren und den gefährlichen Wasserstoff damit umsetzen.)
- Natriumhydroxid-Lösung zersetzt Fette und Schmutz.

### 5.3.5.3. **Versuch 6: Reinigungsmittel, die Basen enthalten**

#### **Problem:**

Bei der Untersuchung der einzelnen Produkte wurde festgestellt, dass einige Reinigungsmittel Basen enthalten. Warum enthalten bestimmte Reinigungsmittel Basen/Laugen? Im folgenden Versuch ist zu ermitteln, welche Verschmutzungen sich durch Basen beseitigen lassen.

#### **Geräte:**

- Petrischalen
- Reagenzgläser

#### **Chemikalien:**

- Fett (z.B. Butter)
- Backofenreiniger
- verdünnte Natriumhydroxid-Lösung
- Speck
- Rohrreiniger
- Aluminiumspäne
- Natriumhydroxid
- Indikatorpapier

**Durchführung:**

- Petrischalen werden mit Fett eingerieben.
- Die fettigen Petrischalen werden mit Backofenreiniger, verdünnter Natriumhydroxid-Lösung und Wasser behandelt.
- Etwas verdünnte Natriumhydroxid-Lösung wird zwischen Daumen und Zeigefinger verrieben. Anschließend die Hände waschen!
- In ein Reagenzglas wird ein Würfel Speck gegeben und mit etwas Rohrreiniger überschichtet. Anschließend werden wenige ml Wasser dazugegeben. Der Geruch wird ermittelt und die Temperatur des Reagenzglases überprüft.
- Über das Reagenzglas wird ein Stück angefeuchtetes Indikatorpapier gehalten.
- Im Reagenzglas werden Aluminiumspäne und Natriumhydroxid mit Wasser versetzt. Das entstehende Gas wird mit einem darüber gehaltenen Reagenzglas aufgefangen und eine Knallgasprobe durchgeführt.

**Beobachtung:**

- Im Gegensatz zu Wasser löst sich bei der Verwendung von Backofenreiniger und verdünnter Natriumhydroxid-Lösung das Fett sehr gut.
- Beim Verreiben der verdünnten Natriumhydroxid-Lösung fasst sich die Lauge seifig an.
- Bei der Reaktion des Rohrreinigers ist eine Gasentwicklung festzustellen und das Reagenzglas wird heiß.
- Es ist ein Geruch nach Ammoniak festzustellen.
- Die Knallgasreaktion zeigt Wasserstoff an.

**Auswertung:**

Fette werden durch Laugen zersetzt. In der Fachsprache wird dieser Vorgang auch Verseifung genannt.

**5.3.5.4. Ablauf der Stunde**

In dieser Stunde sollen Reiniger, die Basen enthalten, untersucht werden. Zu diesem Zweck wird mit Hilfe der Etiketten erarbeitet, wofür diese Reiniger zu verwenden sind.

Die Jugendlichen ermitteln, dass man diese Reiniger einsetzt, um fettige Verschmutzungen zu entfernen, dass Rohrreiniger, die Basen enthalten, zum Lösen von Verstopfungen in Rohren verwendet werden.

In einem Schülerexperiment (Versuch 6) wird getestet, wie Backofenreiniger auf fettige Verschmutzungen wirkt. Dazu werden Petrischalen, die zuvor mit Fett eingerieben wurden, mit Backofenreiniger behandelt. Zum Vergleich werden weitere Petrischalen mit Natriumhydroxid-Lösung und Wasser behandelt. Dabei stellen die Schüler und Schülerinnen fest, dass Backofenreiniger und Natriumhydroxid-Lösung Fette sehr gut lösen. Um den Schülern und Schülerinnen zu zeigen, was dabei passiert, sollen die Jugendlichen etwas Natriumhydroxid-Lösung zwischen Daumen und Zeigefinger nehmen. Die Schüler und Schülerinnen stellen dabei fest, dass sich die Lauge dabei seifig anfasst. Jetzt kann man den Schülern und Schülerinnen erklären, dass das Fett auf der Hand verseift wird.

Rohrreiniger werden in vielen Haushalten verwendet. Der Hauptinhaltsstoff dieses Reinigers ist Natriumhydroxid. Da bei der Reaktion von Natriumhydroxid mit Wasser viel Wärme frei wird, ist diese Reaktion nicht ungefährlich. Aus dem Grund empfiehlt es sich, in diesem Zusammenhang auf die Gefahren von Laugen einzugehen: gegen Spritzer von Laugen schützt man sich mit Schutzbrillen.

Die Wirkungsweise von Rohrreiniger soll in einem Modellversuch getestet werden. Inwieweit in diesem Zusammenhang das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten erarbeitet wird, soll der unterrichtenden Lehrkraft überlassen bleiben.

Zuerst analysieren die Jugendlichen die Inhaltsstoffe des Rohrreinigers. Die Schüler und Schülerinnen sollten in diesem Reiniger drei verschiedene Inhaltsstoffe finden. Rohrreiniger bestehen im allgemeinen aus Natriumhydroxid-Kügelchen, anorganischen Salzen und Aluminium-Kügelchen. Einige dieser Kügelchen können getrennt und mit Wasser versetzt werden. Nach dem Testen mit Indikator stellt man fest, dass eine Sorte der weißen Kügelchen basisch reagiert. Jetzt können die Inhaltsstoffe entsprechend dem Etikett zugeordnet werden.

Beim Modellexperiment (Versuch 6) wird in ein Reagenzglas ein Würfel Speck gegeben und mit etwas Rohrreiniger überschichtet. Anschließend gibt man wenige ml Wasser dazu. Ab diesem Zeitpunkt setzt die Reaktion ein. Es ist ein Aufschäumen zu beo-

bachten. Am Geruch erkennen die Jugendlichen Ammoniak, welcher ein über das Reagenzglas gehaltenes, angefeuchtetes Stück Indikatorpapier blau färbt. Außerdem sollen die Schüler und Schülerinnen feststellen, dass die Reaktion stark exotherm ist und sich deshalb das Reagenzglas erwärmt.

Der Speck wird angegriffen und langsam aufgelöst.

In einem zweiten Teilversuch wird ermittelt, warum es zur Bildung von Ammoniak kommt. Hierzu lässt man Natriumhydroxid mit Aluminium-Stücken und Wasser reagieren. Der Geruch von Ammoniak ist in diesem Fall nicht wahrnehmbar. Wird über das Reagenzglas ein weiteres Reagenzglas gestülpt, ist es möglich Wasserstoff aufzufangen und mit der Knallgasprobe nachzuweisen. Anhand dieser Beobachtungen lässt sich die Bedeutung der Reaktion des gefährlichen Wasserstoffs mit den Nitraten zu Ammoniak diskutieren.

**Hinweis:**

- Bei Bedarf kann die theoretische Betrachtung des Abflussreinigers auch reduziert werden. z.B.:
  - bei der Reaktion entsteht ein Gas (Lockerung des Schmutzes)
  - die ätzende Natriumhydroxid-Lösung zersetzt den Schmutz

### **5.3.6. 6. Teil: Säuren und Laugen in der Umwelt**

#### **5.3.6.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

In dieser Unterrichtsstunde soll der „Saure Regen“ und die Herstellung von Kalkmörtel thematisiert werden. Dabei erhalten die Jugendlichen Kenntnisse über die Bildung von Säuren und Laugen.

Fachliche Lernziele

- Nichtmetalloxide und Wasser reagieren zu sauren Lösungen.
- Metalloxide und Wasser reagieren zu alkalischen Lösungen.

### Alltagsbezogene Lernziele

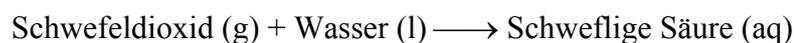
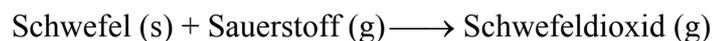
- Durch Emission von Schwefeldioxid entsteht „Saurer Regen“.
- Durch die Verwendung schwefelfreier Brennstoffe (z.B. Erdgas) und Abgasreinigung kann das Auftreten von „Sauerm Regen“ verringert werden.
- Kalken zum Schutz der Böden vor dem Versauern.
- Kalkmörtel enthält Calciumhydroxid.
- Calciumhydroxid kann aus gebranntem Kalk (Calciumoxid) und Wasser hergestellt werden.

### **5.3.6.2.      Tafelbild/Arbeitsblatt**

#### Saurer Regen

Bei der Verbrennung von Kohle reagiert der Schwefel, welcher sich in der Kohle befindet, zu Schwefeldioxid. Dieses Schwefeldioxid wird über den Schornstein in die Atmosphäre geblasen. Hier verbindet sich das Schwefeldioxid mit dem Regen und es entsteht Schweflige Säure.

#### Reaktionen:



#### Allgemein

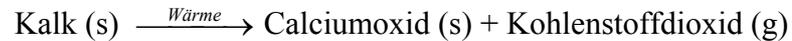
Säuren können bei der Reaktion von Nichtmetalloxiden und Wasser entstehen.

#### Maßnahmen gegen sauren Regen

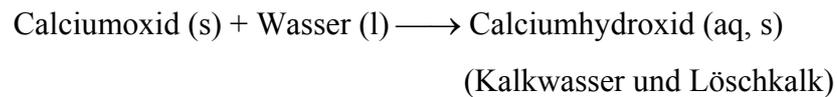
- Umsetzen des Schwefeldioxids in Industrieabgasen mit Kalkwasser zu Gips.
- Kalken zum Schutz der Böden vor dem Versauern.

Herstellung von Kalkmörtel (Calciumhydroxid)

- Brennen von Kalk



- „Löschen“ von Calciumoxid

Allgemein

Laugen können bei der Reaktion von Metalloxiden und Wasser entstehen.

**5.3.6.3. Versuch 7: Wie entsteht „Saurer Regen“?****Problem:**

Im Zusammenhang mit Säuren in der Umwelt fällt immer wieder der Begriff des „Saurer Regens“. Dabei stellen sich die Fragen, wie der „Saure Regen“ entsteht und was gegen ihn unternommen werden kann? Diese Fragen sollen im folgenden Experiment beantwortet werden.

**Geräte:**

- Erlenmeyerkolben
- Verbrennungslöffel mit durchbohrtem Stopfen

**Chemikalien:**

- Schwefel
- Universalindikator

**Durchführung:**

- In einen Erlenmeyerkolben wird etwas Wasser mit Universalindikator gegeben. Unter dem Abzug wird wenig Schwefel in einem Verbrennungslöffel mit durchbohr-

tem Stopfen entzündet und in den Erlenmeyerkolben getaucht. Der Kolben wird leicht geschwenkt und die Farbveränderung des Indikators beobachtet.

**Beobachtung:**

- Der Indikator färbt sich rot und zeigt damit das Entstehen einer Säure an.

**Auswertung:**

- Der Schwefel reagiert mit dem Sauerstoff der Luft zu Schwefeldioxid. Dieses Schwefeldioxid löst sich in Wasser und reagiert zu Schwefliger Säure.

**5.3.6.4. Versuch 8: Der „Blitzement“**

**Problem:**

Bei der Untersuchung der Haushaltschemikalien konnte festgestellt werden, dass „Blitzement“ alkalisch reagiert. Im folgenden Experiment ist die Frage zu klären, warum diese Substanz alkalisch reagiert. Außerdem lässt sich erarbeiten, wie „Branntkalk“, ein Inhaltsstoff des „Blitzements“, hergestellt wird.

**Geräte:**

- Tiegel mit Tiegelhalter
- Brenner
- Dreifuß

**Chemikalien:**

- Kalkpulver
- Universalindikator oder –papier

**Durchführung:**

- Im Tiegel wird Kalkpulver bis zur Rotglut erhitzt und anschließend abkühlen gelassen. Der gebrannte Kalk wird nun in ein Becherglas gegeben und mit etwas Wasser versetzt. Mit Indikatorpapier wird die basische Reaktion nachgewiesen. Den Brei kann man einige Tage lang aushärten lassen.

**Beobachtung:**

- Der Indikator färbt sich blau.
- Der Kalkbrei wird hart.

**Auswertung:**

- Durch das Brennen des Kalks entweicht Kohlenstoffdioxid und es entsteht Calciumoxid. Dieses Calciumoxid reagiert mit Wasser zu Calciumhydroxid. Beim Abbinden des Calciumhydroxids reagiert dieses mit Kohlenstoffdioxid zu Calciumcarbonat (Kalk) und Wasser.

**5.3.6.5. Ablauf der Stunde**

Zum Einstieg können Zeitungsartikel, die diese Thematik problematisieren, Verwendung finden. Es fanden und finden sich in den verschiedenen Zeitungen viele Artikel, die sich mit „saurem Regen“ beschäftigen. In der durchgeführten Unterrichtseinheit wurden die Artikel „Fischsterben durch sauren Regen“ und „Wie Zitronensaft aus Regenwolken“ gewählt.

**„Wie Zitronensaft aus Regenwolken“**

Schüler testeten Niederschlag

dpa Hamburg. Der über Norddeutschland niedergehende Regen ist manchmal so sauer wie Zitronensaft. Das ergaben Untersuchungen von Schülern aus Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsen.

Insgesamt hatten vom 18. April bis zum 8. Mai Schüler aus 65 Klassen im Alter zwischen 8 und 18 Jahren im Rahmen des Unterrichts täglich den Säuregehalt des Regens (den pH-Wert) gemessen. In einem Fall stellten die Schüler einen pH-Wert von 2,8 fest - vergleichbar mit der Säure einer Zitrone. ....  
*Nordwest Zeitung 09.07.1988 (aus HAUPT 1990)*

**Fischsterben durch sauren Regen**

**Oslo.** Ein internationales Forschungsprojekt unter norwegischer, englischer und schwedischer Beteiligung hat ergeben, dass ein deutlicher Zusammenhang zwischen „Saurem Regen“ und dem Rückgang von Fischbeständen besteht. Diese einhellige Auffassung der 90 an dem Projekt beteiligten Wissenschaftler kann erhebliche praktische Auswirkungen haben, da die britischen Behörden den Bau neuer Filteranlagen in Kraftwerken vom Ergebnis des Projektes über die Ursachen des Fischsterbens in Süd-Norwegen und Süd-Schweden abhängig gemacht haben. Die Kosten des 1984 gestarteten Forschungsprogramms in Höhe von 50 Millionen norwegischen Kronen (14 Millionen DM) hatte die staatliche britische Kohle- und Kraftwerksgesellschaft bewilligt. Sie reagierte damit auf immer heftigere skandinavische Kritik an ungefilterten Schwefelemissionen aus Großbritannien, die zu einem erheblichen Teil für das Wald- und Fischsterben in Norwegen und Schweden verantwortlich gemacht werden. Von der Regierung Thatcher wurde dieser Zusammenhang bis vor wenigen Monaten bestritten. dpa  
*Nordwest Zeitung 03.07.1987 (aus HAUPT 1990)*

Nach dem Durcharbeiten der Artikel wird das Problem: „Wie entsteht saurer Regen?“ aufgeworfen. Da in den Artikeln Angaben dazu gemacht werden, können die Schüler diese Frage mit Hilfe der Artikel beantworten. So sollten die Schüler und Schülerinnen zumindest „ungefilterte Schwefelemissionen“ und „Kraftwerke“ nennen können. Jetzt ist noch zu klären, woher die Schwefelemissionen kommen. Diese Frage können die Schüler und Schülerinnen im allgemeinen durch Informationen aus Funk und Zeitung beantworten. Es sollte die Antwort kommen, dass Kohle bis zu 2 % Schwefel enthält.

In einem Modellexperiment sollen nun die Jugendlichen untersuchen, was bei der Verbrennung von Schwefel passiert. Ein Modellexperiment wird gewählt, weil im Verhältnis wenig Schwefel in der Kohle enthalten ist, aber in Kraftwerken große Mengen Kohle verbrannt werden. Der Versuch wird in 5.3.6.3. beschrieben

Bei der Erklärung des Versuchs sollen die Schüler und Schülerinnen erkennen, dass der Schwefel mit dem Sauerstoff der Luft zu Schwefeldioxid reagiert. Das Schwefeldioxid löst sich in Wasser und reagiert mit diesem zu Schwefliger Säure. Die Erkenntnis kann mit anderen Nichtmetalloxiden vertieft werden. Als Beispiel eignet sich die Reaktion von Kohlenstoffdioxid zu Kohlensäure.

Die betrachteten Reaktionen lassen sich verallgemeinern: Nichtmetalloxid + Wasser reagiert zu Säure-Lösung.

Die Ergebnisse des Modellexperiments müssen nun noch durch die Jugendlichen auf die Umwelt übertragen werden: „Die Kohle, in der sich Schwefel befindet, wird verbrannt. Über den Schornstein wird das gebildete Schwefeldioxid in die Atmosphäre geblasen. Hier reagiert es mit dem Regen zu Schwefliger Säure, so dass der Regen sauer wird.“

Sinnvoll ist es jetzt die Maßnahmen durchzusprechen, die gegen den sauren Regen ergriffen werden können. Dazu sollen die Jugendlichen ihr in den vergangenen Unterrichtsstunden erworbenes Wissen einsetzen. So lernten die Schüler und Schülerinnen, dass Säure mit Kalk reagiert. Diese Methode wird u.a. in Wäldern eingesetzt. Dabei wird der Waldboden mit Kalk bestreut. In der Industrie werden die Abgase, die Schwefeldioxid enthalten, durch Kalkwasser geleitet. Man spricht dann von Waschtürmen. Bei der Umsetzung mit Kalkwasser entsteht Gips (Calciumsulfat).

Als nächstes ist zu erarbeiten, wie man Laugen erhalten kann. Hierzu lässt sich die Herstellung von Kalkmörtel als Versuch nachbilden. Zur Einstimmung könnte folgende Geschichte erzählt werden:

Vor Tausenden von Jahren hat sich folgendes zugetragen: Auf Kalkstein wurde ein Lagerfeuer errichtet. Bei einem Platzregen zerfielen die erhitzten Kalksteinbrocken plötzlich dampfend zu feinem Pulver und ergaben schließlich einen weißen Brei. Dieser Brei verfestigte sich allmählich, bis schließlich die ganze Masse wiederum versteinert war. So könnte man den Kalkmörtel gefunden haben.

Diese Geschichte wird im Experiment nachgebildet. Der Versuch wird unter 5.3.6.4. beschrieben. Die zu gewinnenden Erkenntnisse sind unter 5.3.6.2. zusammengefasst.

### **5.3.7. 7. Teil: Neutralisation**

#### **5.3.7.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

In dieser Unterrichtsstunde soll die Neutralisation von sauren und alkalischen Lösungen betrachtet werden.

##### Fachliche Lernziele

- Bei der Neutralisation reagieren die  $H^+$ -Ionen aus der sauren Lösung mit den  $OH^-$ -Ionen aus der alkalischen Lösung zu Wasser-Molekülen. Dabei bleibt ein Salz übrig.

##### Alltagsbezogene Lernziele

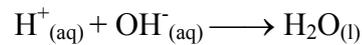
- Durch Neutralisation wird die Wirkung von Säuren oder Laugen aufgehoben oder verringert, z.B. kann bei Übersäuerung des Magens „Maaloxan“ oder „Bullrichsalz“ eingenommen werden, die als Lauge die Säure des Magens neutralisieren.

#### **5.3.7.2. Tafelbild/Arbeitsblatt**

##### Neutralisation

alkalische Lösung + saure Lösung  $\xrightarrow{\text{Neutralisation}}$  Salzlösung + Wasser

Bei der Neutralisation reagieren die Wasserstoff-Ionen aus der sauren Lösung mit den Hydroxid-Ionen aus der alkalischen Lösung zu Wasser-Molekülen:

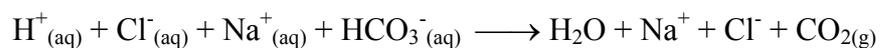
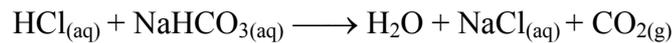


### Neutralisation der Magensäure

pH-Wert der „Modellmagensäure“ vor der Zugabe von „Maaloxan“ .....

pH-Wert der „Modellmagensäure“ nach der Zugabe von „Maaloxan“: .....

Salzsäure + Natriumhydrogencarbonat  $\longrightarrow$  Wasser + Kochsalzlösung  
+ Kohlenstoffdioxid



### **5.3.7.3. Versuch 9: Reaktion von Säuren mit Laugen**

#### **Problem:**

In der Vergangenheit wurden Reiniger kennen gelernt, die Säuren enthalten und andere, die Laugen enthalten. Mit beiden können verschiedene Verschmutzungen beseitigt werden. Ist es möglich, saure und basische Reiniger zusammenzugeben, um neue Reiniger mit beiden Eigenschaften zu erhalten? Das soll im folgenden Experiment untersucht werden.

**Geräte:**

- Bechergläser
- Pipetten
- Brenner
- Dreifuß mit Drahtnetz
- pH-Meter

**Chemikalien:**

- Kalkreiniger
- Salzsäure („c = 0,1 mol/l“)
- Backofenreiniger
- Natronlauge („c = 0,1 mol/l“)
- Maaloxan
- Indikatorstäbchen

**Durchführung:**

1. In ein Becherglas wird etwas saurer Reiniger gegeben und mit Indikator versetzt. In ein weiteres Becherglas wird etwas basischer Reiniger gegeben (z.B. Backofenreiniger). Steht dieser nicht zur Verfügung, so kann auch etwas Abflussfrei mit Wasser versetzt werden. Zum sauren Reiniger wird nun der basische Reiniger zugetropft und der Farbumschlag des Indikators beobachtet.
2. In einem Becherglas wird verdünnte Salzsäure mit Indikator versetzt. Zu dieser Lösung wird verdünnte Natronlauge zugetropft, bis die Lösung neutral ist. Anschließend wird eingedampft.
3. In einem Becherglas wird 50 ml 0,1 molare Salzsäure (Modellmagensäure) vorgelegt und der pH-Wert mit Indikatorstäbchen oder einem pH-Meter gemessen. Anschließend wird dazu eine Tablette „Maaloxan“ gegeben und umgerührt. Der pH-Wert wird erneut gemessen.

**Beobachtung:**

1. Während der Zugabe von Backofenreiniger ändert sich die Farbe des Indikators von „sauer“ über „neutral“ nach „basisch“.
2. Nach dem Eindampfen bleibt ein weißes Salz übrig.
3. Der pH-Wert steigt von .... bis .... an.

**Auswertung:**

- siehe Tafelbild/Arbeitsblatt

#### **5.3.7.4. Ablauf der Stunde**

In den vergangenen Unterrichtsstunden lernten die Jugendlichen, dass saure und basische Reiniger verschiedene Eigenschaften haben. In dieser Stunde ist zu klären, was passiert, wenn saure und basische Reiniger zusammen gegeben werden. So könnte z.B. eine provokative Fragestellung lauten: „Erhält man durch die Kombination von sauren und basischen Reinigern neue Reiniger mit beiden Eigenschaften?“ Dies soll in Versuch 9 untersucht werden. Dabei können die Jugendlichen feststellen, dass sich eine neutrale Lösung bildet. Aus dem vorhergehenden Unterricht wissen die Schüler und Schülerinnen, dass neutrale Lösungen weder Wasserstoff-Ionen noch Hydroxid-Ionen enthalten. Die Wasserstoff-Ionen der Säure reagieren mit den Hydroxid-Ionen der Lauge zu Wasser. Demnach heben sich die Eigenschaften von Säuren und Basen auf. Man spricht von Neutralisation.

Soll auch das übrig gebliebene Salz gezeigt werden, so ist dieser Versuch mit Laborchemikalien zu wiederholen und die Lösung einzudampfen. Um den Bezug zu den Alltagschemikalien zu erhalten, sollte den Jugendlichen erklärt werden, dass nur die interessierenden Inhaltsstoffe verwendet werden, um Störungen durch die anderen Stoffe zu vermeiden.

Eine Anwendung der Neutralisation im Gesundheitsbereich ist die Neutralisation der überschüssigen Magensäure bei Sodbrennen. Dieser Sachverhalt kann in einem Modellexperiment nachgestellt werden (siehe Versuch 9).

### **5.3.8. 8. Teil: Konzentration und Titration von Säuren und Laugen**

#### **5.3.8.1. Intentionen und Ziele der Stunde**

In dieser Stunde sollen die Konzentrationen von sauren Lösungen und Laugen, sowie deren Bestimmung, thematisiert werden.

#### Fachliche Lernziele

- Der Gehalt in Prozent gibt an, wie viel g eines Stoffes in 100 g Lösung gelöst sind. Dabei handelt es sich um die Konzentration.

- Die Neutralisation von Säuren durch Laugen bzw. umgekehrt kann zur Gehaltsbestimmung saurer bzw. alkalischer Lösungen benutzt werden.
- Als Methode zur Gehaltsbestimmung wird die Titration kennengelernt.

#### Alltagsbezogene Lernziele

- Auf vielen Produkten wird die Konzentration in Masseprozent angegeben.
- Einschätzung der Bedeutung der Konzentrationen.

### **5.3.8.2. Tafelbild/Arbeitsblatt**

#### Konzentration von Säuren und Laugen

Der Massenanteil (%) gibt an, wie viel g eines Stoffes in 100 g Lösung gelöst sind.

Bsp.:

- Essigessenz ist 25 %ig  
25 g reine Essigsäure sind in Wasser zu 100 g Lösung gelöst. Also:  
 $25 \text{ g Säure} + 75 \text{ g Wasser} = 100 \text{ g Essenz}$
- Akkusäure ist 20 %ig  
20 g reine Schwefelsäure sind in Wasser zu 100 g Akkusäure gelöst. Also:  
 $20 \text{ g Säure} + 80 \text{ g Wasser} = 100 \text{ g Akkusäure}$

#### Titration von Säuren und Laugen

Die Neutralisation von Säuren durch Laugen bzw. umgekehrt wird häufig zur Gehaltsbestimmung saurer (alkalischer) Lösungen benutzt. Das Verfahren wird Titration genannt.

Aus einem Messgefäß, der Bürette, lässt man die Maßlösung (eine Lösung von bekanntem Gehalt, z.B. eine Lauge) langsam zu der zu bestimmenden Lösung (hier eine Säure) fließen. Ein der zu untersuchenden Lösung zugesetzter Farbstoff (Indikator) zeigt durch einen Farbumschlag an, wenn die Neutralisation beendet ist. Man liest an der Skala die verbrauchte Menge der Maßlösung ab und kann in Tabellen den Gehalt in % nachsehen.

**5.3.8.3. Versuch 10: Bestimmung der Konzentration der Akkusäure****Problem:**

Damit ein Autoakku richtig funktioniert muss die darin enthaltene Schwefelsäure eine Konzentration von 20 % besitzen. Im folgenden Experiment soll eine Möglichkeit kennen gelernt werden, um die Konzentration einer Lösung zu bestimmen.

**Geräte:**

- Bürette mit Stativ
- Weithalslerlenmeyerkolben
- Pipette (5 ml) mit Pipettierhilfe

**Chemikalien:**

- Autoakku/Akkusäure  
(20 %ige Schwefelsäure)
- Natronlauge ( $c = 1 \text{ mol/l}^{\text{c}}$ )
- Bromthymolblau (o.a. Indikator)

**Durchführung:**

- In die Bürette wird eine Lauge bekannter Konzentration (1-M Natriumhydroxid-Lösung) gegeben. Im Erlenmeyerkolben werden 5 ml Akkusäure vorgelegt und mit Wasser und Bromthymolblau oder einem anderen Indikator versetzt. Anschließend wird die Akkusäure bis zum Farbumschlag titriert und der Verbrauch an Natriumhydroxid-Lösung abgelesen.
- Anhand des Verbrauchs an Natronlauge wird die Konzentration der Schwefelsäure der Tabelle entnommen.

**Beobachtung:**

- Nach der Zugabe einer bestimmten Menge Natriumhydroxid-Lösung färbt sich Bromthymolblau blau.

**Auswertung:**

Schwefelsäuregehalt in %	$c_{H^+}$ in mol/l	ml NaOH pro 1 ml Säure	ml NaOH pro 5 ml Säure
18	4,128	4,1	20,6
19	4,384	4,4	21,9
20	4,648	4,6	23,2
21	4,912	4,9	24,6
22	5,182	5,2	25,9
23	5,452	5,5	27,3

**5.3.8.4. Ablauf der Stunde**

Ausgehend von Weinessig und Essigessenz kann erarbeitet werden, wie sich beide unterscheiden. Dabei sollte festgestellt werden, dass Essigessenz eine 25 %ige Lösung und Weinessig eine 5 %ige Lösung ist. Anhand dieser Erkenntnis ist zu ermitteln, wie viel g reine Essigsäure dann jeweils in 100 g Essigessenz und Weinessig enthalten sind: 25 g bzw. 5 g. Damit ist Essigessenz stärker konzentriert als Weinessig.

Diese Ergebnisse lassen sich auch auf andere Produkte übertragen. Es könnte folgende Frage gestellt werden: „Akkusäure ist 20 %ige Schwefelsäure. Wie viel g reine Schwefelsäure ist in 100 g Akkusäure enthalten?“ Es sind 20 g.

Wie lässt sich überprüfen, ob die Akkusäure im bereit stehenden Akku auch 20 %ig ist? Hier können die Erkenntnisse der letzten Unterrichtsstunde verwendet werden: Um die Wirkung einer Säure aufzuheben, wird eine bestimmte Menge Lauge benötigt (Neutralisation). Kennt man die Konzentration dieser Lauge, kann man die Konzentration der Säure bestimmen (oder umgekehrt).

Um genau feststellen zu können, wie viel Säure (Lauge) zugegeben wurde, verwendet man die Titration. An dieser Stelle ist die Titration den Jugendlichen vorzustellen.

Im Schülerexperiment (Versuch 10) wird die Konzentration der Akkusäure ermittelt. Dazu gibt man in die Bürette eine Lauge bekannter Konzentration (1-M Natriumhydroxid-Lösung). Den Schülern und Schülerinnen kann erklärt werden, dass es diese Maßlösungen zu kaufen gibt oder man stellt sie selber her.

Im Erlenmeyerkolben werden 5 ml Akkusäure vorgelegt und mit Bromthymolblau oder einem anderen Indikator versetzt. Anschließend wird die Akkusäure titriert. Um die Auswertung zu vereinfachen, kann der Verbrauch an Natriumhydroxid-Lösung für die einzelnen Konzentrationen der Schwefelsäure vorgegeben werden. Natürlich kann man die Konzentration auch berechnen.

In weiteren Experimenten könnte man andere Produkte titrieren oder die Konzentration von Essig und Essigessenz ermitteln und z.B. mit Akkusäure vergleichen.

## 6. Durchführung der Untersuchung

### 6.1. Durchführung

**Voruntersuchung.** Um den allgemeinen Interessenfragebogen zum Chemieunterricht zu testen und die Einstellung der Jugendlichen zu ihrem Chemieunterricht zu ermitteln, wurde der Fragebogen im Januar und Februar 1997 in 12 zufällig ausgewählten Schulklassen verschiedener Schulen in Nordrhein-Westfalen eingesetzt.

**Hauptuntersuchung.** Die eigentlichen Untersuchungen zur Lernwirksamkeit von Alltagsorientiertem Chemieunterricht fanden in 5 neunten Klassen einer westfälischen Gesamtschule im April und Mai 1997 und 4 neunten Klassen eines Thüringer Gymnasiums von November 1997 bis Februar 1998 statt.

In der Gesamtschule standen für die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ 12 Unterrichtsstunden und im Gymnasium 16 Unterrichtsstunden zur Verfügung. Die 5 Schulklassen der Gesamtschule wurden von 4 Lehrkräften, 2 Lehrerinnen und 2 Lehrern unterrichtet. Im Gymnasium erteilte eine Lehrerin den Unterricht in allen Klassen.

In beiden Schulen fand der Unterricht in Einzel- und in Doppelstunden statt.

Die Überprüfung des Wissensgewinns erfolgte außerhalb dieser Untersuchung durch die Lehrer in Form von Leistungskontrollen und Klausuren.

### 6.2. Stichproben

**Voruntersuchung.** In der Voruntersuchung beantworteten 279 Jugendliche den Fragebogen. Die genaue Verteilung der Schüler und Schülerinnen auf die einzelnen Schulformen und Klassen kann der Tabelle 6-1 entnommen werden.

**Tab. 6-1:** Stichprobenverteilung - Voruntersuchung

<b>Geschlecht</b>	männlich		weiblich	
<b>Schulform</b>	Gymnasium	Realschule	Gymnasium	Realschule
<b>8. Klasse</b>		11		13
<b>9. Klasse</b>	20	30	27	29
<b>10. Klasse</b>	17	23	6	26
<b>11. Klasse</b>	39		38	

**Hauptuntersuchung.** An der Hauptuntersuchung nahmen insgesamt 173 Jugendliche teil. Die genaue Verteilung ist der Tabelle 6-2 zu entnehmen

**Tab. 6-2:** Stichprobenverteilung - Hauptuntersuchung

	Schüler	Jungen	Mädchen
<b>Gesamtschule</b>	116	62	54
<b>Gymnasium</b>	57	25	32
<b>gesamt</b>	173	87	86

### 6.3. Methoden zur statistischen Auswertung

Die statistische Untersuchung der Daten erfolgte entsprechend den im Lehrbuch für angewandte Statistik (SACHS 1997) angegebenen Tests.

In der vorliegenden Arbeit sind verschiedene Gruppen zu vergleichen, d.h. es ist festzustellen, ob zwischen den Jungen und Mädchen bzw. den verschiedenen Jahrgängen Unterschiede bei den Antworten der Jugendlichen bestehen.

In den Fragebögen finden nominale und ordinale Skalen Verwendung. Die Nominalskala setzt nur die Gleichheit oder Ungleichheit von Eigenschaften bzw. die Möglichkeit mehrklassiger Einteilungen in Kategorien voraus. Ordinalskalen sind Skalen, in denen ausgesagt werden kann, welche Beziehungen zwischen den Messwerten bestehen, d. h.

ordinalskalierte Messwerte lassen sich bezüglich ihrer Größe in einer Rangreihe ordnen. Man nennt daher die Skalenwerte einer Ordinalskala auch Ränge.

Bei zwei unabhängigen Zufallsstichproben von Messwerten oder zumindest von Rangdaten aus Grundgesamtheiten mit ähnlicher bis gleicher Verteilungsform wird der U-Test eingesetzt. Er ist ein Rangsummentest.

Mit dem U-Test wird überprüft, ob zwei beprobte Grundgesamtheiten die gleiche Lage besitzen. Die Beobachtungen aus beiden Gruppen werden kombiniert und in eine gemeinsame Reihenfolge gebracht, wobei im Falle von gleichen Rangdaten der durchschnittliche Rang angenommen wird. Wenn die Grundgesamtheiten in der Lage identisch sind, sollten die Ränge zufällig zwischen den beiden Stichproben gemischt werden. Es wird berechnet, wie oft ein Wert aus Gruppe 1 einem Wert aus Gruppe 2 und wie oft ein Wert aus Gruppe 2 einem Wert aus Gruppe 1 vorangeht.

Der  $\chi^2$ -Test findet bei nominalen Skalen Anwendung.

Zur Überprüfung, ob zwischen zwei Gruppen „echte“ oder nur zufällige Unterschiede bestehen, wird eine Nullhypothese ( $H_0$ ) und eine Alternativhypothese ( $H_A$ ) formuliert.

Die Nullhypothese drückt die Vermutung aus, dass sich zwei Stichproben nicht „echt“, sondern nur zufällig voneinander unterscheiden. Die Alternativhypothese drückt dagegen die Vermutung aus, dass sich die beiden Stichproben unterscheiden.

Die Nullhypothese wird verworfen und die Alternativhypothese angenommen, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit, die Nullhypothese fälschlicherweise verworfen zu haben, kleiner 5 % ist. Das heißt, dass die errechneten P-Werte der Tests kleiner als 0,05 sein müssen. In diesen Fällen kann von einem signifikanten Unterschied gesprochen werden. Ist die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner 1 %, so sind die Unterschiede zwischen den Gruppen sehr signifikant.

In Anlehnung an CLAUB & EBNER (1974) werden in der vorliegenden Arbeit die Signifikanzniveaus durch folgende Abkürzungen und Symbole gekennzeichnet:

---

	$P > 0,05$	$P \leq 0,05$	$P \leq 0,01$	$P \leq 0,001$
verbale Bedeutung	nicht signifikant	signifikant	sehr signifikant	hoch- signifikant
Buchstabensymbolisierung	n.s.	s.	s.s.	h.s.
grafische Symbolisierung		*	**	***

---

## 7. Ergebnisse der Voruntersuchung zum Interesse der Jugendlichen am Chemieunterricht

In der Voruntersuchung wurden Jungen und Mädchen verschiedener Schulen und Klassenstufen in Nordrhein-Westfalen nach ihrer Einstellung und ihren Wünschen zum Chemieunterricht befragt. Der dabei eingesetzte Fragebogen wurde in Kap. 4.3.4.1. beschrieben und findet sich im Anhang I.

**Interesse am Chemieunterricht.** Auf die Frage, ob die Jugendlichen ihren bisherigen Chemieunterricht interessant finden, geben 71,4 % der Jungen und 59,9 % der Mädchen aller Klassenstufen an, dass dies so ist. Eigentlich sehen diese Zahlen gar nicht schlecht aus, wenn ca. 2/3 der Jugendlichen mit ihrem Unterricht zufrieden sind. Doch ein Blick auf die einzelnen Schulstufen zeigt, dass es hier besonders bei den Mädchen große Unterschiede gibt. Abbildung 7-1 ist zu entnehmen, dass das Interesse am Chemieunterricht bei den Jugendlichen der 8. Klasse am größten ist. Bei den Jungen in Klasse 9, 10 und 11 geben ca. 70 % an, dass sie Chemie mögen. Dagegen nimmt bei den Mädchen das Interesse am Chemieunterricht von Klassenstufe 8 bis 10 stark ab. Der Anstieg in Klasse 11 ist damit zu erklären, dass hier die Möglichkeit besteht, Chemie abzuwählen.

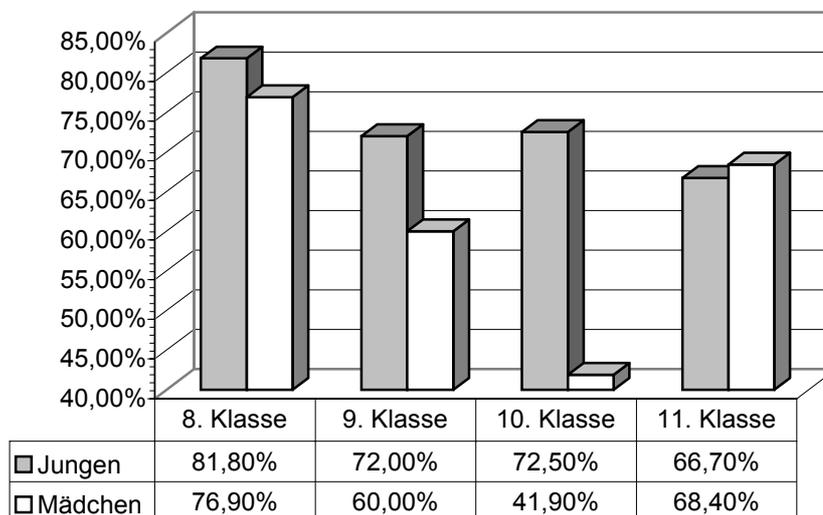


Abb. 7-1: Interesse am Chemieunterricht

**Gründe für die Einschätzung des Chemieunterrichts.** Nachdem besonders bei den Mädchen zu beobachten ist, dass das Interesse am Chemieunterricht im Laufe der

Schulzeit nachlässt, ist nun zu ermitteln, was die Gründe dafür sind, dass die Jugendlichen ihren Chemieunterricht mögen oder nicht mögen.

**Tab. 7-1:** Gründe warum die Jugendlichen Chemie mögen

<b>Ich mag das Fach Chemie:</b>	<b>Jugendliche</b>	<b>P</b> <b>(Chi<sup>2</sup>-Test ♂-♀)</b>
weil es mich sehr interessiert	64,0%	0,477
weil ich es für wichtig halte	37,0%	0,396
weil man Chemiekenntnisse im Leben braucht	33,3%	0,769
weil ich einen ähnlichen Beruf erlernen möchte	22,2%	0,152
weil ich hier eine gute Note habe	30,2%	0,091
weil ich den Chemielehrer/die Chemielehrerin mag	15,9%	0,109

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

In Tabelle 7-1 sind die Gründe, warum die Jugendlichen den Chemieunterricht positiv einschätzen, zusammengefasst. Diese Items wurden nur von den Schülern und Schülerinnen beantwortet, die bei der vorhergehenden Frage angaben, dass sie Chemie interessant finden. Signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen konnten nicht festgestellt werden. Für 64 % der erwähnten Jugendlichen ist demnach das Interesse an diesem Fach der Hauptgrund für die positive Einstellung zum Chemieunterricht.

In der vorliegenden Arbeit ist zu klären, was unternommen werden kann, damit auch für die anderen Mädchen und Jungen der Chemieunterricht interessant und bedeutungsvoll wird.

Ein erster Schritt auf dem Weg hierzu ist, zu ermitteln, was diesen Jugendlichen an ihrem bisherigen Chemieunterricht nicht gefällt. Der Tabelle 7-2 kann entnommen werden, was die Schüler und Schülerinnen am Chemieunterricht stört.

**Tab. 7-2:** Gründe warum die Jugendlichen Chemie nicht mögen

<b>Ich mag das Fach Chemie nicht:</b>	<b>Jugendliche</b>	<b>P</b> <b>(Chi<sup>2</sup>-Test ♂-♀)</b>
weil es mich überhaupt nicht interessiert	33,0%	0,573
weil ich hier eine schlechte Note habe	19,6%	0,555
weil es mich langweilt	42,3%	0,516
weil ich es doch nicht verstehe	41,2%	0,258
weil ich es später doch nicht gebrauchen kann	39,2%	0,147
weil ich den Chemielehrer/die -lehrerin nicht mag	23,7%	0,945

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

Die Hauptgründe für die Ablehnung des Chemieunterrichts sind bei Jungen und Mädchen, dass sie das Fach langweilig finden (42,3 % der Jugendlichen), dass sie es nicht verstehen (41,2 % der Jugendlichen) und dass sie es nicht gebrauchen können (39,2 % der Jugendlichen). Die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen sind auch hier nicht signifikant.

In der folgenden Untersuchung sollen die von den Jugendlichen als negativ empfundenen Aspekte des Unterrichts berücksichtigt werden und durch entsprechende Gestaltung einer Unterrichtseinheit beseitigt werden.

Dazu ist es notwendig zu erfragen, wie sich die Jugendlichen ihren Unterricht vorstellen.

**Gestaltung des Chemieunterrichts.** Wie sich die Jugendlichen ihren Chemieunterricht, in Bezug auf Experimente und Schülerversuche, vorstellen, kann der Tabelle 7-3 entnommen werden. Bei den Antworten der Jugendlichen konnten keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen festgestellt werden. Mehr als die Hälfte der Schüler und Schülerinnen wünschen sich Lehrer- und Schülerexperimente. Dagegen polarisieren sich die Interessen der Jugendlichen auf die Frage, ob sie viele Experimente mit wenig Theorie oder Experimente mit ausführlicher Theorie wünschen. Dies zeigt zum einen den Wunsch der Schüler und Schülerinnen die Experimente so zu erklären, dass sie deren Bedeutung auch verstehen, zum anderen möchten die Schüler praktisch arbeiten, ohne sich Gedanken darüber machen zu müssen.

**Tab. 7-3:** Gestaltung des Chemieunterrichts

	Jugendliche	P (Chi <sup>2</sup> -Test ♂-♀)
Viele Experimente und wenig Theorie	47,3%	0,306
Nur Schülerexperimente	11,9%	0,202
Nur Lehrerexperimente	2,9%	0,154
Lehrer- und Schülerexperimente	55,2%	0,165
Experimente und ausführliche Theorie	38,6%	0,507
Keine Experimente, nur Theorie	1,1%	0,566

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an einzelnen Themen.** Über welche Themen die Jugendlichen im Chemieunterricht mehr erfahren möchten kann der Tabelle 7-4 entnommen werden.

Auf einer fünfstufigen Skala konnten die Schüler und Schülerinnen angeben, wie groß ihr Interesse an den einzelnen Themen ist. Bei der Auswertung der Antworten wurde einem Kreuz bei "sehr gern" die Eins zugeteilt und einem Kreuz bei "überhaupt nicht" die Fünf. Aus diesen Zahlenwerten wurden die Mittelwerte gebildet.

**Tab. 7-4:** Interesse an den Themen

	Jungen		Mädchen	
	Rangplatz	Mittelwert	Rangplatz	Mittelwert
Wissenschaftliche Themen	7	3,11*	7	3,41*
Praktische und lebensnahe Themen	1	1,86*	1	1,63*
Umweltbezogene Themen	3	2,30	3	2,02
Kunststoff-Chemie	5	2,91**	6	3,35**
Organische Chemie	6	2,92	5	3,17
Nahrungsmittelchemie	4	2,59**	2	1,92**
Besichtigung von Chemiebetrieben	2	2,03*	4	2,45*

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

Die Ergebnisse unterscheiden sich bis auf umweltbezogene Themen und Organische Chemie bei den Jungen und Mädchen signifikant bzw. sehr signifikant.

Auffallend ist das große Interesse der Jugendlichen an praktischen und lebensnahen Themen, welches bei den Mädchen etwas mehr ausgeprägt ist als bei den Jungen. Aus

diesem Wunsch wurden die Hypothesen für die Hauptuntersuchung abgeleitet, dass Schüler und Schülerinnen der Klassenstufe 9 durch einen alltagsorientierten Chemieunterricht situationales Interesse entwickeln und dieser alltagsorientierte Chemieunterricht besonders den Mädchen entgegen kommt.

Die wissenschaftlichen Themen dagegen schneiden bei den Jungen und Mädchen am schlechtesten ab, wobei die Mädchen die wissenschaftlichen Themen noch weniger mögen, als die Jungen. Auf dem zweiten Platz liegt bei den Jungen die Besichtigung von Chemiebetrieben, die bei den Mädchen nur auf Platz 4 liegt. Die Mädchen möchten dagegen mehr über Nahrungsmittel erfahren. Bei den Jungen stehen die Nahrungsmittel auf Platz 4. An dritter Stelle stehen bei Jungen und Mädchen umweltbezogene Themen. Fast gleich ist das Interesse der Jungen an Kunststoffchemie und organischer Chemie. Sie haben einen Mittelwert von 2,91 und 2,92 und liegen damit auf Platz 5 und 6. Bei den Mädchen nehmen diese Themen in umgekehrter Reihenfolge Platz 5 und 6 ein. Allerdings sind die Mittelwerte mit 3,17 und 3,35 etwas schlechter.

**Interesse an einzelnen Unterrichtsgegenständen.** Da sich ein alltagsorientierter Chemieunterricht an den Interessen der Jugendlichen ausrichten soll, ist es wichtig zu wissen, über welche Anwendungen der Chemie die Schüler und Schülerinnen mehr erfahren möchten. Dazu wurden den Jungen und Mädchen 35 Themen vorgegeben, bei denen sie auf einer fünfstufigen Skala angeben konnten, wie groß ihr Interesse an den einzelnen Bereichen ist. Der Tabelle 7-5 können die Mittelwerte entnommen werden, wobei ein kleiner Wert für großes Interesse steht.

Vergleicht man das Wahlverhalten der Jungen und Mädchen, so fällt auf, dass bei den Mädchen auf den ersten Plätzen Themen zu finden sind, die dem Alltag entstammen, wie die Themen: „Fotos herstellen“, „Arzneimittel“, „Alkohol“, „Färben“, „Lebensmittel“ und „Kosmetik“. Die Jungen wünschen sich mit „Sprengstoff“ und „Raketenantrieb“ eher Themen, die spektakulär sind, aber weniger zum Alltag gehören. Von den Themen, die dem Alltag zugeordnet werden können, folgen auf Platz 3 das Thema „Alkohol“, auf Platz 5 bis 7 die Themen „Arzneimittel“, „Lebensmittel“ und „Fotos herstellen“.

Auffallend sind die Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen, über Kosmetik mehr erfahren zu wollen. Während die Mädchen ein recht großes Interesse an Kosmetik haben, möchten Jungen kaum etwas darüber wissen, obwohl Jungen auch Körperpflege betreiben und Sonnencremes benutzen.

Neben den vorgegebenen Einzelthemen hatten die Jugendlichen die Möglichkeit weitere Themen zu nennen, über die sie mehr erfahren möchten. Häufig genannte Vorschläge waren: Drogen, Gifte, Feuerwerk, alternative Energien, Wasseraufbereitung, Kläranlagen, Fasern/Kleidung und das Schwimmbad.

**Tab. 7-5:** Interesse an den Unterrichtsgegenständen

	<b>Jungen</b> (Mädchen)		<b>Mädchen</b> (Jungen)
Sprengstoff	1,31 (2,25)**	Fotos herstellen	1,42 (2,31)**
Raketenantrieb	1,65 (3,09)**	Arzneimittel	1,76 (2,30)**
Alkohol	1,84 (1,84)	Alkohol	1,84 (1,84)
Brennstoffzelle	2,19 (3,72)**	Färben	1,98 (2,78)**
Arzneimittel	2,30 (1,76)**	Lebensmittel	2,00 (2,30)**
Lebensmittel	2,30 (2,00)**	Kosmetik	2,02 (3,79)**
Fotos herstellen	2,31 (1,42)**	Saurer Regen	2,11 (2,45)**
Belastung in der Luft	2,32 (2,21)	Belastung in der Luft	2,21 (2,32)
Benzin	2,34 (3,47)**	Sprengstoff	2,25 (1,31)**
Benzin und Heizöl	2,34 (3,53)**	Belastungsstoffe im Wasser	2,35 (2,36)
Schwefelsäure	2,35 (3,43)**	Papier aus Holz	2,43 (2,73)*
Belastungsstoffe im Wasser	2,36 (2,35)	Farbstoffe	2,48 (2,94)**
Akku und Batterien	2,37 (3,23)**	Belastung im Erdboden	2,51 (2,48)
Saurer Regen	2,45 (2,11)**	Recycling	2,79 (2,87)
Abgase	2,45 (2,91)**	Behandlung von Müll	2,86 (3,14)*
Belastung im Erdboden	2,48 (2,51)	Zucker aus Rüben	2,90 (3,46)**
Metall-Legierungen	2,49 (3,61)**	Abgase	2,91 (2,45)**
Stahl und Metall	2,63 (3,59)**	Konservierungsmittel	2,93 (2,92)
Klebstoff	2,66 (3,03)	Kunststoffe	3,01 (2,75)
Papier aus Holz	2,73 (2,43)*	Klebstoff	3,03 (2,66)
Aufbereitung von Altöl	2,73 (3,53)**	Raketenantrieb	3,09 (1,65)**
Kunststoffe	2,75 (3,01)	Salz im Bergwerk	3,12 (3,28)*
Färben	2,78 (1,98)**	Waschmittel	3,15 (3,36)*
Recycling	2,87 (2,79)	Haushaltreiniger	3,20 (3,24)
Konservierungsmittel	2,92 (2,93)	Akku und Batterien	3,23 (2,37)**
Zement	2,92 (4,09)**	Schwefelsäure	3,43 (2,35)**
Farbstoffe	2,94 (2,48)**	Benzin	3,47 (2,34)**
Behandlung von Müll	3,14 (2,86)*	Überdüngung	3,48 (3,29)
Düngemittel	3,14 (3,77)**	Benzin und Heizöl	3,53 (2,34)**
Haushaltreiniger	3,24 (3,20)	Aufbereitung von Altöl	3,53 (2,73)**
Salz im Bergwerk	3,28 (3,12)*	Stahl und Metall	3,59 (2,63)**
Überdüngung	3,29 (3,48)	Metall-Legierungen	3,61 (2,49)**
Waschmittel	3,36 (3,15)*	Brennstoffzelle	3,72 (2,19)**
Zucker aus Rüben	3,46 (2,90)**	Düngemittel	3,77 (3,14)**
Kosmetik	3,79 (2,02)**	Zement	4,09 (2,92)**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an Schulfächern.** Um festzustellen, wie die Jugendlichen Chemieunterricht im Vergleich zu den anderen Fächern einschätzen, sollten sie angeben, wie gerne sie die einzelnen Fächer mögen. Dabei hatten sie die Möglichkeit auf einer fünfstufigen Skala anzukreuzen. Aus den Antworten der Schüler und Schülerinnen wurden die Mittelwerte gebildet, wobei die kleineren Zahlen für größere Beliebtheit stehen. Die Ergebnisse können der Tabelle 7-6 entnommen werden. Der Chemieunterricht liegt bei den Jungen und Mädchen im Mittelfeld der erfragten Fächer, wobei die Chemie bei den Schülern auf Platz 5 steht und bei den Schülerinnen auf Platz 8. Die Antworten zur Chemie unterscheiden sich bei den Schülern und Schülerinnen nicht signifikant.

**Tab. 7-6:** Beliebtheit der einzelnen Unterrichtsfächer (Klasse 8 – 11)

	<b>Jungen</b> (Mädchen)		<b>Mädchen</b> (Jungen)
Sport	1,83 (2,04)**	Sport	2,04 (1,83)**
Mathematik	2,35 (2,82)**	Kunst	2,04 (3,01)**
Geschichte	2,37 (3,19)**	Biologie	2,23 (2,40)
Biologie	2,40 (2,23)	Deutsch	2,56 (2,89)**
Chemie	2,58 (2,86)	Englisch	2,60 (2,73)
Physik	2,58 (3,61)**	Musik	2,74 (3,31)**
Erdkunde	2,58 (2,98)**	Mathematik	2,82 (2,35)**
Englisch	2,73 (2,60)	Chemie	2,86 (2,58)
Deutsch	2,89 (2,56)**	Erdkunde	2,98 (2,58)**
Kunst	3,01 (2,04)**	Geschichte	3,19 (2,37)**
Musik	3,31 (2,74)**	Religion	3,31 (3,33)
Religion	3,33 (3,31)	Physik	3,61 (2,58)**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

Bei den in der Tabelle 7-6 dargestellten Werten handelt es sich um die Antworten aller Schüler und Schülerinnen der Klassen 8 bis 11.

Um die Einstellung zum Chemieunterricht in den einzelnen Schuljahren zu zeigen, sind in der Tabelle 7-7 die Mittelwerte für die einzelnen Jahrgangsstufen angegeben. Während bei den Jungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassenstufen zu beobachten sind, wird der Chemieunterricht von den Mädchen in Klasse 10 signifikant schlechter beurteilt als in Klasse 9. In der Stufe 11 beurteilen die Mädchen den Chemie-

unterricht signifikant positiver als in Klasse 10 (siehe Tabelle 7-8). Zwischen Jungen und Mädchen besteht nur in Klasse 10 ein signifikanter Unterschied (Tabelle 7-7)

**Tab. 7-7:** Einstellung zum Chemieunterricht in den Jahrgangsstufen

	<b>Mittelwerte Jungen</b>	<b>Mittelwerte Mädchen</b>	<b>P (U-Test ♂-♀)</b>
Stufe 8	2,64	2,62	0,952
Stufe 9	2,46	2,84	0,099
Stufe 10	2,73	3,41	0,017*
Stufe 11	2,58	2,53	0,798

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Tab. 7-8:** Einstellung zum Chemieunterricht in den Jahrgangsstufen – U-Test

<b>U-Test</b>	<b>P (U-Test - Jungen)</b>	<b>P (U-Test – Mädchen)</b>
Stufe 8 – 9	0,808	0,515
Stufe 9 – 10	0,217	0,033*
Stufe 10 – 11	0,627	0,004**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

## 8. Ergebnisse der Hauptuntersuchung

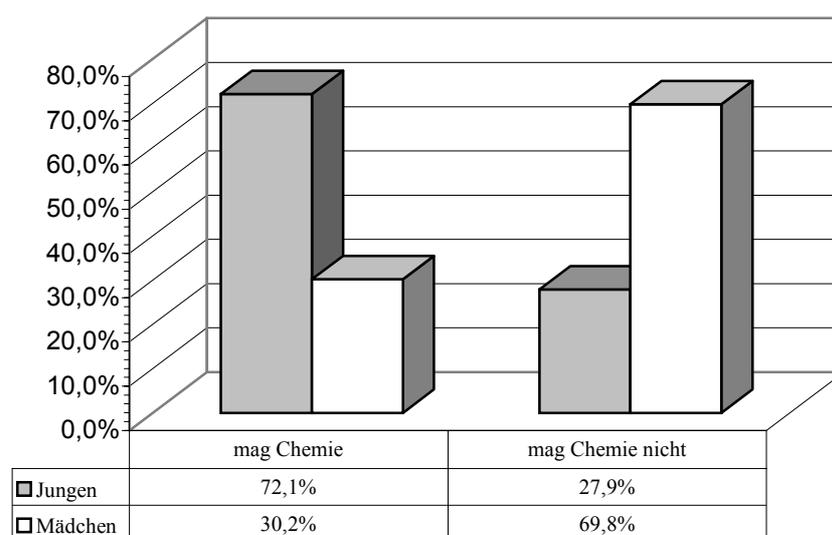
Die Hauptuntersuchung fand in einer Westfälischen Gesamtschule und einem Thüringer Gymnasium statt. Vor der mit Alltagschemikalien durchgeführten Unterrichtseinheit beantworteten die Jugendlichen den schon in der Voruntersuchung eingesetzten Fragebogen, um die aktuelle Einstellung der Schüler und Schülerinnen zu ihrem Chemieunterricht zu ermitteln. Nach der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurde eine weitere Befragung mit dem Ziel, eine Einschätzung dieses Unterrichts zu erhalten, durchgeführt.

### 8.1. Westfälische Gesamtschule

#### 8.1.1. Fragebogen vor der Unterrichtseinheit

**Interesse am Chemieunterricht.** Eine wichtige Frage ist, wie die Jugendlichen ihren bisherigen Chemieunterricht einschätzen. Darauf geben 72,1 % der Jungen, aber nur 30,2 % der Mädchen an, dass sie mit ihrem bisherigen Chemieunterricht zufrieden sind (vgl. Abb. 8-1).

Diese Zahlen zeigen sehr eindrucksvoll, dass es besonders die Mädchen sind, die mit ihrem Chemieunterricht nicht zufrieden sind. Doch was sind die Gründe dafür?



**Abb. 8-1:** Interesse am Chemieunterricht ( $\chi^2$ -Test  $\sigma$  -  $\varphi$ :  $P = 0,000$  (h.s.))

**Gründe für die Einschätzung des Chemieunterrichts.** Der Tabelle 8-1 können Gründe entnommen werden, die die Jugendlichen für ihr Desinteresse an der Chemie markiert haben. Mehr als die Hälfte der Jugendlichen geben an, dass sie Chemie langweilig finden. Im Rahmen der Untersuchung ist aus diesem Grund zu prüfen, wie sich diese „Langeweile“ beseitigen lässt. „Weil ich das im Chemieunterricht Gelernte später doch nicht gebrauchen kann“ ist für die Schüler und Schülerinnen ein weiterer Grund für die Ablehnung des Faches. Dieser Sachverhalt ist das Hauptanliegen der folgenden Untersuchung und soll später betrachtet werden.

Im Gegensatz zu den Jungen ist der Hauptgrund für die Mädchen, die Chemie ablehnen, das Problem des „Verstehens“ (siehe Tabelle 8-1a).

**Tab. 8-1:** Gründe warum die Jugendlichen Chemie nicht mögen

<b>Ich mag das Fach Chemie nicht:</b>	<b>Jugendliche</b>	<b>P (Chi<sup>2</sup>-Test)</b>
weil es mich überhaupt nicht interessiert	40,7 %	0,581
weil ich hier eine schlechte Note habe	18,5 %	0,386
weil es mich langweilt	53,7 %	0,609
weil ich es doch nicht verstehe	44,4 %	0,007**
weil ich es später doch nicht gebrauchen kann	46,3 %	0,939
weil ich den Chemielehrer/die Chemielehrerin nicht mag	5,6 %	0,177

(signifikanter Unterschied zw. ♂ - ♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Tab. 8-1a:** Gründe warum die Jugendlichen Chemie nicht mögen (getrennt nach Jungen und Mädchen)

<b>Ich mag das Fach Chemie nicht:</b>	<b>Jungen</b>	<b>Mädchen</b>
weil ich es doch nicht verstehe	17,6%	56,8%

**Gestaltung des Chemieunterrichts.** Wie wünschen sich nun die Schüler und Schülerinnen ihren Chemieunterricht? Auffallend ist hier das große Interesse der Jugendlichen, viele Experimente mit wenig Theorie durchzuführen (siehe Tabelle 8-2). Allerdings geben mehr als die Hälfte der Schüler und Schülerinnen an, dass sie im Unterricht eine Mischung aus Schüler- und Lehrerexperimenten wünschen.

**Tab. 8-2:** Wünsche der Jugendlichen an ihren Chemieunterricht

	<b>Jugendliche</b>	<b>P</b> <b>(Chi<sup>2</sup>-Test)</b>
Viele Experimente und wenig Theorie	69,8 %	0,078
Nur Schülerexperimente	12,1 %	0,379
Nur Lehrerexperimente	5,2 %	0,518
Lehrer- und Schülerexperimente	55,2 %	0,841
Experimente und ausführliche Theorie	15,5 %	0,722
Keine Experimente, nur Theorie	0,0 %	

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an einzelnen Themen.** Um den Chemieunterricht so zu gestalten, dass ihn die Jugendlichen gerne durchführen, ist es notwendig zu wissen, welche Themen die Schüler und Schülerinnen im Unterricht gerne bearbeiten möchten. An erster Stelle steht dabei bei den Jungen der Westfälischen Gesamtschule die Besichtigung von Chemiebetrieben. Bei Gesprächen mit den Lehrkräften konnte festgestellt werden, dass die Jugendlichen in ihrem bisherigem Chemieunterricht noch keine Exkursionen in Chemiebetriebe durchgeführt haben, so dass es sich bei der Antwort der Schüler um einen Wunsch handelt. Inwieweit dieser Wunsch Bestand hat, müsste durch eine Exkursion mit anschließender Befragung überprüft werden. Die Mädchen favorisieren dagegen umweltbezogene Themen. An zweiter Stelle folgen bei Jungen und Mädchen die praktischen und lebensnahen Themen. Den letzten Rangplatz nehmen bei den Schülern und auch Schülerinnen die wissenschaftlichen Themen ein. Die genaue Verteilung kann der Tabelle 8-3 entnommen werden. Die Unterschiede bei den wissenschaftlichen Themen, der Kunststoff-Chemie, der organischen Chemie und der Besichtigung von Chemiebetrieben sind zwischen Jungen und Mädchen sehr signifikant.

**Tab. 8-3:** Interesse der Jugendlichen an den Bereichen der Chemie

	<b>Jungen</b>		<b>Mädchen</b>	
	Rangplatz	Mittelwert	Rangplatz	Mittelwert
Wissenschaftliche Themen	7	3,15**	6	4,00**
Praktische und lebensnahe Themen	2	1,76	2	1,94
Umweltbezogene Themen	3	2,26	1	1,89
Kunststoff-Chemie	4	2,63**	5	3,72**
Organische Chemie	6	3,02**	6	4,00**
Nahrungsmittelchemie	5	2,68	3	2,37
Besichtigung von Chemiebetrieben	1	1,72**	4	2,47**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an einzelnen Unterrichtsgegenständen.** Bei den einzelnen Themen handelt es sich um eine sehr grobe Unterteilung. Welche Bereiche die Jugendlichen im Unterricht gerne thematisieren möchten kann der Tabelle 8-4 entnommen werden.

Die Jungen der Gesamtschule bevorzugen spektakuläre Unterrichtsinhalte, wie Sprengstoff oder den Antrieb von Raketen. Die Mädchen favorisieren dagegen Themen, die dem Alltag zuzuordnen sind, wie Fotos herstellen, Alkohol, Kosmetik und Arzneimittel. Interessant ist auch hier die negative Korrelation beim Wunsch etwas über Kosmetik zu erfahren. Bei den Mädchen nimmt Kosmetik den Rangplatz 3 ein, bei den Jungen steht Kosmetik auf dem letzten Platz.

Lebensmittel nehmen bei den Jungen und den Mädchen einen vorderen Platz ein. Haushaltsreiniger stoßen bei den Jungen auf kein sehr großes Interesse und bei den Mädchen auf mittleres Interesse. Diese beiden Themen sollen, wegen ihres starken Alltagsbezugs Hauptinhalt der zu untersuchenden Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ sein. Damit stellt sich die Frage, ob die Jugendlichen, nachdem sie mehr über Reinigungsmittel erfahren, diesen Unterricht trotzdem als interessant einschätzen.

**Tab. 8-4:** Themenwünsche der Jugendlichen

	<b>Jungen</b> (Mädchen)		<b>Mädchen</b> (Jungen)
Sprengstoff	1,17 (2,53)**	Fotos herstellen	1,44 (2,46)**
Raketenantrieb	1,48 (3,52)**	Alkohol	1,77 (1,60)
Alkohol	1,60 (1,77)	Kosmetik	1,91 (3,60)**
Benzin	2,02 (3,74)**	Arzneimittel	1,96 (2,35)
Schwefelsäure	2,13 (3,96)**	Färben	2,04 (2,79)**
Lebensmittel	2,16 (2,21)	Lebensmittel	2,21 (2,16)
Belastungsstoffe im Wasser	2,20 (2,51)	Saurer Regen	2,21 (2,21)
Saurer Regen	2,21 (2,21)	Belastung in der Luft	2,43 (2,23)
Brennstoffzelle	2,23 (4,13)**	Belastungsstoffe im Wasser	2,51 (2,20)
Belastung in der Luft	2,23 (2,43)	Sprengstoff	2,53 (1,17)**
Metall-Legierungen	2,23 (3,96)**	Papier aus Holz	2,54 (2,71)
Benzin und Heizöl	2,34 (3,90)**	Belastung im Erdboden	2,60 (2,37)
Arzneimittel	2,35 (1,96)	Farbstoffe	2,73 (2,87)
Belastung im Erdboden	2,37 (2,60)	Zucker aus Rüben	2,86 (3,44)*
Abgase	2,38 (3,10)**	Recycling	2,92 (2,84)
Akku und Batterien	2,44 (3,70)**	Salz im Bergwerk	3,02 (3,03)
Fotos herstellen	2,46 (1,44)**	Abgase	3,10 (2,38)**
Stahl und Metall	2,51 (3,73)**	Behandlung von Müll	3,15 (3,21)
Klebstoff	2,59 (3,22)**	Waschmittel	3,19 (3,08)
Papier aus Holz	2,71 (2,54)	Klebstoff	3,22 (2,59)**
Kunststoffe	2,75 (3,38)**	Haushaltreiniger	3,31 (2,87)
Färben	2,79 (2,04)**	Konservierungsmittel	3,33 (2,82)*
Aufbereitung von Altöl	2,82 (3,96)**	Kunststoffe	3,38 (2,75)**
Konservierungsmittel	2,82 (3,33)*	Raketenantrieb	3,52 (1,48)**
Recycling	2,84 (2,92)	Akku und Batterien	3,70 (2,44)**
Farbstoffe	2,87 (2,73)	Stahl und Metall	3,73 (2,51)**
Haushaltreiniger	2,87 (3,31)	Benzin	3,74 (2,02)**
Düngemittel	2,94 (3,98)**	Überdüngung	3,85 (3,10)**
Zement	3,03 (4,29)**	Benzin und Heizöl	3,90 (2,34)**
Salz im Bergwerk	3,03 (3,02)	Schwefelsäure	3,96 (2,13)**
Waschmittel	3,08 (3,19)	Aufbereitung von Altöl	3,96 (2,82)**
Überdüngung	3,10 (3,85)**	Metall-Legierungen	3,96 (2,23)**
Behandlung von Müll	3,21 (3,21)	Düngemittel	3,98 (2,94)**
Zucker aus Rüben	3,44 (2,86)*	Brennstoffzelle	4,13 (2,23)**
Kosmetik	3,60 (1,91)**	Zement	4,29 (3,03)**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an Schulfächern.** Eine weitere Möglichkeit zu ermitteln, wie die Schüler und Schülerinnen ihren Chemieunterricht einschätzten, ist der Vergleich mit anderen Unterrichtsfächern.

Die Jugendlichen hatten die Möglichkeit die einzelnen Fächer auf einer fünfstufigen Skala einzuschätzen. Aus diesen Angaben wurden die Mittelwerte gebildet und entsprechend geordnet (siehe Tabelle 8-5).

Bei den Jungen steht Chemie an fünfter Stelle mit einem Mittelwert von 2,35. Dagegen nimmt Chemie bei den Mädchen den vorletzten Rangplatz ein, mit einem Mittelwert von 3,54. Dabei sind die Unterschiede zwischen Schülern und Schülerinnen sehr signifikant.

**Tab. 8-5:** Beliebtheit der einzelnen Unterrichtsfächer vor der Unterrichtseinheit

	<b>Mittelwert Jungen</b>		<b>Mittelwert Mädchen</b>
Sport	1,62*	Kunst	1,80**
Mathematik	2,06	Sport	1,96*
Geschichte	2,32**	Mathematik	2,07
Biologie	2,32	Biologie	2,43
Chemie	2,35**	Englisch	2,80
Erdkunde	2,56	Erdkunde	2,91
Religion	2,78*	Deutsch	2,96
Englisch	2,84	Musik	3,00
Kunst	2,86**	Geschichte	3,04**
Deutsch	3,02	Religion	3,31*
Musik	3,24	Chemie	3,54**
Physik	3,24**	Physik	3,72**

(\* signifikanter Unterschied zw. Jungen und Mädchen (auf dem 5% Niveau) (\*\* auf dem 1% Niveau))

### 8.1.2. Fragebogen nach der Unterrichtseinheit

Nach der mit Alltagschemikalien durchgeführten Unterrichtseinheit erhielten die Jugendlichen einen weiteren Fragebogen, mit dessen Hilfe ermittelt wurde, wie die Schüler und Schülerinnen diesen Unterricht empfanden. Insbesondere die Alltagsverknüpfungen und die Schülerexperimente waren hierbei für die Auswertung von Interesse.

**Allgemeine Einschätzung der Unterrichtseinheit.** Die Antworten auf die Frage: „Wie hast du dieses Thema empfunden?“ sollen Aufschluss darüber geben, wie die Jugendlichen den mit Alltagschemikalien durchgeführten Unterricht beurteilen. Dabei zeigt sich,

dass über 60 % der Jugendlichen den Unterricht als interessant oder sehr interessant empfanden. Nur ca. 16 % der Schüler und Schülerinnen gaben an, dass der Unterricht wenig oder überhaupt nicht interessant war. Die genauen Ergebnisse können der Abbildung 8-1 entnommen werden.

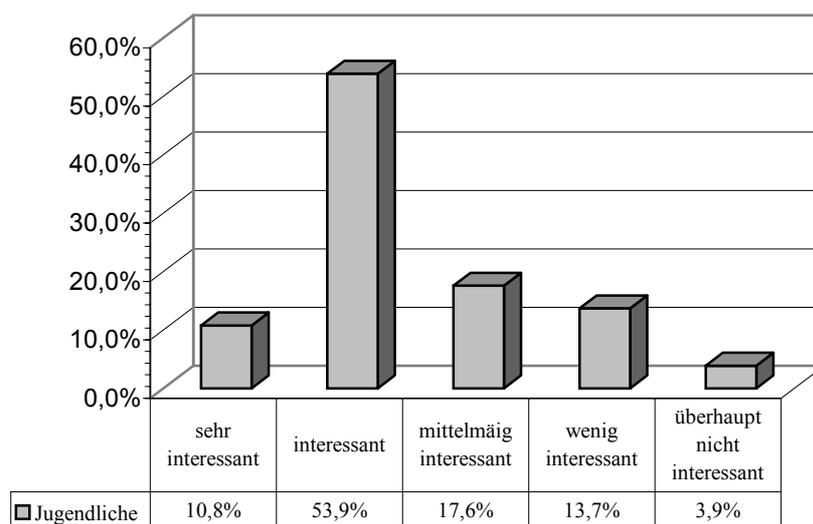
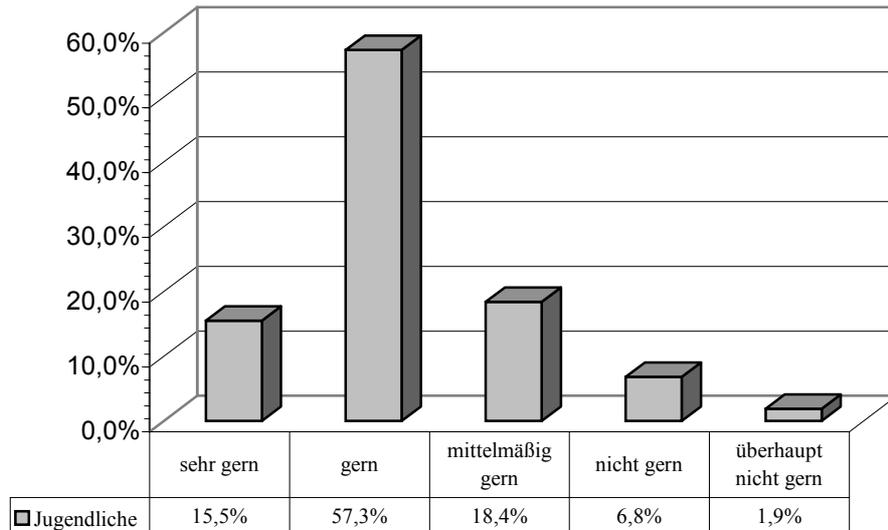


Abb. 8-1: Wie hast Du dieses Thema empfunden? (U-Test  $\sigma$ - $\varphi$ :  $P = 0,276$  (n.s.))

**Bezüge zu Alltag und Lebenswelt.** In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurden viele Produkte, die die Jugendlichen aus dem Haushalt kennen, untersucht und die fachlichen Grundlagen daran erarbeitet. Von Interesse ist nun, ob die Schüler und Schülerinnen auch in Zukunft mehr über Alltagschemikalien erfahren möchten. Zu diesem Zweck wurden die Jugendlichen gefragt: „Sollen Chemikalien aus dem Alltag auch zukünftig im Chemieunterricht eine Rolle spielen?“ Dabei gaben 72,8 % der Jungen und Mädchen an, dass sie auch im zukünftigen Chemieunterricht Bezüge zu ihrer Lebenswelt wünschen. Die Antworten können der Abbildung 8-2 entnommen werden.



**Abb. 8-2:** Sollen Chemikalien aus dem Alltag auch in Zukunft eine Rolle spielen?  
(U-Test  $\sigma$ - $\varphi$ :  $P = 0,365$  (n.s.))

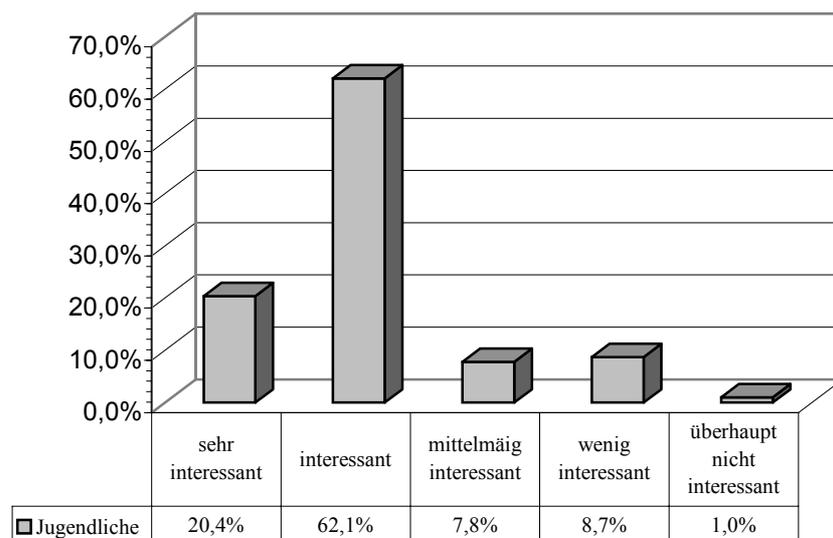
**Schülerexperimente.** Viele Erkenntnisse wurden in der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ im Schülerexperiment gewonnen. Da aus verschiedenen Veröffentlichungen (u.a. WELTNER & WARNKROSS 1974) bekannt ist, dass Schülerexperimente für die Jugendlichen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine sehr große Bedeutung haben und dazu beitragen, dass die Schüler und Schülerinnen die Sachverhalte besser verstehen und mehr Spaß am Unterricht haben, muss untersucht werden, inwieweit die Schülerexperimente Einfluss auf die positive Resonanz der Unterrichtseinheit haben. Dazu wurden die Jugendlichen zum einen befragt, wie sie die Schülerexperimente empfanden, zum anderen sollten sie Gründe für das Interesse an dieser Einheit angeben: a) die Haushaltschemikalien, b) die Schülerexperimente und c) die Kombination aus Haushaltschemikalien und Schülerexperimenten.

Auf die Frage: „Wie hast Du die Schülerexperimente empfunden?“ gaben 82,5 % der Jungen und Mädchen an, dass sie die Experimente interessant bzw. sehr interessant empfanden. Die genaue Verteilung der Antworten kann der Abbildung 8-3 entnommen werden.

**Alltagsorientierung kontra Schülerexperimente.** Da ein so großer Anteil der Schüler und Schülerinnen angab, dass die Schülerexperimente interessant bzw. sehr interessant waren, stellt sich natürlich die Frage, ob die Jugendlichen diese Unterrichtseinheit nur wegen der Schülerexperimente positiv beurteilten. Um dies zu ermitteln, hatten die Ju-

gendlichen die Möglichkeit auf jeweils einer dreistufigen Skala anzugeben, ob die positive Beurteilung der Unterrichtseinheit an den Haushaltschemikalien, den Schülerexperimente oder der Kombination aus beidem lag. Dabei gaben 37,5 % der Jugendlichen an, dass es an den Haushaltschemikalien lag, 79,5 % der Schüler und Schülerinnen gaben an, dass es an den Schülerexperimenten lag und 64,5 % der Jugendlichen entschieden sich für die Kombination aus beidem (siehe Abbildung 8-4). Tabelle 8-6 kann entnommen werden, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen gab. An diesen Werten erkennt man sehr gut die große Bedeutung, die die Schülerexperimente für die Jugendlichen haben. Aber auch die Kombination aus beidem wird von einem großen Teil der Schüler und Schülerinnen als wichtig angesehen.

Demnach sollte ein Unterricht, der sich am Alltag der Jungen und Mädchen orientiert, in Kombination mit Schülerexperimenten durchgeführt werden.



**Abb. 8-3:** Wie hast Du die Schülerexperimente empfunden? (U-Test  $\sigma$ - $\varphi$ :  $P = 0,648$  (n.S.))

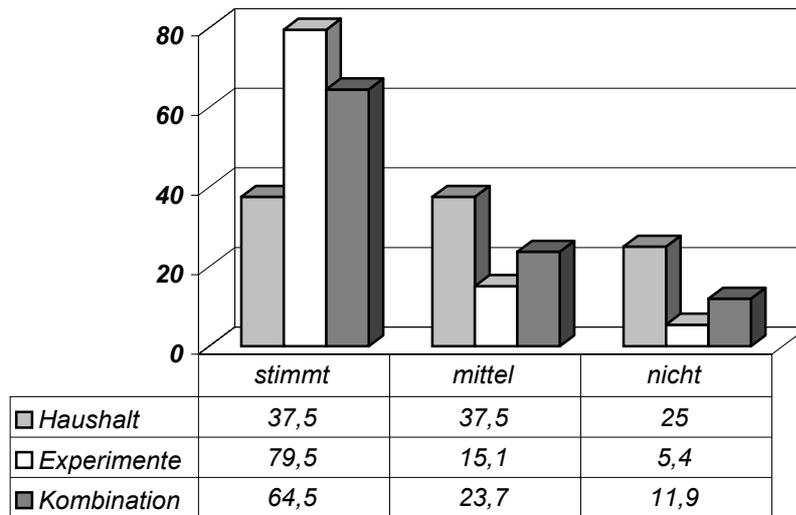


Abb. 8-4: Woran lag das Interesse für die Unterrichtseinheit?

Tab. 8-6: Woran lag das Interesse für die Unterrichtseinheit? – U-Test “Jungen – Mädchen”

U-Test Jungen - Mädchen	P (U-Test ♂-♀)
Haushalt	0,206
Experimente	0,219
Kombination	0,315

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an Schulfächern.** Im Fragebogen nach der Unterrichtseinheit wurden die Jugendlichen analog zum Fragebogen vor der Unterrichtseinheit um die Einschätzung der einzelnen Unterrichtsfächer gebeten (siehe Tabelle 8-7). Für die Auswertung ist besonders die Einschätzung des Chemieunterrichts von Interesse. Der Abstand zwischen Jungen und Mädchen, bei der Bewertung des Chemieunterrichts, hat sich etwas verkleinert, trotzdem sind die Unterschiede signifikant. Beim Vergleich der Einschätzung des Chemieunterrichts vor der Unterrichtseinheit und nach der Unterrichtseinheit konnte keine signifikante Veränderung festgestellt werden (siehe Tabelle 8-8). Hieran lässt sich erkennen, dass die 12 Stunden, welche mit Bezügen zum Alltag und Schülerexperimenten durchgeführt wurden noch keine nachhaltige Veränderung der Einstellung zum Chemieunterricht bewirkten.

**Tab. 8-7:** Einschätzung der Unterrichtsfächer nach der Unterrichtseinheit

	<b>Mittelwert Jungen</b>		<b>Mittelwert Mädchen</b>
Sport	1,92	Kunst	1,94*
Geschichte	2,16**	Sport	2,02
Mathematik	2,20	Mathematik	2,23
Biologie	2,37	Biologie	2,58
Kunst	2,51*	Geschichte	2,69**
Chemie	2,55*	Deutsch	2,73
Erdkunde	2,65	Musik	2,76
Physik	2,76*	Englisch	3,10
Religion	2,80*	Erdkunde	3,13
Englisch	2,82	Chemie	3,17*
Deutsch	3,10	Religion	3,19*
Musik	3,11	Physik	3,45*

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Tab. 8-8:** Einschätzung des Chemieunterrichts –

U-Test vor der Unterrichtseinheit – nach der Unterrichtseinheit

<b>Chemie</b>	<b>vor Untersuchung</b>	<b>nach Untersuchung</b>	<b>P (U-Test ♂-♀)</b>
Jungen	2,35	2,55	0,304
Mädchen	3,54	3,17	0,130

## 8.2. Thüringer Gymnasium

In einer zweiten Untersuchung wurde die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ in einem Gymnasium in Thüringen gehalten. Das Untersuchungsdesign entsprach dem der ersten Untersuchung in einer Westfälischen Gesamtschule. Die zweite Untersuchung wurde zum Zwecke der Bestätigung der Ergebnisse der ersten Untersuchung durchgeführt. Außerdem wurden einige Items leicht geändert, um genauere Aussagen der Jugendlichen zu erhalten.

### 14.2.1. Fragebogen vor der Unterrichtseinheit

**Interesse am Chemieunterricht.** Die erste Frage auf diesem Fragebogen wurde insofern abgeändert, dass die Jugendlichen auf einer fünfstufigen Skala angeben konnten, wie gern sie Chemie mögen. Auf dem allgemeinen Interessenfragebogen und dem Fragebogen, den die Schüler und Schülerinnen der Gesamtschule in Westfalen beantworten sollten, bestand nur die Möglichkeit anzugeben, ob man Chemie mag oder nicht.

Von den Jungen der 9. Klassen des Gymnasiums gaben 52 % an, dass sie Chemie sehr gern oder gern mögen. 32 % gaben an, dass sie Chemie mittelmäßig gern mögen und nur 16 % mögen Chemie kaum oder überhaupt nicht. Bei den Mädchen sind es dagegen nur 18,8 % der Schülerinnen, die Chemie gern oder sehr gern haben. Mittelmäßig gern haben 46,9 % der Mädchen ihren Chemieunterricht und immerhin 34,4 % der Schülerinnen gaben an, dass sie Chemie kaum oder überhaupt nicht mögen (siehe Abbildung 8-5). Diese Ergebnisse bestätigen die Befragung in der Gesamtschule, bei der 72,1 % der Jungen angaben, dass sie Chemie mögen, aber nur 30,2 % der Mädchen.

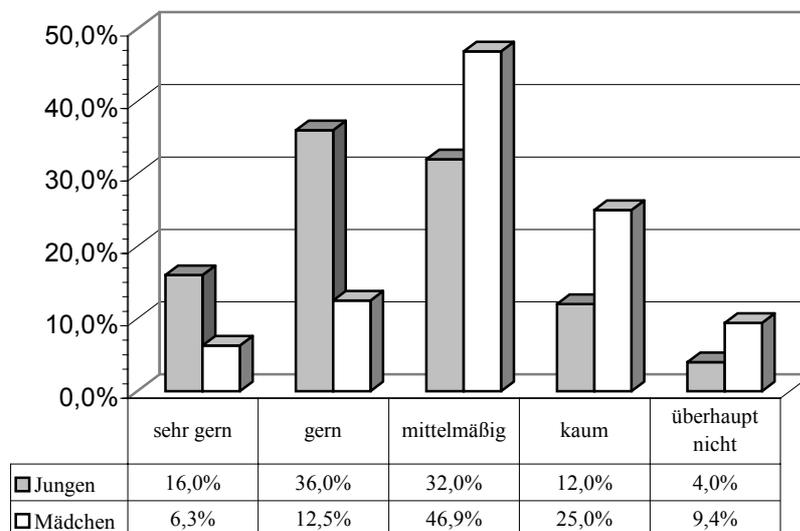


Abb. 8-5: Wie gern magst Du das Fach Chemie (U-Test  $\sigma$  -  $\varphi$ :  $P=0,042$  (s.))

**Gründe für die Einschätzung des Chemieunterrichts.** Während die Jugendlichen auf dem allgemeinen Interessenfragebogen bzw. dem Fragebogen für die Gesamtschule angegeben haben, warum sie Chemie mögen oder nicht mögen, beantworteten die Schüler und Schülerinnen des Gymnasiums in Thüringen die Items auf einer fünfstufigen Skala. Aus den Antworten der Jugendlichen wurden jeweils die Mittelwerte gebildet, wobei ein kleiner Wert eine positive Einstellung darstellt (siehe Tabelle 8-9). Um den

Chemieunterricht zu verbessern, ist es wichtig zu wissen, was die Jugendlichen negativ einschätzen. Die schlechtesten Einschätzungen erhielten die Items „Ich möchte einen Chemie-Beruf erlernen“ mit einem Mittelwert von 4,58, „Ich kann Chemie-Kenntnisse im Alltag anwenden“ mit einem Mittelwert von 3,68 und „Ich brauche Chemie-Kenntnisse im Leben“ mit einem Mittelwert von 3,26. Diese Aussagen der Jugendlichen bestätigen die Ergebnisse der Voruntersuchung und der Befragung in der Gesamtschule. Nur beim Item "Chemie interessiert mich" unterscheiden sich die Antworten der Jungen und Mädchen signifikant. Das Interesse am Chemieunterricht ist bei den Jungen größer als bei den Mädchen (siehe Tabelle 8-9a) und korreliert mit der Frage: „Wie gern magst Du das Fach Chemie?“ (siehe Abb. 8-5).

**Tab. 8-9:** Gründe warum die Jugendlichen den Chemieunterricht mögen oder nicht mögen

<b>Gib bitte an, warum Du Chemie magst oder nicht magst!</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>P (U-Test <math>\sigma</math> - <math>\varphi</math>)</b>
Ich mag den Chemielehrer/die Lehrerin	2,14	0,245
Mein Chemieunterricht langweilt mich	2,21	0,719
Ich verstehe den Unterrichtsstoff	2,23	0,117
Mein Chemieunterricht gefällt mir	2,41	0,854
Ich habe in Chemie eine gute Note	2,52	0,619
Chemie halte ich für wichtig	2,88	0,118
Chemie interessiert mich	2,89	0,014*
Ich brauche Chemie-Kenntnisse im Leben	3,26	0,750
Ich kann Chemie-Kenntnisse im Alltag anwenden	3,68	0,382
Ich möchte einen Chemie-Beruf erlernen	4,58	0,120

(signifikanter Unterschied zw.  $\sigma$  -  $\varphi$ : \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Tab. 8-9a:** Gründe warum die Jugendlichen den Chemieunterricht mögen oder nicht mögen (getrennt nach Jungen und Mädchen)

<b>Gib bitte an, warum Du Chemie magst oder nicht magst!</b>	<b>Mittelwert Jungen</b>	<b>Mittelwert Mädchen</b>
Chemie interessiert mich	2,52	3,19

**Gestaltung des Chemieunterrichts.** Tabelle 8-10 können die Wünsche der Jugendlichen an ihren Chemieunterricht entnommen werden. Wie zu erwarten ist, gibt es keine Jugendlichen, die nur theoretischen Chemieunterricht wünschen. Nur Lehrerexperimente wünschen sich gerade einmal 1,8 % der Jugendlichen. Aber auch die Durchführung nur von Schülerexperimenten wünschen sich wenig Schüler und Schülerinnen (15,8 %). Vielmehr erwarten die Jugendlichen eine ausgewogene Mischung aus Schüler- und Lehrerexperimenten (82,5 % der Jugendlichen) mit entsprechenden theoretischen Erklärungen. Auch hier werden die Aussagen der Jugendlichen der Gesamtschule bestätigt. Weiterhin wollen die Jugendlichen Experimente mit Laborchemikalien (71,9 %) und Experimente mit Haushaltschemikalien (63,2 %) durchführen.

**Tab. 8-10:** Gestaltung des Chemieunterrichts

	<b>Jugendliche</b>	<b>P</b> <b>(U-Test ♂-♀)</b>
Viele Experimente und wenig Theorie	50,9 %	0,881
Experimente mit Laborchemikalien	71,9 %	0,231
Experimente mit Haushaltschemikalien	63,2 %	0,662
Nur Schülerexperimente	15,8 %	0,133
Nur Lehrerexperimente	1,8 %	0,373
Lehrer- und Schülerexperimente	82,5 %	0,067
Experimente und ausführliche Theorie	36,8 %	0,907
Keine Experimente, nur Theorie	0,0 %	

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Bezüge zu Alltag und Lebenswelt.** Um zu ermitteln, ob im Chemieunterricht Bezüge zur Lebenswelt der Jugendlichen hergestellt werden sollen, hatten die Schüler und Schülerinnen des Thüringer Gymnasiums die Möglichkeit dies auf dem Fragebogen anzugeben. Abbildung 8-6 ist zu entnehmen, dass 82,5 % der Jugendlichen Bezüge zum Alltag und zur Lebenswelt als wichtig bzw. sehr wichtig einschätzen.

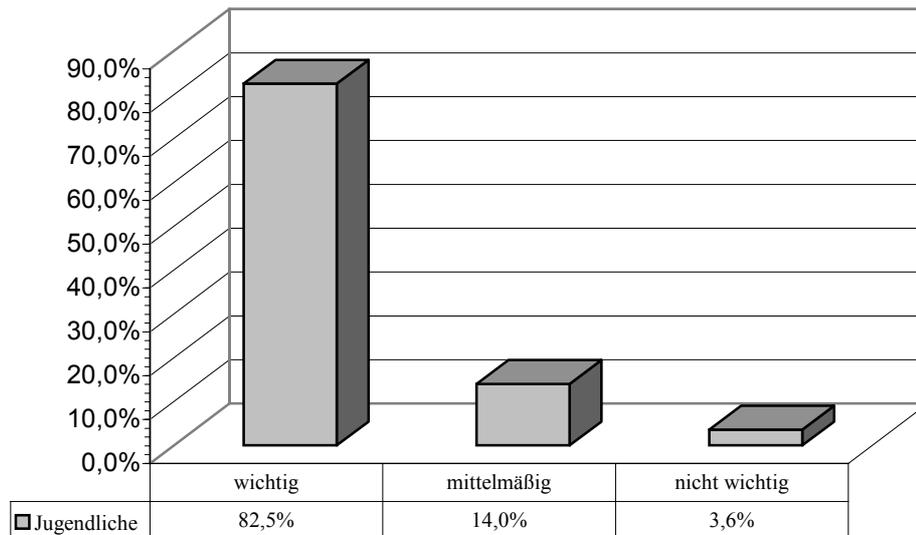


Abb. 8-6: Bezüge zum Alltag (U-Test  $\sigma - \varphi$ :  $P = 0,266$  (n.s.))

**Umweltschutzthemen.** Auf die Frage: „Wie wichtig sind für Euch Umweltschutzthemen?“, gaben 63,1 % der Jugendlichen an, dass sie wichtig bzw. sehr wichtig sind. Für 31,6 % der Schüler und Schülerinnen sind diese Themen mittelmäßig wichtig (siehe Abbildung 8-7).

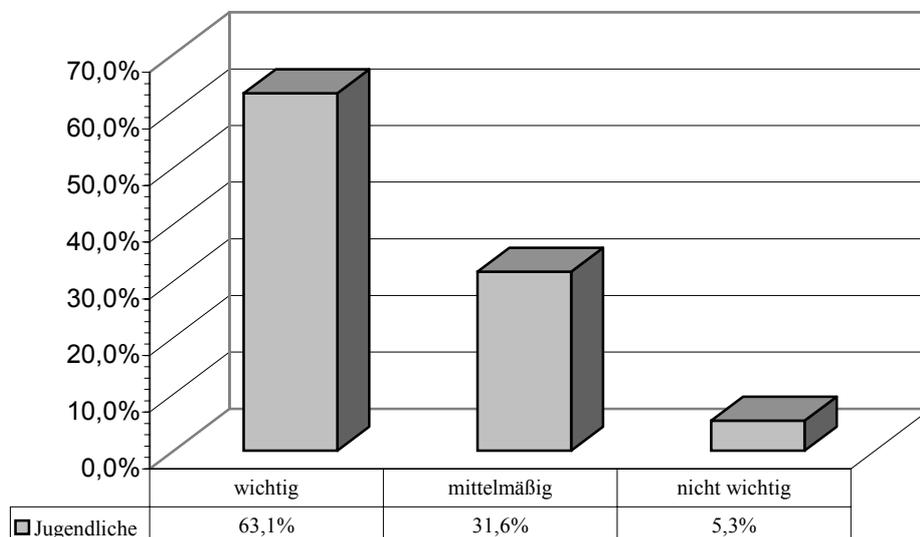


Abb. 8-7: Bezüge zur Umwelt (U-Test  $\sigma - \varphi$ :  $P = 0,886$  (n.s.))

**Interesse an einzelnen Unterrichtsgegenständen.** Die Ergebnisse auf die Frage, welche Themen die Jugendlichen gerne im Unterricht bearbeiten möchten, ähneln im großen und ganzen den Antworten der Jugendlichen aus der Gesamtschule. So nehmen bei

den Jungen spektakuläre Unterrichtsinhalte und bei den Mädchen alltagsbezogene Unterrichtsinhalte die vorderen Plätze ein. Auch die Aussagen, die über Kosmetik, Haushaltsreiniger und Lebensmittel in der Gesamtschule gemacht wurden, finden im Thüringer Gymnasium ihre Bestätigung (siehe Tabelle 8-11).

**Tab. 8-11:** Themenwünsche der Jugendlichen

	<b>Jungen</b> (Mädchen)		<b>Mädchen</b> (Jungen)
Sprengstoff	1,36 (1,90)*	Fotos herstellen	1,39 (2,00)*
Benzin	1,64 (3,13)**	Arzneimittel	1,52 (2,68)**
Brennstoffzelle	1,64 (3,55)**	Färben	1,52 (2,54)**
Raketenantrieb	1,68 (2,84)**	Alkohol	1,75 (1,88)
Alkohol	1,88 (1,75)	Sprengstoff	1,90 (1,36)*
Akku und Batterien	1,92 (3,13)**	Kosmetik	1,91 (4,12)**
Benzin und Heizöl	2,00 (3,10)**	Farbstoffe	2,03 (2,92)**
Fotos herstellen	2,00 (1,39)*	Saurer Regen	2,12 (2,76)
Schwefelsäure	2,32 (3,10)*	Papier aus Holz	2,19 (2,84)
Abgase	2,32 (2,69)	Belastungsstoffe im Wasser	2,28 (2,76)
Lebensmittel	2,33 (2,31)	Lebensmittel	2,31 (2,33)
Aufbereitung von Altöl	2,40 (3,31)**	Belastung in der Luft	2,37 (2,76)
Metall-Legierungen	2,42 (3,42)**	Belastung im Erdboden	2,56 (2,84)
Stahl und Metall	2,48 (3,40)**	Kunststoffe	2,58 (2,60)
Klebstoff	2,48 (3,16)*	Konservierungsmittel	2,61 (2,86)
Zement	2,48 (4,06)**	Recycling	2,69 (2,76)
Färben	2,54 (1,52)**	Abgase	2,69 (2,32)
Kunststoffe	2,60 (2,58)	Behandlung von Müll	2,81 (3,12)
Arzneimittel	2,68 (1,52)**	Raketenantrieb	2,84 (1,68)**
Belastungsstoffe im Wasser	2,76 (2,28)	Haushaltreiniger	2,94 (3,46)
Saurer Regen	2,76 (2,12)	Zucker aus Rüben	2,97 (3,76)*
Belastung in der Luft	2,76 (2,37)	Salz im Bergwerk	3,00 (3,16)
Recycling	2,76 (2,69)	Waschmittel	3,00 (3,46)
Belastung im Erdboden	2,84 (2,56)	Benzin und Heizöl	3,10 (2,00)**
Papier aus Holz	2,84 (2,19)	Schwefelsäure	3,10 (2,32)*
Konservierungsmittel	2,86 (2,61)	Akku und Batterien	3,13 (1,92)**
Farbstoffe	2,92 (2,03)**	Benzin	3,13 (1,64)**
Behandlung von Müll	3,12 (2,81)	Klebstoff	3,16 (2,48)*
Düngemittel	3,16 (3,81)	Aufbereitung von Altöl	3,31 (2,40)**
Salz im Bergwerk	3,16 (3,00)	Stahl und Metall	3,40 (2,48)**
Überdüngung	3,28 (3,53)	Metall-Legierungen	3,42 (2,42)**
Haushaltreiniger	3,46 (2,94)	Überdüngung	3,53 (3,28)
Waschmittel	3,46 (3,00)	Brennstoffzelle	3,55 (1,64)**
Zucker aus Rüben	3,76 (2,97)*	Düngemittel	3,81 (3,16)
Kosmetik	4,12 (1,91)**	Zement	4,06 (2,48)**

(signifikanter Unterschied zw. ♂-♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Interesse an Schulfächern.** Auch im Thüringer Gymnasium hatten die Jugendlichen die Möglichkeit einige Unterrichtsfächer einzuschätzen. Von Interesse ist hierbei, welchen Platz die Chemie im Vergleich zu den anderen Fächern einnimmt. Obwohl in der Beurteilung des Chemieunterrichts keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen bestehen, steht Chemie bei den Jungen auf Platz 4 und bei den Mädchen auf Platz 8 (siehe Tabelle 8-11).

**Tab. 8-11:** Einschätzung der Unterrichtsfächer vor der Unterrichtseinheit

	<b>Mittelwert</b>		<b>Mittelwert</b>
	<b>Jungen</b>		<b>Mädchen</b>
Physik	2,04**	Sport	1,81*
Erdkunde	2,16	Musik	1,81**
Biologie	2,36*	Kunst	1,97**
Chemie	2,48	Erdkunde	2,41
Mathematik	2,56	Englisch	2,44*
Musik	2,68**	Deutsch	2,69**
Geschichte	2,72	Mathematik	2,88
Sport	2,80*	Chemie	2,91
Englisch	3,12*	Geschichte	3,06
Kunst	3,40**	Biologie	3,19*
Deutsch	3,44**	Physik	3,28**
Religion	4,29	Religion	3,72

(signifikanter Unterschied zw. ♂ - ♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

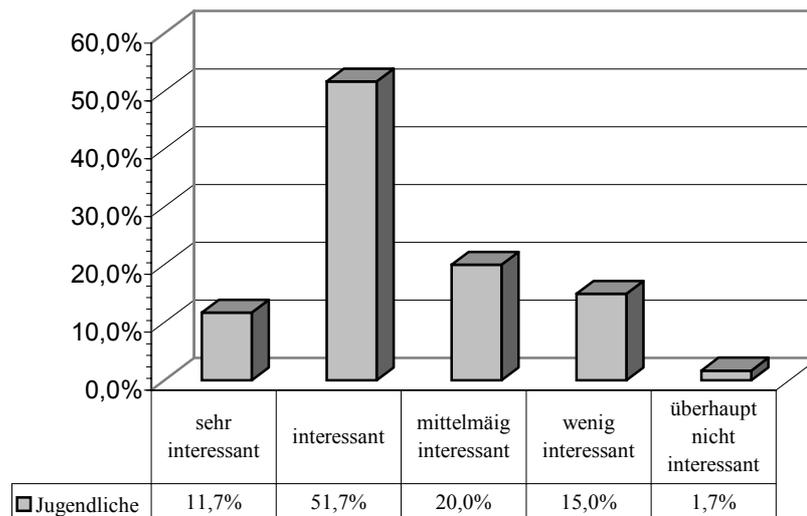
#### 14.2.2. Fragebogen nach der Unterrichtseinheit

Nach der mit Alltagschemikalien durchgeführten Unterrichtseinheit erhielten die Jugendlichen analog zur Gesamtschule einen weiteren Fragebogen, mit dessen Hilfe ermittelt werden sollte, wie die Schüler und Schülerinnen diesen Unterricht einschätzten.

**Allgemeine Einschätzung der Unterrichtseinheit.** Eine allgemeine Einschätzung der Unterrichtseinheit durch die Schüler und Schülerinnen soll die Frage: „Wie hast Du dieses Thema empfunden?“ ermöglichen. Dabei unterscheiden sich die Antworten der

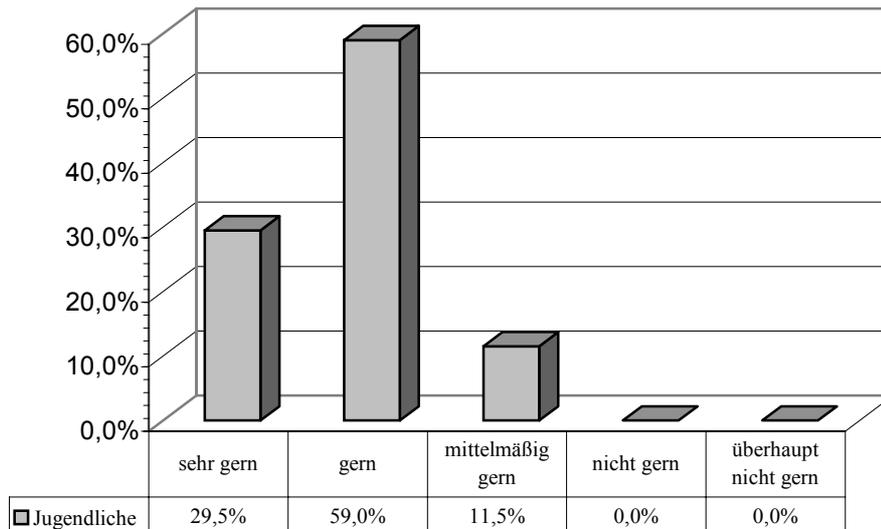
Jungen und Mädchen nicht signifikant. 63,4 % der Jugendlichen gaben an, dass die Unterrichtseinheit interessant bzw. sehr interessant war. Für 20,0 % der Jugendlichen war der Unterricht mittelmäßig interessant (siehe Abbildung 8-8).

Damit werden die Ergebnisse der Gesamtschule bestätigt: dort gaben 64,7 % der Jugendlichen an, dass sie das Thema interessant bzw. sehr interessant empfanden.



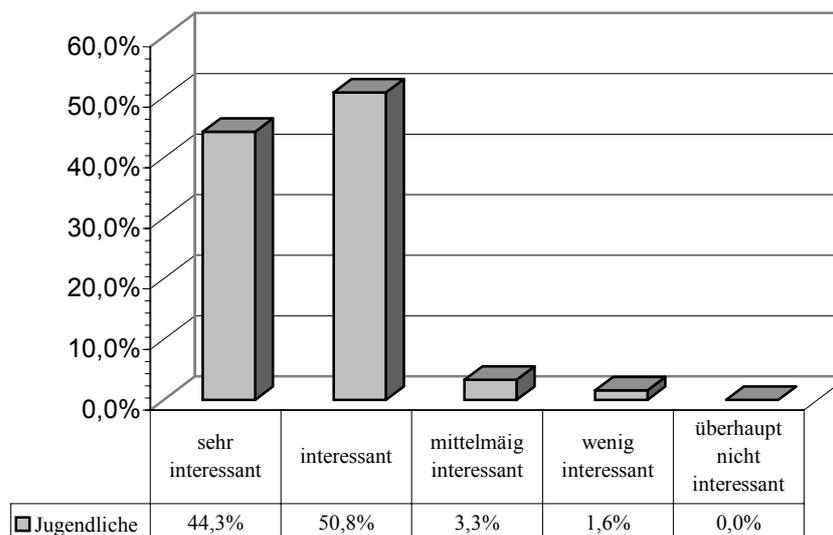
**Abb. 8-8:** Wie hast Du dieses Thema empfunden? (U-Test  $\sigma$ - $\varphi$ :  $P = 0,119$  (n.s.))

**Bezüge zu Alltag und Lebenswelt.** Auf die Frage: „Sollen auch im zukünftigen Chemieunterricht Chemikalien aus dem Alltag eine Rolle spielen?“ gaben 88,5 % der Jugendlichen an, dass sie gern bzw. sehr gern im zukünftigen Unterricht mit Chemikalien aus dem Alltag arbeiten möchten. Die anderen 11,5 % der Schüler und Schülerinnen möchten mittelmäßig gern im zukünftigen Chemieunterricht mit Chemikalien aus dem Alltag arbeiten (siehe Abbildung 8-9). Die Antworten der Jungen und Mädchen unterscheiden sich nicht signifikant.



**Abb. 8-9:** Sollen Chemikalien aus dem Alltag auch in Zukunft eine Rolle spielen?  
(U-Test  $\sigma$  -  $\varphi$ :  $P = 0.093$  (n.s.))

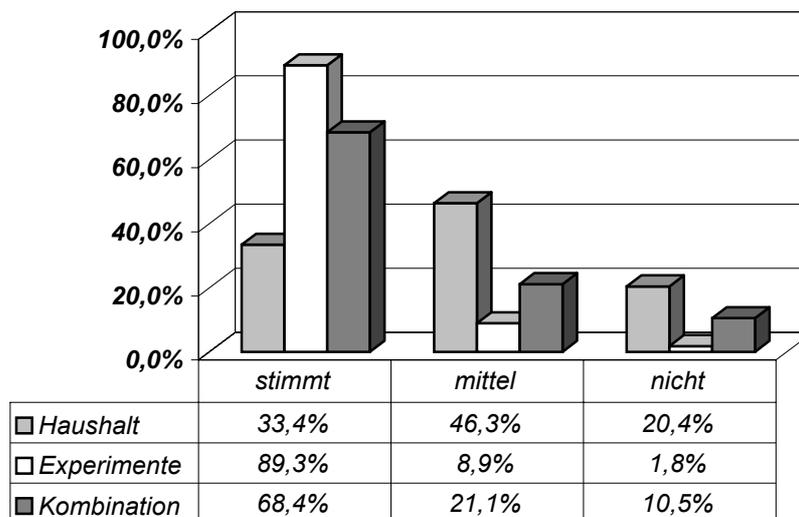
**Schülerexperimente.** Auf die Frage: „Wie hast Du die Schülerexperimente empfunden?“ kreuzten 44,3 % der Jugendlichen des Gymnasiums an, dass sie die Experimente sehr interessant fanden, 50,8 % fanden die Experimente interessant (siehe Abbildung 8-10). Damit wurden die Schülerexperimente von 95,1 % der Schüler und Schülerinnen als interessant bzw. sehr interessant empfunden. Die restlichen Jugendlichen gaben an, dass die Experimente mittelmäßig bzw. wenig interessant waren. Im Vergleich mit der Gesamtschule zeigte sich, dass die Jugendlichen des Thüringer Gymnasiums die Schülerexperimente noch interessanter fanden. Die Antworten der Jungen und Mädchen aus dem Gymnasium unterscheiden sich nicht signifikant.



**Abb. 8-10:** Wie hast Du die Schülerexperimente empfunden? (U-Test  $\sigma$  -  $\varphi$ :  $P = 0,110$  (n.s.))

**Alltagsorientierung kontra Schülerexperimente.** Da auch im Gymnasium die Schülerexperimente sehr positiv beurteilt wurden, aber der Wunsch im zukünftigen Chemieunterricht Bezüge zur Lebenswelt herzustellen genauso vorhanden war, stellt sich die Frage, warum die Unterrichtseinheit interessant empfunden wurde. Um diese Frage zu beantworten, sollten die Jugendlichen angeben, ob das Interesse für diesen Unterricht aus den Schülerexperimenten, den Alltagsbezügen oder der Kombination aus beidem rührte.

Genauso, wie für die Jugendlichen der Gesamtschule, waren die Schülerexperimente für die Mädchen und Jungen des Gymnasiums in Thüringen am Wichtigsten (siehe Abbildung 8-11). Dies gaben 89,3 % der Jugendlichen an. Signifikante Unterschiede konnten bei der Aussage: „Es lag an der Kombination aus Alltagsbezügen und Schülerexperimenten.“ festgestellt werden (siehe Tabelle 8-12). Hier gaben 75,0 % der Mädchen und 57,2 % der Jungen an, dass dies zutrifft (siehe Abbildung 8-12). Die Alltagsbezüge waren nur für 33,4 % der Jugendlichen der Hauptgrund für das Interesse an der Unterrichtseinheit.



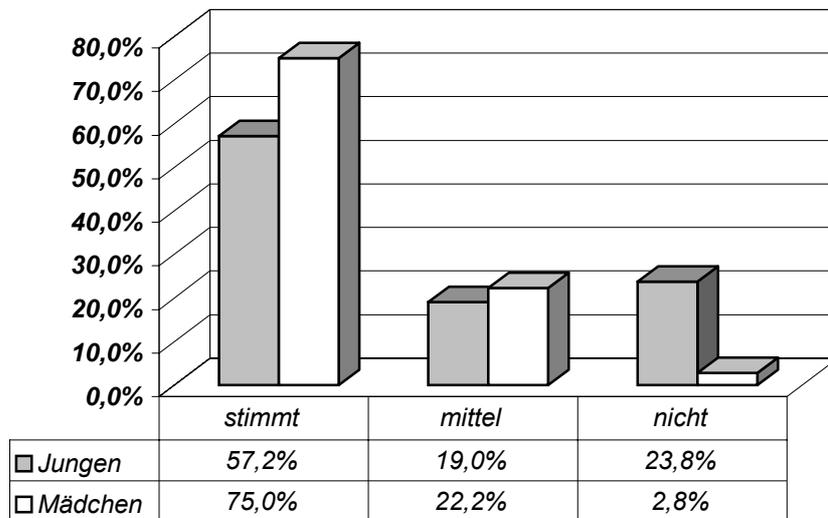
**Abb. 8-11:** Woran lag das Interesse für die Unterrichtseinheit?

Damit wurde auch hier bestätigt, dass die Schülerexperimente eine große Bedeutung für die Heranwachsenden haben. Eine Steigerung des Interesses, besonders bei den Mädchen, kann durch die Verknüpfung mit der Lebenswelt der Schüler und Schülerinnen erreicht werden.

**Tab. 8-12:** Woran lag das Interesse für die Unterrichtseinheit? – U-Test Jungen - Mädchen

<b>U-Test Jungen - Mädchen</b>	<b>P</b>
Haushalt	0,516
Experimente	0,146
Kombination aus beiden	0,027*

(signifikanter Unterschied zw. ♂ - ♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Abb. 8-12:** Interesse zur Kombination aus Schülerexperimenten und lebensweltlichen Bezügen

**Interesse an Schulfächern.** Analog zur Befragung in der Gesamtschule, wurden auch die Jugendlichen in Thüringen nach der Unterrichtseinheit noch einmal um die Einschätzung der einzelnen Unterrichtsfächer gebeten (siehe Tabelle 8-13). Auch nach der Unterrichtseinheit unterscheiden sich die Einschätzungen der Schüler und Schülerinnen in Bezug auf Chemie nicht signifikant. Bei den Jungen nimmt Chemie, wie vor der Unterrichtseinheit, den vierten Platz ein. Bei den Mädchen ist Chemie von Platz acht auf Platz fünf gestiegen. Dieser Unterschied ist signifikant (siehe Tabelle 8-14), so dass gesagt werden kann, dass sich die Einstellung zum Chemieunterricht bei den Schülerinnen signifikant verbessert hat. Ein Grund dafür kann z.B. sein, dass dieser Unterricht im Gymnasium mit 16 Unterrichtsstunden länger durchgeführt wurde, als in der Gesamtschule.

**Tab. 8-13:** Einschätzung der Unterrichtsfächer nach der Unterrichtseinheit

	<b>Mittelwert</b>		<b>Mittelwert</b>
	<b>Jungen</b>		<b>Mädchen</b>
Physik	1,82**	Sport	2,00
Erdkunde	2,05	Musik	2,13*
Mathematik	2,19*	Kunst	2,26**
Chemie	2,27	Englisch	2,37**
Geschichte	2,45*	Chemie	2,45
Biologie	2,59*	Erdkunde	2,50
Sport	2,71	Physik	2,58**
Musik	2,73*	Mathematik	2,79*
Englisch	3,23**	Deutsch	2,92
Deutsch	3,27	Geschichte	3,11*
Kunst	3,50**	Biologie	3,42*
Religion	4,05	Religion	4,21

(signifikanter Unterschied zw. ♂ - ♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

**Tab. 8-14:** Einschätzung des Chemieunterrichts:

vor der Unterrichtseinheit – nach der Unterrichtseinheit

<b>Chemie</b>	<b>vor Untersuchung</b>	<b>nach Untersuchung</b>	<b>P (U-Test ♂-♀)</b>
Jungen	2,48	2,27	0,541
Mädchen	2,91	2,45	0,017*

(signifikanter Unterschied zw. ♂ - ♀: \* auf dem 5% Niveau; \*\* auf dem 1% Niveau)

## **9. Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse**

### **9.1. Allgemeine Interessenbefragung**

Der allgemeine Interessenfragebogen kam bei der Voruntersuchung in verschiedenen Schulen in Nordrheinwestfalen und bei der Befragung vor der Hauptuntersuchung zum Einsatz. Es zeigte sich, dass die Jungen mit ihrem Chemieunterricht zufriedener sind als die Mädchen. (Dies zeigen die Antworten auf die Frage: „Magst Du Deinen Chemieunterricht?“.) Aber auch die Einschätzung der verschiedenen Unterrichtsfächer (Sport, Mathematik, Geschichte, Biologie, Chemie, Physik, Erdkunde, Englisch, Deutsch, Kunst, Musik und Religion) durch die Jugendlichen bestätigt diese Aussage. Der Chemieunterricht nimmt in der Liste dieser Fächer bei den Mädchen einen schlechteren Rang ein, als bei den Jungen. Damit können die Ergebnisse anderer Autoren zu negativen Einschätzungen des Chemieunterrichts bezüglich der Mädchen bestätigt werden. Bei den Jungen kann man die Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung schon fast als positiv bezeichnen.

Die Antworten der Jugendlichen bei der Voruntersuchung wurden bei der Hauptuntersuchung in den beiden Schulen bestätigt.

Die Hauptgründe für die Jugendlichen, die Chemie ablehnen, sind in erster Linie, dass sie das Fach langweilig finden, dass sie es nicht verstehen und dass sie es nicht gebrauchen können. So stellte ein Schüler fest: „Das Fach Chemie ist für mich zu langweilig.“ Ein weiterer Schüler gab an: „Chemie ist für mich ein Fach mit dessen Begriffen und Formeln ich nichts anfangen kann und ein Fach, dessen Inhalte ich nie benötigen werde.“ Damit werden die Ergebnisse der Untersuchung von KLAMKE (1992) bestätigt. Er fand als Hauptgründe für die negative Einschätzung des Chemieunterrichts: fehlendes Interesse an diesem Fach, Jugendliche verstehen es nicht, sie können es nicht gebrauchen, sie finden es langweilig.

Die Jugendlichen wünschen sich einen Chemieunterricht, der Lehrer- und Schülerexperimente enthält. Allerdings gehen die Meinungen auseinander, ob die Experimente mit wenig oder viel Theorie untermauert werden sollen. Sicherlich spielt hierbei das An-

spruchsniveau der Schüler und Schülerinnen eine große Rolle. „Wir haben zu wenig Experimente und zuviel Theorie gemacht.“ Dieser Kommentar eines Schülers beschreibt sehr deutlich, wie sich die Jugendlichen ihren Chemieunterricht nicht vorstellen. Auch KLAMKE (1992) findet, dass sich die Jugendlichen einen Chemieunterricht wünschen, bei dem das Experimentieren im Vordergrund steht.

Auf die Frage, über welche Themen die Jugendlichen im Chemieunterricht mehr erfahren möchten, nahmen die praktischen und lebensnahen Themen einen vorderen Rangplatz ein (analog zu KLAMKE (1992)). Eine Schülerin bekräftigt die Wahl ihres Kreuzes mit folgendem Kommentar: „Durch alltagsbezogenere Themenwahl bzw. Ausführung würde der Unterricht interessanter werden!“ Wissenschaftliche Themen scheinen für die Schüler und Schülerinnen nicht von Interesse zu sein, sie wurden von den Jugendlichen am schlechtesten beurteilt.

In Anlehnung an BARKE (1987 und 1996) sollten die Jugendlichen angeben, über welche Einzelthemen sie im Chemieunterricht mehr erfahren möchten. Die dabei erhaltenen Ergebnisse bestätigen die Untersuchungen von BARKE.

Die Jungen wünschen sich spektakuläre Unterrichtsinhalte, wie Sprengstoff und Raketenantrieb. Erst danach folgen alltagsorientierte Inhalte, wie Alkohol, Arzneimittel und Lebensmittel. Bei den Mädchen nehmen lebensweltliche Inhalte, wie Fotos herstellen, Alkohol und Kosmetik die vorderen Rangplätze ein. Kosmetik ist ein Bereich, bei dem sich die Interessen der Schüler und Schülerinnen sehr stark unterscheiden, während die Mädchen sehr gerne mehr über Kosmetik erfahren möchten, nimmt bei den Jungen Kosmetik den letzten Rangplatz ein.

An Hand dieser Ergebnisse, lässt sich vermuten, dass ein alltagsorientierter Chemieunterricht besonders auf Interesse bei den Mädchen stoßen sollte. Dass das so ist, zeigen die Ergebnisse des Fragebogens, den die Jugendlichen nach der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ beantworteten.

## 9.2. Befragung nach der Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurde von über 60 % der Jugendlichen interessant bzw. sehr interessant empfunden. So äußerte eine Schülerin: „Mir hat dieses Thema gut gefallen, weil man es öfters im Leben anwenden kann.“ Nur ca. 20 % der Jugendlichen gaben an, dass dieser Unterricht wenig oder überhaupt nicht interessant war. Bei den Antworten gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Somit kann festgestellt werden, dass ein solcher Unterricht gleichermaßen bei Jungen und Mädchen auf Interesse stößt.

In der Unterrichtseinheit wurde nicht nur durchgehend mit Produkten aus der Lebenswelt der Jugendlichen gearbeitet, es wurden auch sehr viele Erkenntnisse im Schülerexperiment gewonnen, so dass sich die Frage stellt, ob die positive Einschätzung des Themas durch den großen Alltagsbezug oder die im Verhältnis große Anzahl von Schülerexperimenten zu erklären ist.

Der größte Teil der Jugendlichen wünscht sich zwar auch im zukünftigen Chemieunterricht Bezüge zum Alltag und zur Lebenswelt. Trotzdem wurden die Schülerexperimente als Hauptgrund für die positive Einschätzung der Unterrichtseinheit genannt. Die Kombination aus Alltagsbezügen und Schülerexperimenten folgte auf Platz 2 und nur ein Drittel der Schüler und Schülerinnen gab an, dass das Interesse für die Unterrichtseinheit allein an den Alltagsbezügen lag.

Diese Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass die Jugendlichen den Schülerexperimenten im Chemieunterricht eine herausragende Bedeutung beimessen. Der Kommentar einer Schülerin sagt aus, warum das so ist: „Ich finde Schülerexperimente cool. So kann man die Themen am einfachsten begreifen.“

Einige weitere Kommentare der Probanden sollen die Bedeutung der Unterrichtseinheit für die Jugendlichen verdeutlichen: „Da wir mit Haushaltschemikalien gearbeitet haben, wurden viele Bezüge zur meiner Lebenswelt hergestellt.“, „Ich weiß jetzt, dass ich mit sauren Reinigern keinen Marmor reinigen darf.“ und „Es ist interessant, weil wir Experimente machen und weil wir Dinge behandeln, die wir im Alltag gebrauchen können.“

Bei der nochmaligen Einschätzung der Unterrichtsfächer - nach der mit Haushaltschemikalien durchgeführten Unterrichtseinheit - konnte nur bei den Mädchen des Thüringer Gymnasiums eine signifikante Änderung in der Beurteilung der Chemie beobachtet werden. Der Chemieunterricht wurde von diesen Schülerinnen nach der Unterrichtseinheit besser beurteilt und stieg von Rangplatz 8 auf Platz 5.

### **9.3. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurde von den Schülern und Schülerinnen positiv beurteilt. Allerdings wurden von den Jugendlichen als Hauptgrund für die positive Einschätzung die Schülerexperimente angegeben. Erst auf dem zweiten Platz folgte die Kombination aus Schülerexperimenten und Alltagsbezügen.

Besonders von den Mädchen wurde die Unterrichtseinheit positiver eingeschätzt als ihr vorhergehender Chemieunterricht. Da die Jungen schon vor der Unterrichtseinheit eine recht positive Einstellung gegenüber dem Chemieunterricht zeigten, konnte keine Verbesserung der Einstellung nach der alltagsorientierten Unterrichtseinheit beobachtet werden. Demnach stößt ein experimenteller, alltagsorientierter Unterricht bei den Schülern und besonders bei den Schülerinnen auf Interesse, ganz im Sinne von WAGENSCHHEIN (1970): „Wenn man sich nach den Mädchen richtet, so ist es auch für die Jungen richtig.“

## 10. Das Schwimmbad – Ein Thema für den Chemieunterricht

In der Unterrichtseinheit „Säuren und Basen in Haushalt und Umwelt“ wurden mit Hilfe von Produkten und Erscheinungen, die die Jugendlichen aus ihrer Lebenswelt kennen bzw. die für die Jugendlichen zukünftig eine Bedeutung haben, die fachlichen Grundlagen zu Säuren und Basen erarbeitet. In der Unterrichtseinheit „Das Schwimmbad“ sollen diese Grundlagen genutzt werden, um die Kenntnisse über Säuren und Basen zu festigen und zu erweitern. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Kenntnisse in verschiedenen Kontexten anzuwenden und mit anderen chemischen Gesetzmäßigkeiten zu verknüpfen.

Diese Thematik bietet außerdem die Möglichkeit, das oft im Chemieunterricht vernachlässigte Thema „Chlor“ zum Gegenstand des Unterrichts zu machen.

Hier stellt sich die Frage: „Warum soll zu diesem Zweck gerade das Schwimmbad thematisiert werden?“ Dafür gibt es einige Gründe. Jeder Mensch hat in seinem Leben schon mehrmals ein Schwimmbad besucht. Ein Schwimmbad oder ein Spaßbad gehört demnach zur Lebenswelt eines Menschen in Deutschland. Die meisten Badbesucher kennen auch das Problem der roten und brennenden Augen nach einem Besuch in einer solchen Einrichtung. Sicher hat sich der ein oder andere schon gefragt: „Wie kommt es, dass die Augen so gereizt sind? Hat der Schwimmmeister zu viel Chlor ins Wasser gegeben? Warum wird dem Wasser überhaupt Chlor zugesetzt? Gibt es keine anderen Möglichkeiten das Wasser sauber zu halten?“ Um diese Fragen beantworten zu können, muss man sich zwangsläufig mit der Wasseraufbereitung in einem Schwimmbad beschäftigen.

Wie die Fragen oben andeuten, besteht für viele Menschen ein Zusammenhang zwischen Schwimmbad und Chlor. Bei der Wasseraufbereitung spielt allerdings nicht nur Chlor eine Rolle. Hier werden noch weitere Chemikalien eingesetzt, und es finden Reaktionen statt, die auch in anderen Bereichen des Alltags von Bedeutung sind, z.B. bei der Trinkwasseraufbereitung oder der Reinigung im Haushalt. So findet man im Supermarkt Produkte, die Chlorverbindungen enthalten und genauso, wie im Schwimmbad, zur Desinfektion bestimmt sind (z.B. Dan Klorix, Domestos). Diese Beispiele machen

deutlich, dass die bei der Beschäftigung mit der Wasseraufbereitung im Schwimmbad gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere Bereiche des Alltags übertragbar sind. Den Jugendlichen kann so der Zusammenhang zwischen den einzelnen Problemen aufgezeigt und damit der geforderte Erwerb von verknüpftem Wissen angeboten werden.

Viele Familien besitzen einen Swimmingpool oder ein Planschbecken. Da es aufgrund der hohen Wasserpreise nicht möglich ist, ständig das Wasser zu erneuern, stellt sich das Problem die Wasserqualität über einen langen Zeitraum zu erhalten, ohne das Wasser zu wechseln. Das Wasser ist dazu, ähnlich wie im Schwimmbad, aufzubereiten. In Baumärkten und im Fachhandel gibt es für diesen Zweck ein sehr umfangreiches Angebot an Chemikalien und Filteranlagen. Um dieses Zubehör gezielt einsetzen zu können, sind Kenntnisse über die Wasseraufbereitung hilfreich.

Auch aktuelle Anlässe können der Grund sein, sich mit dem Schwimmbad und der Chemie, die dahinter steht, zu beschäftigen. So kommt es immer wieder zu Chlorgasunfällen in Bädern. Entsprechende Informationen finden sich dann in den Medien. Solche Unfälle werfen natürlich eine Menge Fragen auf, die im Chemieunterricht thematisiert werden können.

Immer öfter hört oder liest man von schweren Erkrankungen und Todesfällen im Zusammenhang mit Wasser. Eine dieser Erkrankungen ist die Legionärskrankheit. Die sich dabei ergebenden Fragen können Anlass sein, sich intensiver mit den Gründen für diese Erkrankung und den Maßnahmen zu ihrer Verhütung zu beschäftigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich beim Besuch eines Schwimmbades, oder beim Lesen dazu gehöriger Meldungen, Fragen ergeben, die Ausgangspunkt und Inhalt eines Unterrichts zum Thema „Das Schwimmbad“ sein können. Ein solcher Chemieunterricht bietet die Möglichkeit, umfangreiche chemische und verfahrenstechnische Kenntnisse zu erwerben und zu festigen. Außerdem ergeben sich bei diesem Thema Anknüpfungspunkte für einen fachübergreifenden Unterricht zur Biologie, Physik und Geographie. Die dabei erworbenen Kenntnisse lassen sich in verschiedenen Bereichen des Alltags anwenden.

## 10.1. Didaktische Vorüberlegungen

### 10.1.1. Pädagogische Funktion der Unterrichtseinheit „Das Schwimmbad“

DUIT (1978) hat 16 Gesichtspunkte zur Berücksichtigung allgemeiner Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts bei der Unterrichtsplanung formuliert. Die Gesichtspunkte berücksichtigen vom Schüler, vom Fach und von der Gesellschaft her gedachte Legitimationsargumente (BECKER u.a. 1992).

In der Tabelle 10-1 werden diese Gesichtspunkte auf die Einheit „Das Schwimmbad“ angewendet und es wird überprüft, ob sich die allgemeinen Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts berücksichtigen lassen.

**Tab. 10-1:** Analyse der Unterrichtseinheit „Das Schwimmbad“

	Der Inhalt ist geeignet,
I	<p>grundlegende Begriffe und Gesetze aus den Naturwissenschaften zu erarbeiten, In der Unterrichtseinheit „Das Schwimmbad“ können folgende Begriffe und Gesetze erarbeitet oder gefestigt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemisches Gleichgewicht</li> <li>• Redoxreaktionen</li> <li>• Säure-Base-Reaktionen</li> <li>• pH-Wert</li> <li>• Puffersystem</li> <li>• Kalkkreislauf</li> </ul>

---

II	für Naturwissenschaft und Technik wesentliche Denkweisen, Methoden, Darstellungsformen, Arbeitstechniken und Verfahren zu erklären,	Einen wichtigen Stellenwert in diesem Unterricht nehmen qualitative und quantitative Untersuchungen ein, die auch von den Jugendlichen selbst durchgeführt werden können: z.B. <ul style="list-style-type: none"><li>• der Einfluss der Desinfektionsmittel auf den pH-Wert des Wassers,</li><li>• die Bestimmung des „aktiven“ oder „wirksamen“ Chlors.</li></ul>
III	die Grenzen, Vorläufigkeit und Einseitigkeit naturwissenschaftlicher Aussagen aufzuweisen,	In der Wasseraufbereitung sind die Entwicklungen nicht abgeschlossen. Als Beispiele für Weiterentwicklungen in diesem Bereich können die organisch gebundenen Chlorprodukte vorgestellt werden. Außerdem sind Alternativen zum Chlor zu thematisieren.
IV	die Erschließung anderer Inhaltlicher Bereiche zu erleichtern,	Mit den Kenntnissen aus der Einheit „Das Schwimmbad“ können chlorhaltige Reinigungsmittel verstanden werden. Außerdem ist es möglich, das Wissen um die Gefahren beim Umgang mit chlorhaltigen Produkten auf diese Reinigungsmittel zu übertragen.
V	aufzuweisen, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse technisch verwertbar sind und dass technologischer Fortschritt die Naturwissenschaft vor neue Erkenntnisprobleme stellen kann,	Die Erkenntnisse über die Wasserdesinfektion, Filtration und Flockung sind geeignet, Voraussetzungen der Wasseraufbereitung zu schaffen und die technische Verwendbarkeit zu verstehen.

---

---

VI	die wechselseitige Verflechtung von Naturwissenschaft, Technik, Wirtschaft und sozialer Lebenswelt aufzuweisen,	Durch die Zunahme der Besucherzahlen in den Bädern wird das Wasser schneller verschmutzt und muss öfter gewechselt werden. Die Industrie stellte Chemikalien und Aufbereitungstechnik zur Verfügung, wodurch es möglich wurde, die Anzahl der Wasserwechsel zu verringern und gleichzeitig eine höhere Qualität des Wassers zu gewährleisten.
VII	die historische Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik und die jeweiligen Faktoren, die zu dieser Entwicklung geführt haben, aufzeigen,	Erst die industrielle Gewinnung von Chlor zu Beginn des vorigen Jahrhunderts und die Produktion entsprechender Anlagen eröffnete die Möglichkeit Chlor als Desinfektionsmittel im Schwimmbad einzusetzen.
VIII	durch Naturwissenschaft und Technik ermöglichte Fehlentwicklungen aufzuweisen, d.h. ist er ein kontroverses Thema unserer Zeit,	Die Bildung unerwünschter Nebenprodukte bei der Desinfektion mit Chlor kann thematisiert werden.
IX	zu demonstrieren, wie Naturwissenschaft und Technik unsere Umwelt verändert haben und wie man zur verantwortungsbewussten Mitgestaltung beitragen kann,	Durch die Aufbereitung lässt sich das Wasser länger verwenden, man geht dadurch mit der begrenzten Ressource Wasser sparsamer um.
X	zu demonstrieren, wie heute naturwissenschaftliche Forschung und technische Entwicklung vollzogen oder beeinflusst werden können,	Am Beispiel peroxidhaltiger Desinfektionsmittel kann gezeigt werden, wie die Forschung versucht, Nebenwirkungen, die chlorhaltige Produkte besitzen, durch die Entwicklung neuer Produkte zu vermeiden.

---

---

XI	dem Schüler Kenntnisse und Verhaltensgewohnheiten zur physischen und psychischen Gesunderhaltung zu vermitteln,	Durch die Kenntnisse können Unfälle mit den Chemikalien im Haushalt vermieden werden. Siehe XII.
XII	dem Schüler Fähigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten zur unmittelbaren Lebensbewältigung zu vermitteln,	Da die Jugendlichen lernen, wie das Wasser aufbereitet wird, können sie sich gegen die Nebenwirkungen der Chemikalien schützen, indem sie z.B. eine Schwimmbrille tragen. Da auch übertragbare Krankheiten Inhalt dieser Unterrichtseinheit sind, lassen sich die Kenntnisse nutzen, um eine Ansteckung z.B. mit Fußpilz zu vermeiden. Für den Heimgebrauch werden im Baumarkt und Fachhandel Chemikalien und Geräte zur Wasseraufbereitung angeboten. Durch die im Unterricht erworbenen Kenntnisse können diese Produkte verantwortungsbewusst eingesetzt und von ihnen ausgehende Gefahren berücksichtigt werden. Außerdem können diese Erkenntnisse zur Verbesserung der Hygiene im Haushalt dienen.
XIII	die natürliche und technische Umwelt begreifen zu helfen,	Probleme der Wasseraufbereitung werden für die Jugendlichen verständlich.
XIV	Neigungen, Interessen und Probleme der Schüler gemäß ihrer Lernerfahrungen zu berücksichtigen,	Da Jugendliche erfahrungsgemäß gerne schwimmen gehen, sollte ein Interesse an dieser Thematik bestehen.

---

XV selbstorganisiertes Lernen, kreatives Denken und selbständiges wie koordinatives Handeln anzuregen und zu ermöglichen,	Die Jugendlichen können sich selbstständig Informationen im Internet beschaffen und zu ihren neuen Erkenntnissen verknüpfen. Im selbst entworfenen Experiment ist es möglich, solche Erkenntnisse zu vertiefen. Außerdem können die Jugendlichen diesbezügliche Fragen an das Fachpersonal im Schwimmbad richten. Erkenntnisse können auf andere Bereiche des Alltags übertragen werden.
XVI selbständiges Experimentieren der Schüler ermöglichen.	Viele Erkenntnisse lassen sich mit Hilfe von Schülerexperimenten gewinnen: Die Jugendlichen führen u.a. selbständig Wasseranalysen durch.

---

Die Anwendung der Kriterien von DUIT (1978) auf die Unterrichtseinheit zeigt, dass es mit ihr möglich ist, den Jugendlichen wesentliche Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu vermitteln.

### 10.1.2. Lernvoraussetzungen

Da bei der Wasseraufbereitung in einem Schwimmbad verschiedene chemische Reaktionen stattfinden, die sich gegenseitig beeinflussen, ist die Thematik aufgrund ihrer Komplexität eher für den Bereich der Sekundarstufe II geeignet. Die Schüler und Schülerinnen sollten grundlegende Kenntnisse über Redoxreaktionen, Säuren und Basen, pH-Wert, Puffersysteme, Gleichgewichte, Konzentrationsangaben, den Kalkkreislauf und Eigenschaften der Halogene besitzen. Sind diese Kenntnisse vorhanden, kann man sie in der Unterrichtseinheit festigen, erweitern und verknüpfen.

Natürlich ist die Thematik auch geeignet, um fehlendes Wissen z.B. über Puffersysteme, Konzentrationsangaben, den Kalkkreislauf und Eigenschaften der Halogene zu er-

schließen. An den entsprechenden Stellen müssen dazu die benötigten Begriffe eingeführt werden.

### 10.1.3. Methoden

Aufgrund der umfangreichen Verknüpfungen verschiedener Bereiche und Fächer eignet sich die Thematik sehr gut als Grundlage für einen projektorientierten Unterricht. DUVINAGE & DEMUTH (1994) haben fünf Merkmale zusammengestellt, die für einen projektorientierten Unterricht kennzeichnend sind: „1.) Im „Projekt“ muss ein Bezug zu einer im Alltag real existierenden Situation (Problem) gegeben sein. 2.) Die Arbeit an der Lösung der gegebenen Aufgabe muss bis hin zur Zielformulierung geplant und in einem arbeitsteiligen Vorgehen realisiert werden. 3.) Die Behandlung fachübergreifender Aspekte ist unerlässlich. 4.) Am Ende der „Projektphase“ sollte ein „Produkt“ das Ergebnis der Arbeit dokumentieren. 5.) Die Teilnehmer sollten sich Rechenschaft darüber ablegen, was sie tun und weshalb sie etwas tun.“ Alle diese Merkmale lassen sich mit der Thematik „Das Schwimmbad“ realisieren.

Ausgangspunkt für ein solches Projekt könnte die Besichtigung der Aufbereitungstechnik eines Schwimmbades sein, um zu erfahren, wie das Wasser aufbereitet und die Qualität überprüft wird. Man erhält so erste Antworten auf Fragen, die beim Einstieg in die Thematik aufgetreten sind.

In Gruppenarbeit sind die dabei erhaltenen Informationen durch Recherchen, z.B. im Internet, oder über die Lieferanten, zu vertiefen und mit Hilfe von Experimenten zu überprüfen. So kann sich eine Gruppe mit der Desinfektion des Wassers, eine andere mit der Filtration des Wassers und eine dritte Gruppe mit Abhängigkeiten von Aufbereitung und pH-Wert des Wassers beschäftigen. Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen können in Vorträgen vorgestellt werden. Außerdem ist es möglich, die Ergebnisse auch auf Wandzeitungen oder im Internet zu präsentieren.

#### **10.1.4. Experimente**

Zur Wasseraufbereitung im Schwimmbad lassen sich verschiedene Experimente durchführen, mit deren Hilfe Erkenntnisse gewonnen oder überprüft werden können. Alle für diese Einheit beschriebenen Experimente sind als Schülerexperimente geeignet. Da die Experimente im Klassenraum erfolgen sollen, sind Modellexperimente einzusetzen: Als Schwimmbecken dient dann im allgemeinen eine pneumatische Wanne oder ein Becherglas. Die Chemikalien können entweder im Baumarkt/Fachhandel erworben werden oder man bittet den Schwimmmeister um eine kleine Probe. Schüler oder Schülerinnen, deren Eltern einen Swimmingpool besitzen, können entsprechende Pflegeprodukte mit in die Schule bringen.

#### **10.1.5. Medien**

Für die Bearbeitung dieser Thematik stehen verschiedene Medien zu Verfügung: Fachliteratur, das Internet mit Informationen der Produzenten und Lieferanten von Schwimmbadzubehör und Prospekte zu den jeweiligen Produkten.

### **10.2. Die „Chemie“ im Schwimmbad**

Auch in einem alltagsorientierten Chemieunterricht müssen die Jugendlichen wichtige fachliche Grundlagen der Chemie erarbeiten, sollen vorhandene Kenntnisse vertiefen, und erweitern. Die Bereiche der Chemie, die zur Thematik „Das Schwimmbad“ von Bedeutung sind, können der Tabelle 10-2 entnommen werden.

**Tab. 10-2:** Fachliche Bezüge zu „Wasseraufbereitung im Schwimmbad“

<b>Schwimmbad</b>	<b>Fachliche Bezüge</b>
Desinfektionsmittel	Chlor und Chlorverbindungen, Säuren (Hypochlorige Säure), Redoxreaktionen, Chemische Gleichgewichte, Konzentrationsangaben
Schwimmbekckenwasser	Säuren, Basen, Säure-Base-Reaktionen, pH-Wert, Puffer
Wasserhärte	natürlicher Kalkkreislauf, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichte
Flockung	Redoxreaktionen, pH-Wert

### **10.3. Fachliche Grundlagen der Wasseraufbereitung**

Die Aufbereitung von Schwimmbekckenwasser gliedert sich in die fünf Bereiche:

- Desinfektion,
- pH-Wert-Regulierung,
- Filtration,
- Algenbekämpfung und
- Wassererneuerung.

Wie die Aufbereitung von Schwimmbekckenwasser zu erfolgen hat, ist in der Deutschen Norm DIN 19643 festgelegt.

#### **10.3.1. Desinfektion**

Ein Schwimmbad wird täglich von vielen Menschen besucht, welche über die Haut oder durch Ausscheidungen Verschmutzungen in das Wasser eintragen. Unter diesen Verschmutzungen können sich auch Krankheitserreger befinden und auf andere Menschen übertragen werden. Aus diesem Grund ist im § 11 des Bundes-Seuchengesetzes festgelegt:

„Schwimm- oder Badebeckenwasser in öffentlichen Bädern oder Gewerbebetrieben muss so beschaffen sein, dass durch seinen Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist.“

Zuerst soll geklärt werden, was unter Krankheitserregern zu verstehen ist.

Übertragbare Krankheiten werden von sehr kleinen, mit bloßem Auge nicht sichtbaren Lebewesen, den sogenannten Mikroorganismen, verursacht. Die wichtigsten Gruppen der Mikroorganismen sind Bakterien, Pilze und Viren.

**Bakterien** kann man mit dem Mikroskop sehen, einige Arten sind stäbchenförmig, andere kugelförmig, andere spiralförmig. Die meisten Bakterien sind harmlos, einige Arten können aber schwere Krankheiten bewirken: Typhus, Cholera oder Wundstarrkrampf.

**Pilze** kann man ebenfalls unter dem Mikroskop sehen. Sie haben die Form langer dünner Fäden. Die bekannteste Pilzkrankheit ist der Fußpilz. Es können aber auch andere Teile der Haut von Pilz-Erkrankungen befallen werden.

**Viren** sind noch viel kleiner als Bakterien und Pilze. Sie sind unter dem Mikroskop nicht sichtbar. Zu den Viren gehören die Erreger von Grippe, Gelbsucht, AIDS, Kinderlähmung, Masern und bestimmten Darmerkrankungen.

Jeder Mensch hat Milliarden von Bakterien auf der Haut, in der Mundhöhle, im Nasen-Rachen-Raum und im Darm. Beim Baden gelangt ein Teil dieser Bakterien ins Beckenwasser. Auch Bakterien, die normalerweise nicht freigesetzt werden, weil sie an schwer zugänglichen Stellen sitzen, z.B. an der Afteröffnung, können ins Beckenwasser gelangen. An Tagen, an denen im Schwimmbad Hochbetrieb herrscht, ist die Belastung an Bakterien im Becken erheblich, auch Pilze und Viren treten gehäuft auf. Die allermeisten Bakterien, Pilze und Viren sind unschädlich, aber einige können auch Erreger schwerer Krankheiten sein. Diese sind durch Desinfektionsmittel abzutöten.

### 10.3.2. Desinfektionsmittel

Desinfektionsmittel sind Stoffe, die Mikroorganismen abtöten. Da sie für Mikroorganismen tödlich sind, können sie, falsch angewendet, auch dem Menschen schaden. **Es gibt keine Desinfektionsmittel, die für den Menschen völlig unschädlich sind.**

Es ist aber das geringere Übel, die Badegäste einer gewissen Hautreizung durch Desinfektionsmittel auszusetzen, als sie zwischen Milliarden von Krankheitskeimen baden zu lassen. Deshalb ist eine Desinfektion in allen öffentlichen Bädern vorgeschrieben.

Die wichtigsten Desinfektionsmittel sind Chlor und Verbindungen auf Chlorbasis. Chlor tötet Bakterien, Viren und Pilze gleichermaßen, kann in zu hohen Mengen aber auch für Menschen gefährlich werden. Deshalb ist ständig darauf zu achten, dass nicht zu wenig und nicht zu viel Chlor im Beckenwasser gelöst ist.

In Deutschland sind nur chlorhaltige Produkte zur Desinfektion und Aufbereitung von Schwimmbeckenwasser zugelassen.

In 75% aller Fälle wird Chlorgas aus der Chlorgasflasche verwendet. Daneben werden auch Natriumhypochlorit-Lösung, Chlordioxid und Chlorgranulate (Calciumhypochlorit) eingesetzt.

Für den Swimmingpool oder das Warmsprudelbecken zu Hause gibt es im Baumarkt oder beim Fachhändler weitere Produkte zur Wasseraufbereitung, z.B. Trichlorisocyanursäure, das Natriumsalz der Dichlorisocyanursäure, Bromverbindungen und „Aktiv-sauerstofftabletten“, die Peroxide enthalten.

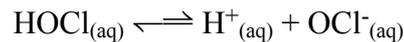
Die wichtigsten Desinfektionsmittel wie Chlorgas, Natriumhypochlorit-Lösung, Calciumhypochlorit und organisch gebundenes Chlor werden im folgenden vorgestellt.

**Chlorgas (Cl<sub>2</sub>).** Wird Chlorgas in Wasser geleitet, so stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, überschüssigem gelöstem Chlor, hypochloriger Säure (unterchlorige Säure) und Salzsäure ein. Beim Einleiten von Chlorgas in Wasser kommt es zum Absenken des pH-Wertes, da sich Säuren bilden:

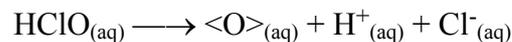


Bei einem pH-Wert von 7 und der Temperatur von 25 °C liegt das Gleichgewicht weitgehend auf der Seite der H<sub>2</sub>O- und Cl<sub>2</sub>-Moleküle. Die Gleichgewichtskonstante hat den Wert  $4,2 \cdot 10^{-4}$ .

Hypochlorige Säure ist eine schwache Säure. Aus diesem Grund liegt das Dissoziationsgleichgewicht weitgehend auf der Seite der Moleküle, die Dissoziationskonstante bei Raumtemperatur beträgt etwa  $2,9 \cdot 10^{-8}$ :



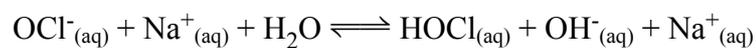
Für die Desinfektion des Wassers sind die Moleküle der Hypochlorigen Säure verantwortlich. Sie zerfallen nach folgender Gleichung:



Die dabei frei werdenden Sauerstoffatome („nascierender Sauerstoff“) oxidieren die Krankheitserreger.

**Natriumhypochlorit (NaClO).** Natriumhypochlorit wird durch Einleitung von Chlor in verdünnte Natronlauge bei tiefen Temperaturen hergestellt. Es kommt nur in gelöster Form vor, die Lösung hat einen Gehalt von ca. 10 % „aktivem Chlor“ (siehe Kap. 10.3.5.).

Wird Natriumhypochlorit-Lösung in Wasser gegeben, so stellt sich folgendes Gleichgewicht zwischen Wasser-Molekülen, Hypochlorit-Ionen, Molekülen der Hypochlorigen Säure und Hydroxid-Ionen ein:



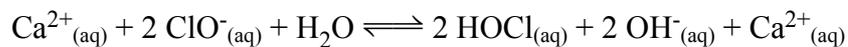
Als Salze einer schwachen Säure reagieren die Hypochlorite alkalisch und führen somit zu einer Anhebung des pH-Wertes.

Das Gleichgewicht ist pH-abhängig. Die OH<sup>-</sup>-Ionen können durch Säuren abgepuffert werden.

Auch hier ist es die Hypochlorige Säure, die für die Oxidation der Keime verantwortlich ist, da bei ihrem Zerfall Sauerstoff-Atome („nascierender Sauerstoff“) gebildet werden.

**Calciumhypochlorit (Ca(OCl)<sub>2</sub>).** Calciumhypochlorit wird durch Einleiten von Chlor in Aufschlämmungen von Calciumhydroxid in Wasser hergestellt. Es kommt in fester Form in den Handel und hat einen Gehalt von 60 bis 70 % „aktivem Chlor“.

Wird Calciumhypochlorit in Wasser gegeben, so stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser-Molekülen, Hypochlorit-Ionen, Molekülen der Hypochlorigen Säure und Hydroxid-Ionen ein:



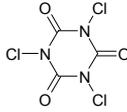
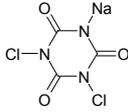
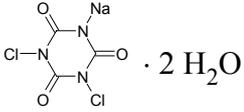
Da Calciumhypochlorit das Salz einer schwachen Säure und einer starken Base ist, reagiert es alkalisch: Es bilden sich bei der Reaktion mit Wasser freie Hydroxid-Ionen. Aus diesem Grund kommt es bei der Verwendung von Calciumhypochlorit zu einer Verschiebung des pH-Wertes in den alkalischen Bereich. Auch dieses Gleichgewicht ist pH-abhängig.

Die bei der Reaktion von Calciumhypochlorit mit Wasser gebildete Hypochlorige Säure ist für die Desinfektion des Wassers verantwortlich. Bei ihrem Zerfall bilden sich Sauerstoff-Atome („nascierender Sauerstoff“), die die Keime oxidieren.

**Organische Chlorverbindungen.** Für die Wasserdesinfektion werden im Handel drei organische Chlorverbindungen angeboten:

Trichlorisocyanursäure (C<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>), das Natriumsalz der Dichlorisocyanursäure (Na(C<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>)) und das Natriumsalz-Dihydrat der Dichlorisocyanursäure (Na(C<sub>3</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>) · 2 H<sub>2</sub>O)). Ihre Strukturen und die für den Einsatz im Pool wichtigsten Eigenschaften sind in Tabelle 10-3 aufgeführt.

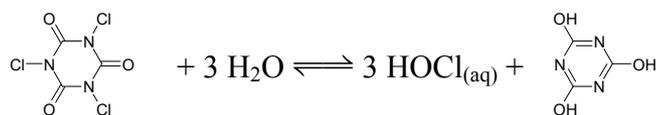
**Tab. 10-3:** Organische Chlorverbindungen (Quelle: Produktdatenblatt der Firma OxyChem)

Chemischer Name	Trichlorisocyanursäure	Natriumsalz der Dichlorisocyanursäure	Natriumsalz-Dihydrat der Dichlorisocyanursäure
Chemische Struktur			
Formel	$C_3Cl_3N_3O_3$	$NaC_3Cl_2N_3O_3$	$NaC_3Cl_2N_3O_3 \cdot 2 H_2O$
Aktives Chlor	> 90 %	62,5 %	55,5 %
Löslichkeit bei 25 °C (g/100 g Wasser)	1,2	24	28
pH-Wert, 1 %ige Lösung bei 25 °C	3,0	6,0	6,0

Die Trichlorisocyanursäure und deren Natriumsalze unterscheiden sich in ihren für die Wasseraufbereitung wichtigen Eigenschaften. Trichlorisocyanursäure besitzt von allen für die Wasseraufbereitung verwendeten Chemikalien den höchsten Gehalt an „aktivem Chlor“, senkt den pH-Wert und löst sich nicht so gut. Aus diesem Grund wird es auch unter dem Namen „langsam lösliches organisches Chlor“ angeboten.

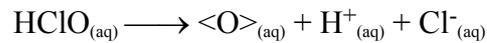
Die Natriumsalze der Dichlorisocyanursäure besitzen dagegen weniger „aktives Chlor“, beeinflussen den pH-Wert des Wassers kaum und lösen sich besser. Aus diesem Grund werden sie als „schnell lösliches organisches Chlor“ angeboten.

Die Reaktion mit Wasser wird am Beispiel der Trichlorisocyanursäure gezeigt: Es stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den Molekülen der Trichlorisocyanursäure, Hypochloriger Säure und Cyanursäure ein:



Da sich bei dieser Reaktion ein Gleichgewicht einstellt, wirkt die Cyanursäure als „Chlorstabilisator“, da ein Teil des Chlors gebunden bleibt und erst zu Hypochloriger Säure reagiert, wenn das Gleichgewicht durch Entfernung von Hypochloriger Säure gestört wird.

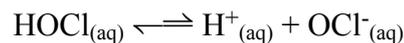
Auch bei dieser Reaktion ist es die Hypochlorige Säure, die für die Desinfektion des Wassers benötigt wird. Bei ihrem Zerfall bildet sich Sauerstoff, der die Keime oxidiert:



Organische Chlorverbindungen kommen als Granulat oder Tabletten in den Handel.

### 10.3.3. Zusammenfassung der Desinfektionswirkung

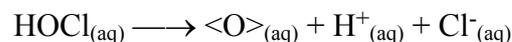
Beim Einsatz aller oben genannten Desinfektionsmittel bildet sich Hypochlorige Säure (HOCl) im Wasser. Da Hypochlorige Säure eine schwache Säure ist, liegt das Dissoziationsgleichgewicht weitgehend auf der linken Seite:



Die Dissoziationskonstante bei Raumtemperatur beträgt etwa  $2,9 \cdot 10^{-8}$ .

Das Gleichgewicht zwischen Hypochloriger Säure und dem Hypochlorit-Ion ist pH-abhängig. Es beginnt bei pH 5 und liegt bei pH 9 praktisch völlig auf der Seite des Hypochlorit-Ions.

Der beim Zerfall der Hypochlorigen Säure frei werdende atomare Sauerstoff oxidiert die Keime:



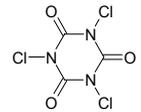
Die Zersetzung findet im Dunkeln langsam, schneller im diffusen Tageslicht, sehr rasch im Sonnenlicht bzw. in Anwesenheit von Katalysatoren wie Cobalt-, Nickel- oder Kupferoxid statt.

Die Hypochlorige Säure gehört zu den starken Oxidationsmitteln: Redoxpotential  $\text{HOCl}/\text{Cl}^- = +1,495 \text{ V}$ . Das Redoxpotential des  $\text{ClO}^-/\text{Cl}^-$  beträgt  $+0,885 \text{ V}$ .

Aufgrund dieser Kenntnisse sind die Reaktionen so zu beeinflussen, dass möglichst viel Hypochlorige Säure zur Verfügung steht.

Eine Zusammenfassung über die verwendeten Desinfektionsmittel findet sich in Tabelle 10-4.

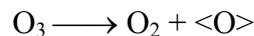
Tab. 10-4: Übersicht über die verwendeten Desinfektionsmittel

Desinfektionsmittel	Chlorgas	Natriumhypochlorit	Calciumhypochlorit	Trichlorisocyanursäure
<b>Formel</b>	$\text{Cl}_2$	$\text{NaClO}$	$\text{Ca}(\text{ClO})_2$	 $\text{C}_3\text{Cl}_3\text{N}_3\text{O}_3$
<b>Reaktion mit Wasser</b>	$\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{OCl}^- + \text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{OH}^- + \text{Na}^+$	$\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{HOCl} + 2 \text{OH}^- + \text{Ca}^{2+}$	$\text{Trichlorisocyanursäure} + \text{Wasser} \rightleftharpoons \text{Hypochlorige Säure} + \text{Cyanursäure}$
<b>Desinfektion</b>	$\text{HClO} \rightarrow \langle \text{O} \rangle + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{HClO} \rightarrow \langle \text{O} \rangle + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{HClO} \rightarrow \langle \text{O} \rangle + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{HClO} \rightarrow \langle \text{O} \rangle + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
<b>Einfluß auf den pH-Wert des Wassers</b>	senkt	hebt	hebt	senkt
<b>Günstig bei:</b>	hartem Wasser	weichem Wasser	weichem Wasser	hartem Wasser
<b>Nachteile</b>	hohe Sicherheitsanforderungen	Kalkausfällungen bei hartem Wasser	Kalkausfällungen bei hartem Wasser	etwas teurer Cyanursäure verbleibt im Wasser

### 10.3.4. Desinfektionsmittel ohne Chlor

#### 10.3.4.1. Ozon

Die Desinfektionswirkung aller bislang betrachteten Mittel beruht auf dem beim Zerfall der Hypochlorigen Säure frei werdenden atomaren Sauerstoff, welcher die Keime oxidiert. Nicht nur chlorhaltige Desinfektionsmittel liefern diesen atomaren Sauerstoff, er entsteht auch beim Zerfall von Ozon:



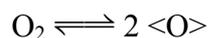
Ozon besitzt damit ein Oxidationsvermögen, welches zur Reinigung von Schwimmbecken- und Trinkwasser genutzt wird und bietet gegenüber chlorhaltigen Desinfektionsmitteln einige Vorteile: Es tötet Keime, Pilze und Bakterien besser ab als die anderen in der Wasseraufbereitung eingesetzten Desinfektionsmittel. Seine Wirkung ist auch, im Gegensatz zum Chlor, weitgehend vom pH-Wert des Wassers unabhängig. Im Gegensatz zu Chlor, dessen Zerfallsprodukt das Chlorid ist, das den Salzgehalt des Wassers erhöht, zerfällt Ozon wieder zu Sauerstoff, dessen Anwesenheit im Wasser ja erwünscht ist. Zwar treten bei der Reaktion des Ozons mit bestimmten organischen Inhaltsstoffen auch unerwünschte Nebenreaktionsprodukte auf, diese können aber mit einem Aktivkohlefilter aus dem Wasserkreislauf entfernt werden.

Nach diesen Ausführungen sieht es so aus, dass Ozon das ideale Desinfektionsmittel ist. Im folgenden wird deshalb aufgezeigt, warum auf den Einsatz von chlorhaltigen Produkten nicht verzichtet werden kann. Ozon hat für den Menschen zweierlei Bedeutungen. Zum einen schützt die Ozonschicht in der Stratosphäre das Leben auf der Erde vor der UV-Strahlung der Sonne. Zum anderen sind hohe Ozonwerte in den unteren Luftschichten gesundheitsgefährdend. Wegen der großen Giftigkeit darf der Mensch nicht mit Ozon in Berührung kommen, auch nicht im Schwimmbecken. Aus diesem Grund kann Ozon nur im Reinigungskreislauf des Schwimmbades eingesetzt werden. Dazu bedarf es einer aufwendigen Verfahrenskombination aus a.) Flockung – Filtration – Ozonung – Sorptionsfiltration (Aktivkohle) - Chlorung oder b.) Flockung – Ozonung – Mehrschichtfiltration (mit Aktivkohle) – Chlorung (GANSLOSER u.a. 1999). Bei den Verfahrenskombinationen zeigt sich, dass auf den Einsatz von chlorhaltigen Produkten nicht verzichtet werden kann, weil ins Wasser eingetragene Keime sofort abzutöten

sind, damit es zu keiner Gefährdung anderer Badenden kommt. Dadurch wird natürlich die Wasseraufbereitung teurer. Allerdings ermöglichen die Verfahrenskombinationen eine optimale Reinigung des Wassers. Im privaten Bereich und bei der Trinkwasseraufbereitung braucht dem Wasser kein Chlor zugesetzt werden.

Wie funktioniert die Ozonierung des Wassers? Wegen seiner großen Reaktivität lässt sich Ozon nicht transportieren. Aus diesem Grund wird es vor Ort, in einem Ozonisator, hergestellt. HOLLEMAN & WIBERG (1985) beschreiben einen „Siemens’schen Ozonisator“ folgendermaßen: „Dieser besteht im Prinzip aus zwei ineinander gestellten (koaxialen) Glasrohren, deren Außen- bzw. Innenwand mit Wasser gekühlt und mit den Enden eines Induktoriums – bei Großanlagen mit den Hochspannungsklemmen eines Transformators – leitend verbunden ist. (Das äußere Rohr ist außen, das innere Rohr innen mit einer als Elektrode fungierenden Metallfolie belegt.) In dem engen Ringraum zwischen den Glasrohren treten bei Anlegen einer genügend hohen Spannung (etwa 3000 V) ‚stille‘ (kein Knistern – Anm. Verf.) oder ‚dunkle‘ (kein Lichtbogen – Anm. Verf.) elektrische Entladungen auf, durch welche ein trockener Sauerstoff- oder Luftstrom geleitet wird. Das den Ozonisator verlassende Gasgemisch besteht, wenn von reinem Sauerstoff ausgegangen wird, im besten Fall zu 15 % aus Ozon, ...“

Die zugeführte elektrische Energie spaltet die Sauerstoff-Moleküle in Sauerstoff-Atome:



Diese Sauerstoff-Atome reagieren mit molekularem Sauerstoff zu Ozon:



Das so erzeugte Ozon wird über eine Ozon-Wasser-Vermischungseinrichtung dem Wasserstrom zugeführt. Bevor das Wasser den Aktivkohlefilter passiert, muss gewährleistet sein, dass das Ozon mindestens drei Minuten Kontakt mit dem Wasser hat.

### 10.3.4.2. Alternative Produkte für den privaten Pool

Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass für den privaten Bereich auch Desinfektionsmittel zur Verfügung stehen, die kein Chlor enthalten. So gibt es Produkte, die anstelle von Chlor Brom abspalten und analog zu den Chlorprodukten das Wasser entkeimen.

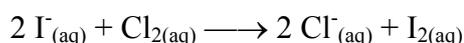
Unter dem Namen „Aktivsauerstoff“ werden Produkte angeboten, die Sauerstoff freisetzen und damit das Wasser entkeimen. Sie enthalten im allgemeinen Peroxide.

Diese Produkte sind für öffentliche Schwimmbäder nicht zugelassen und sollen auch nicht Gegenstand der Betrachtungen sein.

### 10.3.5. Das „aktive“ oder „wirksame“ Chlor

Bei der Beschreibung der Desinfektionsmittel wurde deren Gehalt an „aktivem“ oder „wirksamem“ Chlor angegeben. Dabei handelt es sich um den Anteil an elementarem Chlor, der aus den Chlorprodukten bei der Reaktion mit Salzsäure freigesetzt wird. Damit ist es eine Größe, die den Handelswert dieser Produkte beschreibt. Um so höher der Gehalt an „aktivem Chlor“ ist, desto stärker wirkt das Produkt und kann in kleineren Konzentrationen eingesetzt werden.

Der Gehalt an „aktivem Chlor“ wird mit Kaliumiodidlösung (Iodausscheidung) bestimmt:

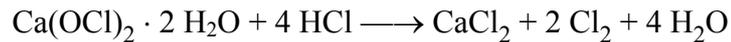


Das ausgeschiedene Iod lässt sich mit Thiosulfat titrieren:



Das „aktive Chlor“ wird als die Masse des entwickelten Iods angegeben, ausgedrückt in Gewichtsprozenten des Produkts.

Am Beispiel von Calciumhypochlorit wird dies gezeigt:



Calciumhypochlorit kommt als Dihydrat in den Handel. Es hat eine molare Masse von 179 g/mol. Die bei der Reaktion entstandene äquivalente Stoffmenge an Chlor hat eine Masse von 142 g. Folglich ergibt sich der Gehalt an aktivem Chlor für reines Calciumhypochlorit-Dihydrat zu  $(142/179) \cdot 100 = 79,3 \%$ . Die im Handel befindlichen Produkte besitzen nur technische Reinheit, so dass dieser Gehalt nicht erreicht wird.

### 10.3.6. Unerwünschte Reaktionen der verwendeten Chlorprodukte

Leider töten die zugesetzten Chlorprodukte nicht nur die Keime ab, sie reagieren auch mit Schmutzteilchen, die sich im Wasser befinden.

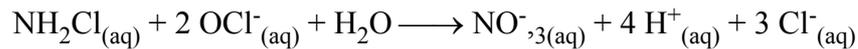
Durch die Badegäste und Umwelteinflüsse werden Verschmutzungen in das Schwimmbadwasser eingetragen. Diese Verunreinigungen enthalten u.a. stickstoffhaltige Verbindungen, welche sich in Eiweißen befinden. Dabei reagiert die Hypochlorige Säure mit Ammoniak-Molekülen ( $\text{NH}_3$ ) und Ammonium-Ionen ( $\text{NH}_4^+$ ) zu Monochloramin-Molekülen:



Dieses Monochloramin (allgemein Chloramin) wird als „gebundenes Chlor“ bezeichnet. Es ist als schwaches Desinfektionsmittel wirksam und wird deshalb auch heute noch, vor allem in den USA, als Langzeitpräparat in privaten und öffentlichen Schwimmbädern eingesetzt.

In Deutschland ist der Einsatz von Chloraminen als Desinfektionsmittel verboten, da Chloramine für den typischen Hallenbadgeruch verantwortlich sind und die Schleimhäute der Augen reizen (Augenrötung). Somit ist der bisherige Glaube der Badenden, dass das überschüssige Chlor eine Augenreizung bewirkt, nicht richtig. Vielmehr gilt, dass der schlechte Geruch und die Augenrötung auf einer hohen Belastung des Schwimmbeckenwassers durch Chloramine beruhen.

Abgebaut wird das Chloramin durch Hypochlorit-Ionen im pH-Bereich über 7:



Somit kann die Bildung der störenden Chloramine durch Einstellung des pH-Wertes über 7 und ausreichende Chlorung des Beckenwassers verhindert werden. Wird das Wasser über Aktivkohle gefiltert, so lassen sich auch damit die Chloramine entfernen. Außerdem schreibt die DIN 19643 vor, dass pro Badegast und Tag 30 Liter Frischwasser nachzufüllen sind.

Bei der Reaktion von Chlor mit im Beckenwasser vorhandenen organischen Stoffen entstehen außer den Chloraminen auch noch die sogenannten **Trihalogenmethane**. Die Bezeichnung Trihalogenmethan (THM) ist ein Sammelbegriff für verschiedene Stoffe, z.B.

- Trichlormethan (Chloroform)       $\text{CHCl}_3$
- Bromdichlormethan               $\text{CHBrCl}_2$
- Dibromchlormethan               $\text{CHBr}_2\text{Cl}$
- Tribrommethan (Bromoform)     $\text{CHBr}_3$

Trihalogenmethane stehen im Verdacht, wenn sie in größeren Mengen eingeatmet werden, krebserzeugend zu sein. Deshalb schreibt die DIN 19643 als höchsten zulässigen Wert für Trihalogenmethane 0,02 mg/l vor. Da in Deutschland die Desinfektion mit Brom nicht gestattet ist, entsteht bei der Chlorierung des Wassers im wesentlichen nur Trichlormethan.

### 10.3.7.      **Freies Chlor und gebundenes Chlor**

Der Gehalt an Desinfektionsmitteln im Schwimmbecken muss ständig überwacht werden. Dazu wird der Gehalt an „freiem Chlor“ und „gebundenem Chlor“ bestimmt.

Nach DIN 38408-4 (GANSLOSER u.a. 1999) bezeichnet man als „freies Chlor“ in Wasser gelöste Cl-Atome,  $\text{Cl}_2$ -Moleküle, Moleküle der Hypochlorigen Säure (HOCl) und durch Dissoziation entstandene Hypochlorit-Ionen ( $\text{OCl}^-$ ). Im Wasser sollen mindestens 0,3 mg/l und nicht mehr als 0,6 mg/l freies Chlor vorhanden sein, um eine optimale Desin-

fektion des Wassers zu gewährleisten. In Warmsprudelbecken liegt der Wert höher, hier sollen zwischen 0,6 und 1,0 mg/l freies Chlor vorhanden sein.

Unter „gebundenem Chlor“ versteht man nach DIN 38408-4 (GANSLOSER u.a. 1999) Chloramine, die eine geringe oxidierende Wirkung aufweisen. Da die Chloramine im Schwimmbeckenwasser unerwünscht sind, wurde der Grenzwert auf 0,2 mg/l festgelegt.

### **10.3.8. Die Bestimmung des Chlorgehaltes und des pH-Wertes**

Die einfachste Methode, den Chlorgehalt zu bestimmen, ist die DPD-Methode. Entsprechende Testsets für den Poolbesitzer gibt es im Baumarkt oder im Fachhandel. Diese Testsets ermöglichen auch die Bestimmung des pH-Wertes.

Das Prinzip der DPD-Methode besteht darin, dass das DPD-Reagenz 1 (N-Diethylparaphenylendiaminsulfat) eine Rot-Verfärbung erzeugt, die den Wert des freien Chlors colorimetrisch bestimmen lässt. Durch die Zugabe von Kaliumiodid, als weiteren Aktivierungszusatz, kommt es zu einer stärkeren Verfärbung, die den Gesamtchlorgehalt (freies Chlor + gebundenes Chlor) festlegt. So kann durch Subtraktion (Gesamtchlorgehalt – Gehalt an freiem Chlor) der Gehalt an gebundenem Chlor bestimmt werden.

In modernen Schwimmbädern wird der Gehalt an freiem Chlor mit Hilfe einer Meßsonde kontinuierlich bestimmt.

### **10.3.9. Gefahren beim Chloreinsatz**

Chlorgas ist ein stechend riechendes Gas. Aus diesem Grund wird es schon in kleinen ungefährlichen Dosen vom Menschen wahrgenommen.

Chlorgas zerstört tierische und pflanzliche Gewebe, teils durch Oxidation, teils durch Substitution von Wasserstoff-Atomen durch Chlor-Atome in organischen Verbindungen, teils durch Addition von Chlor-Atomen an Doppelbindungen. Luft, die 0,5 – 1 % Chlor-Gas enthält, wirkt auf Säugetiere und Mensch rasch tödlich, da die Luftwege und Lungenbläschen verätzt werden. Nach stundenlangem Einatmen von Luft mit 0,01 % Chlor können tödliche Vergiftungen eintreten, und selbst ein Chlorgehalt von nur 0,001

% greift bereits die Lungen schwer an. 0,0001 % Chlor in der Atemluft reizt noch die Atmungsorgane und wird ohne weiteres am Geruch erkannt; eine Gefahr besteht in diesem Fall nicht mehr. Der MAK-Wert beträgt  $1,5 \text{ mg/m}^3$ .

Aus den genannten Gründen bestehen für Chlorgasanlagen sehr hohe Sicherheitsvorschriften. Trotzdem kommt es immer wieder zu Chlorgasunfällen in Schwimmbädern. Eine Zusammenstellung von Unfällen mit Chlor befindet sich auf den Internetseiten von Greenpeace unter [www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de). So strömte aufgrund eines technischen Defekts in der Wasseraufbereitungsanlage in einem Freibad in Gotha im Juni 1995 Chlorgas aus. Dabei wurde eine Frau verletzt.

Die anderen chlorabspaltenden Produkte Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit und Trichlorisocyanursäure sind bei vorschriftsmäßiger Handhabung wesentlich ungefährlicher als Chlorgas. Die größte Gefahr besteht darin, dass bei der Reaktion dieser Produkte mit Säure Chlorgas freigesetzt wird. Auch dadurch kam es schon zu schweren Unfällen. So wurden 25 Menschen verletzt, als in einem Chemielager in Nürnberg, im Juli 1991, beim Einlagern von per Lastzug angelieferten 15.000 Kilogramm Natriumhypochloritlösung infolge Verwechslung der Einfüllstützen, der Salzsäure-Tank befüllt wurde. Dabei bildete sich eine Chlorgaswolke. Man beachte, dass Trichlorisocyanursäure als Säure reagieren kann und deshalb mit Natriumhypochlorit und Calciumhypochlorit reagiert.

Die Lösungen von Natriumhypochlorit, Calciumhypochlorit und Trichlorisocyanursäure sind ätzend. Weiterhin entsteht beim Zerfall dieser Produkte in geringen Mengen Chlorgas.

#### **10.4. Der pH-Wert des Schwimmbeckenwassers**

Je nachdem, welches der oben genannten Desinfektionsmittel eingesetzt wird, bilden sich im Schwimmbeckenwasser Säuren oder Laugen, so dass es zu einer Verschiebung des pH-Wertes kommt.

Auch das verwendete Wasser hat Einfluss auf den pH-Wert. So enthält hartes Wasser Carbonate, die mit den entstehenden Säuren reagieren und damit Carbonat/Hydrogencarbonat-Puffer bilden können.

Prinzipiell soll sich der pH-Wert des Wassers im Bereich um pH 7 befinden, der für den Menschen angenehm ist. Außerdem hat der pH-Wert Einfluss auf die Wirksamkeit der eingesetzten Chemikalien. Da Säuren korrosiv wirken und mit Kalk reagieren, ist ein zu niedriger pH-Wert ungünstig für das Schwimmbecken und dessen Einbauten.

Über den pH-Wert lassen sich die Gleichgewichte der oben genannten Reaktionen beeinflussen. So ist die Dissoziation der Hypochlorigen Säure zu Hypochlorit-Ionen und Protonen stark pH-abhängig. Demnach ist die Konzentration von undissozierter Hypochloriger Säure, die für die Desinfektion des Wassers benötigt wird, bei niedrigeren pH-Werten höher. Hier muss ein Kompromiss gefunden werden, der berücksichtigt, dass ein niedrigerer pH-Wert gut für eine hohe Konzentration an Hypochloriger Säure, aber schlecht für die Korrosion ist. In der DIN 19643 wird deshalb ein pH-Wert von 6,8 bis 7,6 empfohlen. Dieser ist regelmäßig mit einer pH-Elektrode oder einem Farbstest zu überprüfen.

Der Handel bietet zur Korrektur des pH-Wertes verschiedene Produkte an. Diese enthalten je nach Hersteller unterschiedliche Säuren oder deren Salze und Basen. Zum Heben des pH-Wertes lassen sich folgende Chemikalien verwenden:

- Natriumhydroxid            NaOH
- Natriumcarbonat            Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- Natriumhydrogencarbonat    NaHCO<sub>3</sub>

Zum Senken des pH-Wertes eignen sich folgende Chemikalien:

- Salzsäure                    HCl
- Schwefelsäure                H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Kohlenstoffdioxid            CO<sub>2</sub>
- Natriumhydrogensulfat        NaHSO<sub>4</sub>

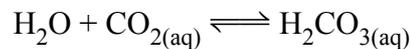
## 10.5. Die Wasserhärte

Das Süßwasser enthält mehr oder minder große Mengen gelöster Salze, die je nach Ort in ihrer Zusammensetzung schwanken. Den Hauptanteil bilden die in den meisten Wässern vorkommenden gelösten Calcium- und Magnesiumsalze, die die Wasserhärte be-

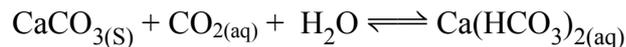
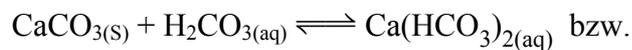
dingenden. Man unterscheidet zwischen Carbonat- und Nichtcarbonathärte, beide zusammen ergeben die Gesamthärte.

### 10.5.1. Die Carbonathärte

Wie entsteht die Carbonathärte? Regenwasser ist wie destilliertes Wasser fast chemisch rein. Es nimmt aber aus der Luft Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) auf. Mit Wasser reagiert Kohlenstoffdioxid zu Kohlensäure:

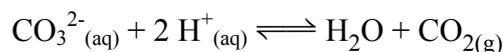
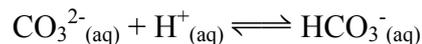


Deshalb hat Regenwasser je nach Kohlensäuregehalt einen pH-Wert im sauren Bereich, er kann bis 5,5 herunterreichen. Dieses kohlensäurehaltige Regenwasser löst nun die im Gestein des Bodens (Dolomit  $\text{CaCO}_3$  und Magnesit  $\text{MgCO}_3$ ) enthaltenen Carbonate (Calcium- bzw. Magnesium) und bildet lösliche Hydrogencarbonate:



Diese Gleichung beschreibt das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Entweicht die Kohlensäure, z.B. durch Erhitzen, so fällt Kalk aus. Aus diesem Grund wird die Carbonathärte auch als temporäre oder vorübergehende Härte bezeichnet.

Im Schwimmbad hat die Carbonathärte eine große Bedeutung, da das Ausfallen von Kalk zu Trübungen des Wassers führen kann. Außerdem reagieren Carbonate mit Säure, so dass sie Puffer bilden:



### **10.5.2. Die Nichtcarbonathärte**

Die Nichtcarbonathärte beruht auf den in Wasser gelösten Calcium- und Magnesiumsalzen, die keine Carbonate sind, sondern Sulfate, Nitrate und Chloride. Die Nichtcarbonathärte tritt in Gegenden mit gipshaltigen Gesteinen ( $\text{CaSO}_4$ ) auf.

Da diese Salze unter normalen Einflüssen auf das Wasser (Temperaturanstieg, Belüftung, geringfügige pH-Änderung) in Lösung bleiben, spricht man von permanenter Härte. Sie spielt für Schwimmbeckenwasser keine so große Rolle wie die Carbonathärte, da sie nicht wie diese unmittelbar zu Trübungen führen kann.

### **10.5.3. Die Gesamthärte**

Die Gesamthärte ist gleich der Summe aus Nichtcarbonat- und Carbonathärte des Wassers. Sie wird gemessen in Härtegraden. 5,6 Grad deutscher Härte (geschrieben 5,6 °d) entsprechen 1 mmol  $\text{Ca}^{2+}$  pro Liter Wasser.

### **10.5.4. Weiches Wasser**

In Gegenden, in denen das Gestein keine wasserlöslichen Bestandteile enthält (Urgestein: Granit, Gneis, Buntsandstein, z.B. im Schwarzwald, Teilen der fränkischen Schweiz, Odenwald, Zentralalpen) nimmt das Wasser keine oder nur sehr geringe Mengen an Salzen auf. Wasser, das keine oder nur sehr geringe Mengen an Härtebildnern in gelöster Form enthält, bezeichnet man als weiches Wasser. Da es wie das Regenwasser aber freie Kohlensäure gelöst enthält, ist weiches Wasser sauer und weist pH-Werte zwischen 5 und 7 auf.

### **10.5.5. Hartes Wasser**

Carbonathartes Wasser hingegen enthält mehr und minder große Mengen an gelöstem Calcium- und Magnesiumhydrogencarbonat. Lösungen beider Salze reagieren in Wasser schwach alkalisch.

Aus diesem Grund eignen sich für hartes Wasser Chlorgas und Trichlorisocyanursäure als Desinfektionsmittel am besten. Bei Verwendung von Natriumhypochlorit-Lösung oder Calciumhypochlorit kann es in diesem Fall zu Kalkausfällungen kommen, weil das Gleichgewicht in Richtung des Calciumcarbonats verschoben wird. Diese Produkte eignen sich besser für weiches Wasser.

## **10.6. Filtration**

Durch die Badenden und durch Umwelteinflüsse werden Verunreinigungen unterschiedlichster Art und Größe in das Wasser eingetragen. Das können z.B. Grashalme, Hautschuppen, Haare, Schweiß, Speichel, Seifenreste, Sonnenöl, Kosmetika, Bakterien, Viren, Pilze und andere sein.

Diese Verunreinigungen müssen entfernt werden. Die größeren Verunreinigungen bleiben in den Sieben und Filtern hängen. Die meisten Verunreinigungen liegen jedoch in Form so kleiner Teilchen vor, dass sie selbst durch die feinsten Filter gelangen.

### **10.6.1. Schmutzteilchen**

Je nach ihrer Größe bezeichnet man die Teilchen als

- Echt gelöste Teilchen
- Kolloidal gelöste Teilchen (Kolloide)
- Grobdisperse Teilchen

#### **10.6.1.1. Grobdisperse Teilchen**

Grobdisperse Teilchen sind größer als  $10^{-4}$  mm.

Beispiele:

- Haare,
- Grashalme,

- Hautschuppen,
- Ausgefällte Kalkkristalle.

Die Filter halten diese Teilchen zurück.

### 10.6.1.2. Kolloide

Die gelösten Teilchen (man nennt sie Kolloide) sind größer als  $10^{-6}$  mm, aber kleiner als  $10^{-4}$  mm. Diese Teilchen sind mit bloßem Auge oder mit der Lupe nicht zu sehen, unter einem Mikroskop mit hoher Vergrößerung sind sie jedoch sichtbar.

Beispiele:

- Reste von Seife, Sonnenöl und Kosmetika
- Schutzkolloide der Bakterien

Um diese Teilchen mit dem Filter zurückhalten zu können, müssen Flockungsmittel zugegeben werden. Bei der Flockung lagern sich mehrere Kolloide zu größeren Einheiten zusammen, die so groß sind, dass sie die Filter zurückhalten.

Die meisten Kolloide können Dipol-Moleküle oder Ionen sein.

### 10.6.1.3. Echt gelöste Teilchen

Echt gelöste Teilchen sind kleiner als  $10^{-6}$  mm. Sie sind weder mit bloßem Auge noch mit dem Mikroskop sichtbar. Die meisten echt gelösten Teilchen werden auch durch Flockungsmittel nicht zu größeren Einheiten zusammengelagert und lassen sich deshalb auch nach Zusatz von Flockungsmitteln nicht abfiltern.

Beispiele:

- Ionen wie  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{OCl}^-$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , usw.,
- gelöste Moleküle, z.B. Zuckermoleküle,
- gelöste Gase, z.B.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ , usw.

### 10.6.2. Der Sandfilter

Der gängigste Filter für Schwimmbecken ist der Sandfilter (siehe Abb. 10-1). Bei diesem Filter befindet sich in einem Behälter spezieller Quarzsand. Das Wasser, welches aus dem Schwimmbecken abgesaugt wird, durchfließt den Quarzsand von oben nach unten. So hält der Filtersand die Schmutzteilchen zurück.

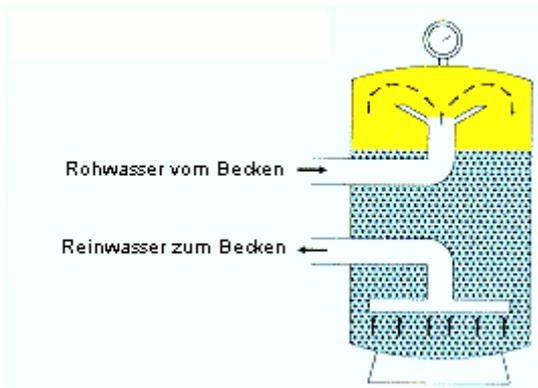


Abb. 10-1: Sandfilter in Betrieb  
(Quelle: www.aqua-fit.com)

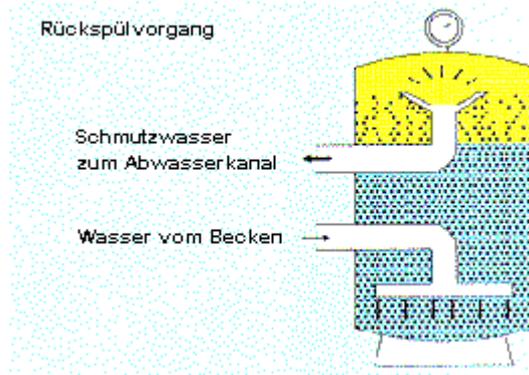


Abb. 10-2: Rückspülen eines Sandfilters  
(Quelle: www.aqua-fit.com)

Um die Schmutzteilchen, die sich während des Betriebs im Filter angesammelt haben, entfernen zu können, wird rückgespült. Dazu wird Wasser mit erhöhtem Druck von unten und damit in entgegengesetzter Richtung in den Filterkessel gepumpt. Das wirbelt die Sandkörner so auf, dass sich der anhaftende Schmutz von ihnen lösen kann und mit dem abfließenden Wasser in den Abfluss gespült wird (siehe Abb. 10-2).

Für kleinere Becken und Whirlpools gibt es Kartuschenfilter. Die Filtereinsätze werden zur Reinigung herausgenommen und abgespült.

### 10.6.3. Flockungsmittel

Wie oben erwähnt, bleiben nur größere Schmutzteilchen ohne Hilfsmittel im Filter hängen. Damit der Filter auch kolloidale Teilchen zurückhält, sind Flockungsmittel zuzugeben.

Als Flockungsmittel werden im allgemeinen bestimmte Aluminium- und Eisensalze verwendet (siehe Tabelle 10-5). Wenn aluminiumhaltige Flockungsmittel in Wasser

gelöst werden, entstehen zunächst amorphe Aluminiummetahydroxide ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ) mit wechselndem Wassergehalt:



Aus solchen Niederschlägen können sich allmählich stöchiometrisch wohldefinierte Hydroxide bilden:



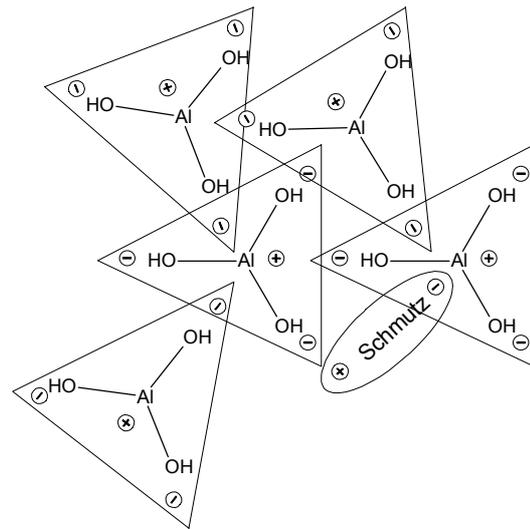
Löst man eisenhaltige Flockungsmittel in Wasser, entsteht ein rotbraunes, wasserreiches Hydrogel der Formel  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  („Eisenoxid-Hydrat“). SCHMIDKUNZ (1993) gibt folgende Bestandteile der Flocken an:



Ein definiertes Trihydroxid kennt man nicht, es ist nur das Monohydroxid bekannt. Trotzdem stellt SCHMIDKUNZ (1993) fest: „Im Unterricht könnte man bei geringen chemischen Vorkenntnissen nur von sich bildendem Eisenhydroxid  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  sprechen. Diese Vereinfachung ist im Sinne einer didaktischen Reduktion durchaus zu vertreten.“ In diesem Sinne soll auch von Aluminiumhydroxid  $\text{Al}(\text{OH})_3$  gesprochen werden.

**Tab. 10-5:** Übersicht über die zugelassenen Flockungsmittel**Übersicht über die zugelassenen Flockungsmittel**

- Aluminiumsulfat
- Aluminiumchloridhexahydrat
- Aluminiumhydroxichlorid
- Aluminiumhydroxichloridsulfat
- Natriumaluminat
- Eisen(III)-chloridhexahydrat
- Eisen(III)-chloridsulfat
- Eisen(III)-sulfat

**Abb. 10-3:** Eine mögliche Modellvorstellung für Flocken aus Aluminiumhydroxid

Wie wirken Flockungsmittel?

Durch elektrostatische Kräfte zwischen positiven und negativen Partial-Ladungen lagern sich viele Aluminiumhydroxid-Teilchen zu einem größeren Gebilde (einer Flocke) zusammen (siehe Abb. 10-3). Die Flocken sind mit bloßem Auge sichtbar. Flocken aus Aluminiumhydroxid sind weiß, Flocken aus Eisenhydroxid sind braun. Die Flocken sind so groß, dass sie im Filter hängen bleiben.

Auch die im Beckenwasser gelösten Kolloide sind Dipolmoleküle oder Ionen und werden deshalb durch elektrostatische Kräfte von den Aluminiumhydroxid-Molekülen angezogen. So kommt es zu einer Vergrößerung der Schmutzteilchen, welche der Filter zurückhält.

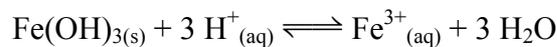
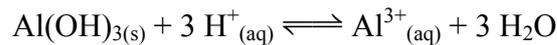
Aluminium(III)- bzw. Eisen(III)-Ionen bilden mit Phosphat-Ionen in Wasser schwer lösliches Aluminium- bzw. Eisenphosphat, welches sich ausfiltern lässt.

Das Flockungsmittel wird dem Wasseraufbereitungskreislauf einige Zentimeter vor dem Filter zugesetzt. Die entstandenen Flocken (und damit auch die in den Flocken eingelagerten Kolloide) werden vom Filter aus dem Aufbereitungskreislauf entfernt.

## 10.6.4. Die pH-Abhängigkeit der Flockungsmittel

### 10.6.4.1. Zu niedriger pH-Wert

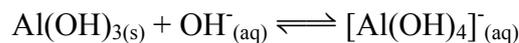
In diesem Fall ist die Konzentration an  $\text{H}^+$ -Ionen größer als die Konzentration an  $\text{OH}^-$ -Ionen. Die überschüssigen  $\text{H}^+$ -Ionen reagieren mit den OH-Gruppen des Aluminium- bzw. Eisenhydroxids:



$\text{Al}^{3+}$ -Ionen und  $\text{Fe}^{3+}$ -Ionen sind in Wasser gut löslich und bilden keine Flocken. Sie sind allerdings im Wasser unerwünscht.

### 10.6.4.2. Zu hoher pH-Wert

In diesem Fall ist die Konzentration an  $\text{OH}^-$ -Ionen größer als die Konzentration an  $\text{H}^+$ -Ionen. Die überschüssigen  $\text{OH}^-$ -Ionen reagieren mit Aluminiumhydroxid zu Aluminat-Ionen:



Diese Reaktion findet nur mit Aluminiumhydroxid-Molekülen statt, nicht mit Eisenhydroxid-Molekülen. Die Flockung mit eisenhaltigen Flockungsmitteln ist aus diesem Grund auch bei höheren pH-Werten möglich.

## 10.7. Algenvernichtung

Chlorhaltige Desinfektionsmittel sind auch gegen Algen wirksam. Die im Schwimmbad vorhandene Konzentration an Hypochloriger Säure reicht allerdings für eine wirksame

Algenprophylaxe nicht aus. Um im laufenden Badbetrieb Algen zu vernichten, oder eine Prophylaxe zu betreiben, gibt es im Handel Algenvernichtungsmittel. Diese enthalten meist quartäre Ammonium-Verbindungen als wirksame Komponente. Früher wurden auch Kupfer-Verbindungen, z.B. Kupfersulfat verwendet.

Die Chemie dieser Algenvernichtungsmittel soll aber nicht Gegenstand dieser Ausarbeitung sein.

## **10.8.           Vorschlag für eine Unterrichtseinheit zum Thema                   „Das Schwimmbad“**

Die fachlichen Grundlagen zur Chemie der Wasseraufbereitung im Schwimmbad zeigen, dass es sich um komplexe Vorgänge handelt. Aus diesem Grund ist es nicht möglich alle Reaktionen im Unterricht zu thematisieren. Es empfiehlt sich, nur einen Teil der Desinfektionsmittel zu behandeln und Nebenreaktionen, wie die Bildung von Halogenmethanen, nicht zum Gegenstand des Unterrichts zu machen. Außerdem können Teilbereiche der Wasseraufbereitung an passenden Stellen in den „normalen“ Unterricht einbezogen werden.

### **10.8.1.       Einstiege**

Einstiegsmöglichkeiten in diese Thematik gibt es mehrere. a.) Auswertung eines Schwimm- oder Spaßbadbesuchs b.) Zeitungsmeldungen über Chlorgasunfälle in Schwimmbädern c.) Zeitungsmeldung über das Auftreten der Legionärskrankheit und d.) Ein „umgekippter“ Swimmingpool.

a.) Der Lehrer könnte von seinem letzten Schwimmbadbesuch erzählen. Dabei sollte er das Gespräch auf die gereizten roten Augen lenken, die er nach dem Badbesuch hatte und die Jugendlichen fragen, ob sie denn auch schon solche Probleme hatten und, ob jemand weiß, warum die Augen oftmals rot werden. Sicher antworten die Schüler oder Schülerinnen darauf, dass da wohl zuviel Chlor im Wasser war. Ein Endpunkt für die Diskussion kann die Frage sein, ob man sich mit dem Thema Schwimmbad näher beschäftigen möchte.

- b.) Obwohl es umstritten ist, die Motivation für eine Thematik über eine negative Schlagzeile aus der Tageszeitung aufzubauen, bietet dieses Vorgehen die Möglichkeit sich mit aktuellen Problemen auseinander zusetzen. Ausgangspunkt für „Das Schwimmbad“ kann eine immer wieder in den Medien auftauchende Meldung über einen Chlorgasunfall in einem

### **Chlorgasunfall im Bad**

**Blieskastel.** Bei einem Chlorgasunfall im kombinierten Hallen- und Freibad im saarländischen Blieskastel sind am Mittwoch 23 Erwachsene und Kinder verletzt worden.

**Abb. 10-4:** Meldung in Nordwestzeitung am 10.08.95

- Schwimmbad sein (siehe Abbildung 10-4)<sup>1</sup>. Solch eine Nachricht wirft natürlich eine Menge Fragen auf. Wie kann es zu so einem Unfall kommen? Wie gefährlich ist Chlor? Warum muss Chlor im Schwimmbad eingesetzt werden? Diese und andere Fragen können zur Auseinandersetzung mit dieser Thematik anregen.
- c.) Leider findet man in Zeitungen immer wieder Meldungen über das Auftreten der Legionärskrankheit (siehe Abbildung 10-5)<sup>2</sup>, die eine Menge Fragen aufwerfen: Wie und wo kann man sich mit der Krankheit infizieren? Wie gefährlich ist die Erkrankung? Was muss unternommen werden, damit die Erkrankung nicht auftritt? Diese Fragen regen an, sich näher mit dem Schwimmbad und der Wasseraufbereitung zu beschäftigen.
- d.) Die Lehrer und Lehrerinnen, die einen praktischen Zugang zur Thematik bevorzugen, können das Problem aufwerfen, dass ihnen ein Bekannter erzählt hat, dass das Wasser in seinem Swimmingpool grünlich geworden ist und er fragte, was er dagegen machen kann. Mit den Schülern und Schülerinnen ist nun zu überlegen, was alles notwendig ist, um die Wasserqualität zu erhalten. Sicher werden die Jugendlichen dazu nicht erschöpfend antworten können, so dass der Lehrer oder die Lehrerin vorschlagen kann, sich eingehender mit der Thematik zu beschäftigen.

<sup>1</sup> Zeitungsmeldungen zu allen Bereichen der Chemie in HAUPT 1996; einige Chlorgasunfälle sind auf der Homepage von Greenpeace aufgelistet ([http://www.greenpeace.de/GP\\_DOK\\_30/CHLOR/SEITEN/C03HI11.HTM](http://www.greenpeace.de/GP_DOK_30/CHLOR/SEITEN/C03HI11.HTM))

<sup>2</sup> Nach diesem Artikel wurde auf der Homepage ([www.welt.de](http://www.welt.de)) im Archiv mit dem Suchbegriff „Legionärskrankheit“ recherchiert.

**Thermalbad gibt Legionellen-Alarm**

40 Gäste könnten sich im holländischen Valkenburg mit Bakterien infiziert haben - Jeder einzelne wird gewarnt

Von Helmut Hetzel

**Den Haag/Valkenburg** - Während des Osterfestes wurden die Niederlande erneut von einem Legionella-Alarm aufgeschreckt. Die gefährliche Legionella-Bakterie, die die oft tödlich endende Legionärskrankheit auslösen kann, wurde im Kurbad Thermae 2000 des südniederländischen Städtchens Valkenburg entdeckt. Bisher wurden zwar noch keine Erkrankungen gemeldet. Doch die Direktion von Thermae 2000 sowie niederländische Medien haben inzwischen die Besucher, die in den vergangenen Tagen das Hydrojetbad der Thermae 2000 besucht haben, aufgerufen, einen Arzt aufzusuchen. Nach bisher vorliegenden Zahlen könnten sich 40 Personen mit der Legionella-Pneumophila-Bakterie in Valkenburg angesteckt haben. Von 35 dieser gefährdeten Personen lägen inzwischen die Adressen vor. Es sei einfach gewesen, diese Thermae-Besucher ausfindig zu machen, weil man sich für den Besuch des Hydrojetbades eigens anmelden müsse. Nach Angaben der Thermae-2000-Direktion habe man inzwischen mit 20 gefährdeten Personen Kontakt gehabt. Sie fühlen sich alle aber "pudelwohl", hieß es. Andere konnten noch nicht erreicht werden, weil sie sich vermutlich im Osterurlaub befinden.

Das Haager Gesundheitsministerium besteht jetzt jedoch darauf, daß alle Personen, die während der zweiten Märzhälfte im Valkenburger Hydrojetbad gewesen sind, ausfindig gemacht und gewarnt werden müssen. Jeder, der in dieser Zeit im Valkenburger Hydrojetbad war und sich unwohl fühle, solle sofort einen Arzt aufsuchen, ließ Gesundheitsministerin Els Borst mitteilen. Nicht auszuschließen ist auch, daß unter den Besuchern des bakterienverseuchten Valkenburger Hydrojetbades auch Deutsche und Belgier gewesen sein könnten, da Valkenburg nur einen Katzensprung von der deutschen und belgischen Grenze entfernt liegt.

Inzwischen ist die Todeszahl in Folge der Legionärskrankheit, die sich auf der Blumenschau Flora im nordholländischen Bovenkarspel Anfang März verbreitete, auf 21 Personen gestiegen. Bei 14 Fällen stehe hundertprozentig fest, daß die Infektion mit der Legionella-Bakterie zum Tod geführt habe, wird im Haager Gesundheitsministerium bestätigt. Dort geht man davon aus, daß sich von den rund 40 000 Besuchern der Blumenschau Flora etwa 250 Menschen mit der Legionella-Bakterie infiziert haben könnten. Die Bakterie gedieh auf der Flora in einem Whirlpool, dessen Wasser unzulänglich gereinigt und nicht ausreichend gechlort wurde und das über lange Zeit die Idealtemperatur für die Entwicklung der Bakterie hatte. Sie liegt zwischen 20 und 60 Grad. Die Symptome der Legionärskrankheit sind sehr hohes Fieber, Müdigkeit, Kopfschmerzen, Schwindelgefühle, Konzentrationsschwäche, Lungenentzündung. Ohne ärztliche Behandlung sterben etwa 20 Prozent der infizierten Personen an der Legionärskrankheit.

Das Haager Gesundheitsministerium hat alle Saunen, Schwimmbäder und Blumenshows, wie etwa den Keukenhof, dazu aufgerufen, das Wasser ständig zu kontrollieren und auf Sauberkeit zu achten.

**Abb. 16-5:** Meldung in der Welt am 07.04.99

Nach dem Einstieg in die Thematik würde sich die Besichtigung eines Schwimmbades mit seiner Wasseraufbereitungstechnik anbieten. Ist dies nicht möglich, können die einzelnen Bereiche der Aufbereitung auch mit Informationen, die z.B. im Internet zu finden sind, und passenden Experimenten erarbeitet werden.

### **10.8.2. Besichtigung eines Schwimmbades mit seiner Wasseraufbereitungstechnik**

Wenn die Möglichkeit besteht, sollte die Wasseraufbereitung in einem Schwimmbad „vor Ort“ studiert werden. In einem Gespräch mit dem Objektleiter lässt sich erfragen, ob die Jugendlichen einen Blick „hinter die Kulissen“ des Bades werfen dürfen und ihnen ein Mitarbeiter die Anlagen erklärt und Fragen beantwortet. Ziel dieser Besichtigung ist es, sich einen Überblick über die verschiedenen Stufen der Wasseraufbereitung zu machen und dabei die Filteranlagen, die Anlagen für die Dosierung der Desinfektions- und Flockungsmittel, die pH-Wert-Regulierung, die Mess- und Regeltechnik kennenzulernen. Ist dies nicht möglich, können die Schüler und Schülerinnen den Schwimmmeister befragen, wie in diesem Bad das Wasser aufbereitet wird.

Besichtigen die Jugendlichen ein Schwimmbad mit den dazugehörigen Aufbereitungsanlagen, dann erfahren sie vom Schwimmmeister wie das Wasser desinfiziert wird, wie es gefiltert und dazu geflockt wird, wie der pH-Wert des Wassers eingestellt wird, wie groß die Grenzwerte für das Chlor und den pH-Wert des Wassers sind und natürlich wie diese Grenzwerte überwacht werden.

Die bei dieser Exkursion gewonnenen Informationen sind in den nächsten Unterrichtsstunden zu ordnen und mit Experimenten zu vertiefen.

### **10.8.3. Desinfektion**

Viele Menschen kennen Chlor als Bestandteil des Schwimmbadwassers, wissen aber nicht, welche Bedeutung es hat: Warum wird dem Wasser im Schwimmbad überhaupt Chlor zugegeben?

Die Beantwortung dieser Frage eignet sich sehr gut für einen fachübergreifenden Unterricht mit der Biologie. So können hier die verschiedenen Krankheiten besprochen werden, mit denen man sich im Schwimmbad, bei mangelnder Hygiene, anstecken kann. Eine Übersicht über die Erkrankungsmöglichkeiten findet man im Buch „Wasser“ von HÖLL (1986 S. 290/291). Anstecken kann man sich z.B. mit Wundentzündungen, Hautausschlägen, Fußpilzen, Entzündungen der Ohren und Augen, Katarrhen und Darmer-

krankungen. Außerdem lassen sich Warmsprudelbecken (Whirlpools) in die Betrachtungen einbeziehen und mit ihnen die Problematik der Legionärskrankheit.

Wurde mit den Jugendlichen ein Schwimmbad „besichtigt“, so kennen die Jugendlichen zumindest eine Möglichkeit, das Wasser zu desinfizieren. Befinden sich in der Klasse Schüler oder Schülerinnen, deren Eltern einen Swimmingpool oder Whirlpool besitzen, so sollten diese Jugendlichen weitere Desinfektions- und Aufbereitungsmöglichkeiten kennen. Diese Jugendlichen können die Verpackungen der von ihnen verwendeten Chemikalien mit in die Schule bringen. Für Swimmingpools gibt es allerdings im Baumarkt chlorfreie Produkte auf Peroxid- oder Brombasis, die im Schwimmbad nicht verwendet werden dürfen.

Folgende Chemikalien können zur Desinfektion des Schwimmbadwassers Verwendung finden:

- Chlorgas,
- Natriumhypochlorit und
- Calciumhypochlorit.

Sicher haben die Jugendlichen schon gehört, dass Chlor sehr giftig ist. Dieser Sachverhalt ist zu nutzen, um die Gefahren beim Chloreinsatz zu erarbeiten und zu diskutieren. Warum werden Chlor und Chlorverbindungen trotzdem zur Desinfektion des Wassers eingesetzt? Chlorgas bildet mit Wasser Verbindungen, die bei weitem nicht so gefährlich sind wie reines Chlorgas. Außerdem reichen geringe Mengen, um eine ausreichende Desinfektionswirkung zu erzielen. In diesem Zusammenhang besteht die Möglichkeit den Ausspruch *Parcelsus* einzubeziehen: „Die Menge macht das Gift (*Dosis facit venenium*)“. Trotzdem kommt es immer wieder durch Unachtsamkeit oder technische Defekte zu teilweise schweren Unfällen. Sollen solche Unfälle mit Chlor im Schwimmbad in den Unterricht einbezogen werden, so finden sich bei HAUPT (1996) und im Internet auf den Seiten von Greenpeace einige Beispiele.

In einem weiteren Schritt ist zu klären, was passiert, wenn die einzelnen Chemikalien dem Wasser zugesetzt werden. Hier bietet es sich an, die Verwendung von Chlorgas und wahlweise Natriumhypochlorit oder Calciumhypochlorit zu thematisieren, da es möglich ist, an diesen Beispielen den unterschiedlichen Einfluss auf den pH-Wert des Wassers zu erarbeiten.

Die Schüler und Schülerinnen lernen dabei die Hypochlorige Säure (unterchlorige Säure) HOCl als schwache Säure kennen. Sie entsteht, wenn die chlorhaltigen Desinfektionsmittel mit Wasser reagieren und ist für die Desinfektion verantwortlich.

### 10.8.3.1. Verwendung von Chlorgas

Chlorgas hat nicht nur bei der Verwendung als Desinfektionsmittel in der Wasseraufbereitung eine große Bedeutung, sondern auch als Grundstoff in vielen Bereichen der Chemie. Aus diesem Grund bietet es sich an, bei der Thematisierung von Chlorgas auch auf die Eigenschaften, insbesondere auf dessen Giftigkeit (siehe Kap. 10.3.2.1.) und Herstellung einzugehen.

In Schwimmbädern wird das Chlorgas im allgemeinen aus Gasflaschen verwendet. Es kann aber auch vor Ort hergestellt werden. Auch in der Schule muss man das Chlorgas, um damit arbeiten zu können, erst einmal herstellen. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten. In dieser Unterrichtseinheit bieten sich zwei Möglichkeiten an. So lässt sich das für die Experimente benötigte Gas durch die Reaktion von Säure mit Calciumhypochlorit oder Natriumhypochlorit-Lösung gewinnen. Diese Darstellungsmethode kann zu einem späteren Zeitpunkt Ausgangspunkt für eine Diskussion über Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit chlorhaltigen Produkten (inkl. Haushaltsreinigern) sein.

Im Schülerexperiment kann darüber hinaus auch Chlor im Diaphragmaverfahren hergestellt werden, damit die Jugendlichen eine Möglichkeit kennen lernen, wie Chlorgas in der Industrie, aber auch im Schwimmbad vor Ort, produziert wird.

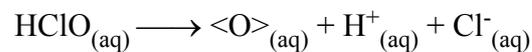
Das Chlorgas wird dem Wasser zudosiert, welches gereinigt wieder ins Schwimmbecken strömt. Hier stellt sich die Frage: Was passiert dabei? Kommt es zu einer Reaktion zwischen dem Wasser und dem Chlorgas oder befindet sich das Chlorgas, ähnlich wie Sauerstoff, gelöst im Wasser? Dieser Sachverhalt lässt sich im Schülerexperiment untersuchen (Versuch 10-1a). Es wird beim Einleiten von Chlorgas in Wasser die Änderung des pH-Wertes beobachtet. Da der pH-Wert abnimmt, ist davon auszugehen, dass Säuren gebildet werden:



Es entsteht Hypochlorige Säure und Salzsäure. Die Hypochlorige Säure ist eine schwache Säure. Die fachlichen Grundlagen hierzu befinden sich in Kap. 10.3.2.1..

Als nächstes stellt sich die Frage: Wodurch werden die Keime abgetötet? Diese Frage lässt sich mit einem Schülerexperiment nicht beantworten. Die Jugendlichen müssen die Informationen entweder recherchieren oder vom Lehrer erhalten.

Die Abtötung der Keime erfolgt hauptsächlich durch den beim Zerfall der Hypochlorigen Säure frei werdenden atomaren Sauerstoff, welcher die Mikroorganismen oxidiert:



Die oxidierende Wirkung der Hypochlorigen Säure lässt sich durch Zugabe von wenig Tinte und der Zerstörung der Farbstoffe zeigen (Versuch 10-2a).

Beim Einleiten von Chlorgas in Wasser wurde festgestellt, dass es zu einer Absenkung des pH-Wertes kommt. Da aber saures Wasser unangenehm für den Badegast ist und außerdem korrosiv wirkt, sollte der ideale pH-Wert zwischen 6,8 und 7,4 liegen. Außerdem hat der pH-Wert Einfluss auf die Lage des chemischen Gleichgewichts. Es ist nun zu überlegen, wie dieser pH-Wert eingestellt werden kann.

Die Jugendlichen sollten je nach Kenntnisstand wissen, dass man die Säure mit einer Lauge oder mit einem Carbonat neutralisieren kann. Im Handel gibt es dafür „pH-Plus“, dessen Zusammensetzung je nach Hersteller variiert.

Im Schülerexperiment kann das saure „Chlorwasser“ mit Natriumcarbonat neutralisiert werden (Versuch 10-3).

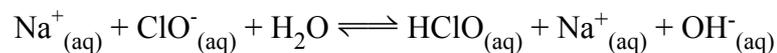
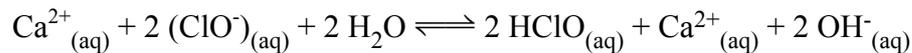
Wird die Verwendung von Chlorgas zur Wasserdesinfektion thematisiert, bietet es sich an, Chlor eingehender zu behandeln. Es könnte die Frage geklärt werden, wie das Chlorgas industriell hergestellt wird. Dazu ist es möglich das Diaphragmaverfahren im Experiment vorzustellen (Versuch 10-3). Außerdem kann die Bedeutung von Chlor aber auch die Gefahr beim Chloreinsatz erarbeitet werden.

### 10.8.3.2. Verwendung von Calciumhypochlorit ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) und Natriumhypochlorit-Lösung ( $\text{NaClO}$ )

In manchen Bädern und im Heimgebrauch wird zur Desinfektion des Wassers Calciumhypochlorit oder Natriumhypochlorit-Lösung eingesetzt. Calciumhypochlorit wird als Granulat oder Tabletten angeboten. Natriumhypochlorit gibt es nur als Lösung. Außerdem findet sich Natriumhypochlorit-Lösung auch in einigen Reinigungsmitteln zur Desinfektion und zum Bleichen. Deshalb wird Natriumhypochlorit-Lösung auch als Bleichlauge bezeichnet.

Im Versuch 10-1b/c kann untersucht werden, welchen Einfluss diese Desinfektionsmittel auf den pH-Wert ausüben.

Wird Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung in das Wasser gegeben, so stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Wasser, Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit, Hypochloriger Säure und Hydroxid ein:

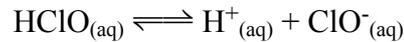


Calciumhypochlorit und Natriumhypochlorit sind die Salze der Hypochlorigen Säure. Da die Hypochlorige Säure eine schwache Säure ist, reagieren ihre Salze basisch. Aus diesem Grund steigt der pH-Wert nach der Zugabe von Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung an. Bei hartem Wasser kommt es außerdem zu Kalkausfällungen.

Im Experiment wird festgestellt, dass es nach der Zugabe von Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung zur Erhöhung des pH-Wertes kommt. Es ist nun zu überlegen, wie sich der gewünschte pH-Bereich von 6,8 bis 7,4 einstellen lässt. Im Handel gibt es dafür „pH-Minus“, welches je nach Hersteller verschiedene Säuren enthält und die  $\text{OH}^-$ -Ionen abpuffert: Der Versuch 10-1b/c kann so erweitert werden, dass der benötigte pH-Wert eingestellt wird (Versuch 10-4).

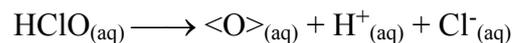
Auch bei der Reaktion von Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung mit Wasser entsteht Hypochlorige Säure, welche für die Desinfektion des Wassers benötigt

wird. Allerdings ist das Gleichgewicht zwischen Hypochloriger Säure und Hypochlorit-Ion pH-Abhängig:



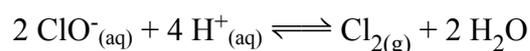
Werden die im Gleichgewicht befindlichen Protonen abgefangen, so verschiebt sich das Gleichgewicht zu Gunsten der Reaktionsprodukte und es entsteht mehr Hypochlorit, dessen Desinfektionswirkung bedeutend geringer ist als die der Hypochlorigen Säure. Bei diesem Sachverhalt kann mit den Jugendlichen diskutiert werden, wie sich das Gleichgewicht in Richtung des Ausgangsstoffes verschieben lässt.

Die Desinfektion beim Einsatz von Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung beruht auf den gleichen Prinzipien wie beim Einsatz von Chlorgas, da auch hier Hypochlorige Säure entsteht, die in Sauerstoff und Salzsäure zerfällt:



Im Versuch 10-2b/c kann die oxidierende Wirkung von mit Wasser versetztem Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung analog zum Chlorgas untersucht werden.

In Kap. 10.3.2.1. wurde Chlorgas durch Zutropfen von Säure zu Calciumhypochlorit bzw. Natriumhypochlorit-Lösung gewonnen. Dieser Sachverhalt soll jetzt Ausgangspunkt für eine Diskussion um die Gefahren beim Einsatz von Calciumhypochlorit und Natriumhypochlorit-Lösung sein. So passieren immer wieder Unfälle, weil durch Unachtsamkeit chlorhaltige Produkte mit Säure in Kontakt kommen. Auch im Haushalt gibt es Reinigungsmittel, die Natriumhypochlorit-Lösung enthalten (z.B. Dan Klorix) und Kalkreiniger, die Säuren enthalten. Werden diese zusammengegeben, dann entsteht Chlorgas:



Aus diesem Grund enthalten die chlorhaltigen Desinfektionsmittel einen Gefahrenhinweis auf dem Etikett. Auch beim Umgang mit den Wasseraufbereitungschemikalien muss man diesen Umstand beachten. So dürfen die hypochlorit-haltigen Desinfektionsmittel nicht mit sauer reagierenden „pH-Wert-Senkern“ in einem Dosierschwimmer

verwendet werden. In diesem Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass Trichlorisocyanursäure sauer reagiert und somit auch nicht mit hypochlorit-haltigen Desinfektionsmitteln zu vermischen ist.

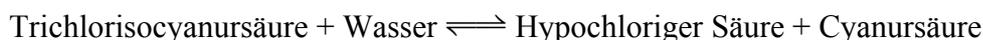
Bei der pH-Wert-Regulierung im Schwimmbecken oder Swimmingpool sind die Konzentrationen der eingesetzten Chemikalien so gering, dass es nicht zu einer Verschiebung des chemischen Gleichgewichtes kommt.

### 10.8.3.3. Verwendung von Trichlorisocyanursäure, Natriumdichlorisocyanursäure und Natriumdichlorisocyanursäure-Dihydrat

Für die Desinfektion des Swimmingpools oder Whirlpools gibt es im Baumarkt oder Fachhandel organisch gebundene Chlorprodukte, welche aber laut DIN 19643 zur Verwendung im Schwimmbad nicht zugelassen sind. Gegenüber den herkömmlichen Produkten bieten sie einige Vorteile. Sie sind einfach anzuwenden und führen nicht zu Kalkausfällungen bei hartem Wasser. Allerdings ist die Chemie der organisch gebundenen Chlorprodukte nicht so einfach wie bei Chlorgas und den Hypochloriten. Aus diesem Grund sollte die Behandlung im Unterricht eher informativ erfolgen.

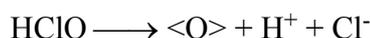
Die organisch gebundenen Chlorprodukte kommen in Tablettenform oder als Granulat in den Handel.

Die Reaktion mit Wasser soll am Beispiel der Trichlorisocyanursäure gezeigt werden:



Welchen Einfluss diese Reaktion auf den pH-Wert des Wassers hat, lässt sich im Experiment 10-1d untersuchen. Anhand des dabei erhaltenen Ergebnisses ist anschließend zu ermitteln, wie die Lösung zu neutralisieren ist. Es gelten die gleichen Anforderungen an den pH-Wert wie beim Einsatz von Chlor und den Hypochloriten.

Bei der Reaktion von Trichlorisocyanursäure mit Wasser entsteht die für die Desinfektion des Wassers benötigte Hypochlorige Säure. Zerfällt diese, so entsteht der oxidierend wirkende naszierende Sauerstoff:



Im Experiment 10-5 lässt sich die oxidierende Wirkung überprüfen.

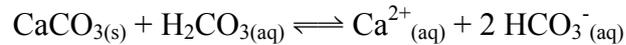
Die Jugendlichen haben nun verschiedene Möglichkeiten kennengelernt, um Schwimmbeckenwasser zu entkeimen. Die oxidierende Wirkung der einzelnen Produkte lässt sich durch das Entfärben von Tinte zeigen (Versuch 10-5). In diesem Zusammenhang sollte aber auch besprochen werden, was passiert, wenn die genannten Chemikalien in höherer Konzentration mit farbigen Textilien in Kontakt kommen: Die Farbstoffe werden zersetzt, wie es bei Tinte der Fall ist.

#### **10.8.4. Der pH-Wert und die Wasserhärte**

Beim Erarbeiten der verschiedenen Desinfektionsmöglichkeiten konnte deren Einfluss auf den pH-Wert des Wassers festgestellt werden, ebenfalls die Möglichkeiten, ihn zu verändern. Dabei wurden allerdings Substanzen mit höheren Konzentrationen eingesetzt, um die Effekte mit schulischen Mitteln feststellen zu können. Im normalen Betrieb des Schwimmbades oder Swimmingpools werden im Verhältnis zur Wassermenge kleinere Mengen an Desinfektionsmitteln benötigt und damit kommt dem Wasser eine größere Bedeutung zu. Je nach Herkunft enthält das Wasser neben gelösten Gasen ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ) eine Reihe von Salzen, die aus den Böden und Gesteinen herausgelöst wurden. Die wichtigsten Bestandteile sind die Salze des Calciums und Magnesiums, insbesondere die Chloride, Sulfate und Hydrogencarbonate, die man als die sogenannten Härtebildner bezeichnet. Welche Bedeutung hat dieser Sachverhalt nun für die Auswahl des geeigneten Desinfektionsmittels? Hier können die Jugendlichen ihre Kenntnisse über das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht anwenden. Sind diese Kenntnisse nicht vorhanden, sind sie zu erarbeiten.

Es ist nun zu diskutieren, was passiert, wenn das Wasser zum einen eine hohe Carbonathärte und zum anderen eine geringe Carbonathärte besitzt. Welchen Einfluss haben in diesen beiden Fällen Desinfektionsmittel, die den pH-Wert senken (Chlorgas und Trichlorisocyanursäure) und Desinfektionsmittel, die den pH-Wert heben (Natriumhypochlorit-Lösung und Calciumhypochlorit)? Welche Desinfektionsmittel sind für welches Wasser am besten geeignet, damit weniger „pH-Minus“ und „pH-Plus“ zugesetzt werden muss?

Zwischen den Hydrogencarbonaten und Calciumcarbonat besteht folgendes Gleichgewicht:



Wird ein Desinfektionsmittel verwendet, welches alkalisch reagiert, so reagieren die Hydroxid-Ionen mit den Kohlensäure-Molekülen und das Gleichgewicht wird in Richtung des Calciumcarbonats verschoben, welches ausfällt. Außerdem kommt es zu einer Erhöhung des pH-Wertes im Wasser. Anders sieht es aus, wenn ein Desinfektionsmittel verwendet wird, welches sauer reagiert. Dann wird das Gleichgewicht in Richtung der Reaktionsprodukte verschoben bzw. der pH-Wert sinkt, weil die Protonen mit den Hydrogencarbonat-Ionen reagieren.

Enthält nun das Wasser keine oder nur eine geringe Carbonathärte, dann können sauer reagierende Desinfektionsmittel nicht abgepuffert werden, und es kommt zum Absinken des pH-Wertes. Alkalisch reagierende Desinfektionsmittel können mit der im Wasser befindlichen Kohlensäure reagieren und den pH-Wert anheben.

Die Voraussetzung für die Wahl des passenden Desinfektionsmittels ist die Kenntnis der Härte des verwendeten Wassers. Im Versuch 10-6 können die Jugendlichen ermitteln welche Härte ihr Leitungswasser hat. Auf der Grundlage der Ergebnisse ist dann zu entscheiden, welches Desinfektionsmittel bei der ermittelten Wasserhärte am besten geeignet ist. Wird die Wasserhärte mit Seifenlösung nach BOUTRON-BOUDET bestimmt, kann außerdem die Bedeutung der Calcium- und Magnesium-Ionen beim Waschen besprochen werden.

Die theoretischen Grundlagen zur Wasserhärte finden sich im Kap. 10.5..

### **10.8.5. Was verursacht die Augenreizungen und den „typischen Schwimmbadgeruch“?**

In diesem Abschnitt wird die Frage beantwortet: Sind die chlorhaltigen Desinfektionsmittel für die Augenreizungen verantwortlich?

Die Beantwortung dieser Frage ist nur durch Rückgriff auf entsprechende Forschungsergebnisse möglich, da die Ergebnisse in Bezug auf die Augenreizungen in Tierversuchen gewonnen wurden. Hier bietet es sich an, eine Literatur- oder Internetrecherche durchzuführen.

Die meisten Menschen denken, dass die Augenreizungen durch zuviel Chlor im Wasser entstehen. Diese Aussage lässt sich nach einer Literatur- oder Internetrecherche widerlegen, denn hierfür sind die Chloramine verantwortlich, die sich bei hohem Schmutzeintrag ins Wasser bilden. Die fachlichen Grundlagen hierzu findet man in Kap. 10.3.5..

Mit den Jugendlichen ist nun die Frage zu klären, wie die Bildung von Monochloramin verhindert bzw. wie es aus dem Wasser zu entfernen ist.

### **10.8.6. Die Messung des Chlorgehaltes im Schwimmbecken**

Bis jetzt wurden nur die Wirkungen der Desinfektionsmittel betrachtet. Dabei war festzustellen, dass die Produkte die Keime oxidieren. Im folgenden sind die Fragen zu beantworten: Können die Produkte auch für den Menschen schädlich sein? Wenn ja, wie viel ist höchstens einzusetzen und wie viel ist wenigstens zu verwenden, um die Krankheitserreger abzutöten? Wie lässt sich der Gehalt an Desinfektionsmittel im Wasser überprüfen?

Es gibt keine Desinfektionsmittel, die für den Menschen völlig unschädlich sind. Aus diesem Grund gibt es Grenzwerte für freies- und gebundenes Chlor.

Um eine optimale Desinfektion des Wassers zu erzielen, ist es notwendig, ständig einen Gehalt an freiem Chlor von 0,3 bis 0,6 mg/l im Schwimmbecken nachzuweisen: Keime, die ins Wasser gelangen, werden sofort abgetötet. Dieser Chloranteil ist für den Menschen nicht schädlich.

In modernen Schwimmbädern erfolgt die Überwachung kontinuierlich mit Hilfe von Elektroden. Für den Swimmingpool gibt es im Baumarkt oder im Fachhandel sogenannte Pooltester mit dessen Hilfe der Gehalt an freiem Chlor bestimmt wird. Außerdem bieten sie die Möglichkeit, den pH-Wert zu messen.

Steht ein solcher „Pooltester“ zur Verfügung, so lässt sich im Experiment 10-7 der Gehalt an freiem Chlor und der pH-Wert im Wasser bestimmen. Steht kein Wasser aus einem Schwimmbad zur Verfügung, so ist es notwendig, erst einmal „Chlorwasser“

herzustellen. Das kann mit einem käuflichen Desinfektionsprodukt oder durch Einleiten von wenig Chlorgas in Wasser geschehen. Dabei ist festzustellen, dass sehr geringe Mengen ausreichen, um sinnvolle Konzentrationen im Wasser zu erhalten.

### **10.8.7. Das „aktive“ oder „wirksame“ Chlor**

Wurden die Informationen zu den einzelnen Chlorprodukten im Internet gewonnen oder wurde mit Produkten aus dem Baumarkt oder Fachhandel gearbeitet, so tauchten Angaben über den Gehalt an „aktivem“ oder „wirksamem“ Chlor auf. Was verbirgt sich hinter diesen Bezeichnungen? Zur Beantwortung der Frage kann eine Literatur- oder Internetrecherche durchgeführt werden (Fachliche Grundlagen: Kap. 10.3.4.).

Das „aktive“ Chlor ist eine Größe mit der der Handelswert dieser Produkte beschrieben wird. Um so höher der Gehalt an „aktivem“ Chlor ist, desto stärker wirkt das Produkt und kann in geringeren Konzentrationen eingesetzt werden.

Bei Produkten, bei denen der Gehalt an „aktivem“ Chlor nicht angegeben ist, lässt sich dieser im Experiment ermitteln (Experiment 10-8). Natriumhypochlorit-Lösung zerfällt im Laufe der Zeit. Im Experiment ist die Qualität der Lösung zu bestimmen.

Als nächstes ist zu erarbeiten, wie sich die ins Wasser eingetragenen Schutzteilchen entfernen lassen.

### **10.8.8. Die Filtration**

Jedem Jugendlichen ist bekannt, dass das Wasser im Schwimmbad oder in größeren Swimmingpools gefiltert wird. Doch wie funktioniert die Filtration und reicht die Filtration allein aus, um alle Schutzteilchen aus dem Wasser zu entfernen?

Die fachlichen Grundlagen der Filtration finden sich in Kap. 10.6.. Aber auch im Internet bieten die Hersteller und Händler Informationen zu den Systemen.

Welche Verschmutzungen kann ein Sandfilter zurückhalten? Ein Sandfilter kann Teilchen zurückhalten, die größer als  $10^{-4}$  mm sind. Das sind zum Beispiel Haare, Grashal-

me, Hautschuppen und ausgefällte Kalkkristalle. Sind auch kleinere Teilchen, die zu Trübungen des Wassers führen, zum Beispiel Reste von Seife, Sonnenöl, Kosmetika oder Schutzkolloide von Bakterien auszufiltern, so müssen „Flockungsmittel“ eingesetzt werden. Mit Hilfe dieser „Flockungsmittel“ ist es möglich, Teilchen zu binden und im Filter festzuhalten, die größer als  $10^{-6}$  mm sind. Flockungsmittel lassen sich nur in Sandfiltern einsetzen, da Kartuschenfilter sehr schnell verstopfen würden.

### 10.8.9. Flockungsmittel

Für die Jugendlichen stellt sich die Frage: Was sind „Flockungsmittel“ und wie funktioniert die Flockung? Eine allgemeine Beschreibung findet sich auf den Internetseiten oder in Prospekten der Händler. Die fachlichen Grundlagen sind dem Kap. 10.6.3. zu entnehmen.

Die Bildung von „Flocken“ und die Wirkung von „Flockungsmitteln“ kann im Experiment gezeigt werden (siehe Versuch 10-9 und 10-10).

Da die „Flocken“ Hydroxide enthalten, stellt sich die Frage: Welchen Einfluss hat der pH-Wert des Wassers auf die Ausbildung dieser „Flocken“?

**Die pH-Abhängigkeit der Flockungsmittel.** Aufgrund der Kenntnisse, die die Jugendlichen über Säuren, Basen und die Neutralisation haben, sollten sie vermuten, dass die Hydroxide bei zu niedrigen pH-Werten neutralisiert werden. Dieser Sachverhalt ist im Experiment zu überprüfen (Versuch 10-10).

Die fachlichen Grundlagen finden sich im Kapitel 10.6.4..

Nach dem Experiment kann erarbeitet werden, welchen pH-Wert das Schwimmbekkenwasser haben sollte, damit es zur vollständigen Flockung kommt und keine Ionen ins Becken gelangen. Er soll bei aluminiumhaltigen Flockungsmitteln zwischen 6,5 und 7,2 liegen und bei eisenhaltigen Flockungsmitteln zwischen 6,5 und 7,6, da keine löslichen Komplexe gebildet werden.

**Grenzen der Flockungsmittel.** Was passiert mit den Teilchen, die kleiner als  $10^{-6}$  mm sind und demnach nicht mit Hilfe von Flockungsmitteln auszufiltern sind? Für diese Teilchen gibt es nur die Möglichkeit, sie mit Hilfe von Aktivkohlefiltern aus dem Wasser zu entfernen. Ist dies nicht möglich, ist ihre Konzentration durch Verdünnung zu verringern. Die DIN 19643 schreibt aus diesem Grund vor, dass pro Badegast und Tag 30 Liter Frischwasser aufzufüllen sind.

#### **10.8.10. Algenvernichtung**

Die Wirkungsweise von Algenvernichtungsmitteln soll nicht Inhalt dieser Unterrichtseinheit sein. Es wird nur erwähnt, dass es dafür spezielle Chemikalien gibt.

#### **10.8.11. Versuche zum Thema – Das Schwimmbad**

##### **V 10-1 Einfluss der Desinfektionsmittel auf den pH-Wert des Wassers**

###### **Problem:**

Zum Desinfizieren von Schwimmbadwasser und des Swimmingpools gibt es verschiedene Chemikalien. Welchen Einfluss die einzelnen Produkte auf den pH-Wert des Wassers haben soll im folgenden Experiment untersucht werden.

###### **Geräte:**

- Bechergläser
- pH-Meter
- Gasentwickler

###### **Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Chlorgas
- Calciumhypochlorit
- Natriumhypochlorit-Lösung
- Trichlorisocyanursäure
- Salzsäure (konz.)

**Durchführung:**a) *Chlorgas*

Im Gasentwickler wird konzentrierte Salzsäure auf Calciumhypochlorit oder Natriumhypochlorit-Lösung getropft. Unter dem Abzug wird wenig Chlorgas in Leitungswasser geleitet. Dabei wird die Änderung des pH-Wertes mit einem pH-Meter verfolgt.

b) *Calciumhypochlorit*

Etwas Calciumhypochlorit wird zu Leitungswasser gegeben und umgerührt. Dabei wird die Änderung des pH-Wertes mit einem pH-Meter verfolgt.

c) *Natriumhypochlorit-Lösung*

Etwas Natriumhypochlorit-Lösung wird zu Leitungswasser gegeben und umgerührt. Dabei wird die Änderung des pH-Wertes mit einem pH-Meter verfolgt.

d) *Trichlorisocyanursäure*

Etwas Trichlorisocyanursäure wird zu Leitungswasser gegeben und umgerührt. Dabei wird die Änderung des pH-Wertes mit einem pH-Meter verfolgt.

**Beobachtung:**

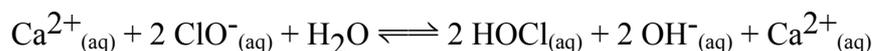
- Es ist ein Absinken des pH-Wertes zu beobachten.
- Es ist ein Ansteigen des pH-Wertes zu beobachten.
- Es ist ein Ansteigen des pH-Wertes zu beobachten.
- Es ist ein Absinken des pH-Wertes zu beobachten.

**Auswertung:**

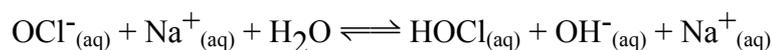
a.) Beim Einleiten von Chlorgas in Wasser bilden sich Säuren:



b.) Bei der Reaktion mit Wasser bilden sich freie Hydroxid-Ionen:



c.) Bei der Reaktion mit Wasser bilden sich freie Hydroxid-Ionen:



d.) Mit Trichlorisocyanursäure wird dem Wasser eine Säure zugegeben.

**V 10-2      Oxidierende Wirkung der Desinfektionsmittel****Problem:**

Die oxidierende Wirkung der einzelnen Desinfektionsmittel auf Krankheitserreger kann im Experiment mit schulischen Mitteln nicht überprüft werden. Allerdings lassen sich auch Farbstoffe oxidieren, die dabei ihre Farbe ändern. Im Experiment ist mit Hilfe von Tinte zu überprüfen, inwieweit die einzelnen Desinfektionsmittel oxidierend wirken.

**Geräte:**

- Bechergläser
- Gasentwickler

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Chlorgas
- Calciumhypochlorit
- Natriumhypochlorit-Lösung
- Trichlorisocyanursäure
- blaue Tinte
- verdünnte Salzsäure
- verdünnte Natriumhydroxid-Lösung

**Durchführung:**

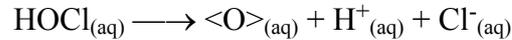
- Die Lösungen werden analog zu Versuch 10-1 angesetzt. Es lassen sich auch die Lösungen aus Versuch 10-1 verwenden.
- In die einzelnen Lösungen gibt man ein bis zwei Tropfen Tinte und rührt um.
- Zum Vergleich versetzt man Leitungswasser mit der gleichen Menge Tinte. Außerdem kann das Leitungswasser a) mit etwas verdünnter Salzsäure und b) mit etwas verdünnter Natronlauge versetzt werden, um zu zeigen, dass weder die Säure noch die Lauge für die Entfärbung der Lösung verantwortlich ist.

**Beobachtung:**

- Bei „Chlorwasser“, Calciumhypochlorit-Lösung, Natriumhypochlorit-Lösung und Trichlorisocyanursäure-Lösung kommt es zur Entfärbung der Tinte.
- In alkalischer Lösung färbt sich die blaue Tinte rot.

**Auswertung:**

Beim Einsatz der Desinfektionsmittel bildet sich Hypochlorige Säure (HOCl) im Wasser. Der beim Zerfall der Hypochlorigen Säure frei werdende atomare Sauerstoff oxidiert die Keime:

**V 10-3 Herstellung von Chlorgas mit dem Diaphragmaverfahren****Problem:**

Chlor kommt infolge seiner außerordentlichen Reaktionsfähigkeit höchstens in Vulkan gasen in elementarem Zustand vor, andernfalls in Chlorverbindungen. Es stellt sich somit die Frage, wie elementares Chlor gewonnen werden kann. Im folgenden Versuch wird eine Möglichkeit gezeigt, aus Natriumchlorid-Lösung Chlor zu gewinnen. Dieses Verfahren wird auch in einigen Schwimmbädern angewandt, um Chlor vor Ort zu erzeugen.

**Geräte:**

- U-Rohr mit Diaphragma (z.B. aus Schaumstoff)
- 2 Graphitelektroden
- Stromversorgungsgerät
- Kabel
- Stativmaterial

**Chemikalien:**

- Kochsalzlösung
- Iodstärkepapier
- Universalindikatorpapier

**Durchführung:**

- Ein U-Rohr mit Diaphragma wird mit Kochsalzlösung befüllt. In die beiden Öffnungen des U-Rohres wird jeweils eine Graphitelektrode so eingespannt, dass sie in die Kochsalzlösung taucht. Die Elektroden werden mit der Spannungsquelle verbunden.
- Elektrolysiert wird mit 10 bis 20 V Gleichspannung.
- Das entstandene Chlor wird mit Iodstärkepapier nachgewiesen.

- Mit Universalindikatorpapier kann nach der Elektrolyse der pH-Wert der Lösung im Kathodenraum überprüft werden.
- Wird ein U-Rohr mit seitlichen Ansätzen verwendet und die Elektroden mit durchbohrten Stopfen eingesetzt, lässt sich das entstandene Chlor in Wasser leiten. Der entstandene Wasserstoff kann ebenfalls aufgefangen werden, um eine Knallgasprobe durchzuführen.

**Beobachtung:**

- Das Iodstärkepapier färbt sich schwarz.
- Der Chlorgeruch ist wahrnehmbar.
- Das Indikatorpapier zeigt eine basische Reaktion an.

**Auswertung:**

- Anode:  $2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Cl}_{2(\text{g})} + 2 \text{e}^-$
- Katode:  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + 2 \text{OH}^-_{(\text{aq})}$

**V 10-4 Neutralisation des sauren „Chlorwassers“****Problem:**

Durch die Bildung von Säuren beim Zudosieren von Chlorgas zum Wasser sinkt der pH-Wert im Schwimmbecken. Da „saurer Wasser“ im Schwimmbad unerwünscht ist, ist dieses zu neutralisieren. Der folgende Versuch soll zeigen, wie das Wasser neutralisiert werden kann.

**Geräte:**

- Becherglas
- Gasentwickler
- pH-Meter

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Chlorgas
- Natriumcarbonat

**Durchführung:**

- Unter dem Abzug wird wenig Chlorgas in Leitungswasser geleitet. Es kann die Lösung aus Versuch 1a verwendet werden. Der pH-Wert wird gemessen.

- In die Chlor-Lösung gibt man etwas Natriumcarbonat.
- Die Änderung des pH-Wertes wird mit dem pH-Meter verfolgt.
- Es können auch andere basisch reagierende Substanzen zum Einsatz kommen.

**Beobachtung:**

- Es ist ein Anstieg des pH-Wertes zu beobachten.

**Auswertung:**

Das Natriumcarbonat puffert die überschüssigen Protonen ab.

**V 10-5      Neutralisation der alkalischen Calciumhypochlorit-  
und Natriumhypochlorit-Lösungen****Problem:**

Bei zu hohen pH-Werten kommt es beim Einsatz von Calciumhypochlorit und Natriumhypochlorit-Lösung zu Kalkausfällungen, außerdem lässt die Wirkung der Desinfektionsmittel nach. Aus diesen Gründen soll sich der pH-Wert im neutralen Bereich befinden. Wie der pH-Wert gesenkt werden kann, ist im folgenden Versuch zu untersuchen.

**Geräte:**

- Becherglas
- pH-Meter

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Calciumhypochlorit oder Natriumhypochlorit-Lösung
- verd. Salzsäure

**Durchführung:**

- In das Leitungswasser wird wenig Calciumhypochlorit gegeben. Es lassen sich auch die Lösungen aus Versuch 1b und c verwenden.
- In die Lösung gibt man soviel verdünnte Salzsäure, bis sich der pH-Wert im neutralen Bereich befindet.
- Die Änderung des pH-Wertes wird mit dem pH-Meter verfolgt.
- Es können auch andere sauer reagierende Substanzen eingesetzt werden.

**Beobachtung:**

- Es ist ein Absinken des pH-Wertes zu beobachten.

**Auswertung:**

Die Protonen der Salzsäure reagieren mit den überschüssigen Hydroxid-Ionen im Wasser.

**V 10-6 Bestimmung der Wasserhärte****Problem:**

Bei der Reaktion der einzelnen Desinfektionsmittel mit Wasser wurde beobachtet, dass es bei einigen Produkten zum Absinken und bei anderen Produkten zum Anstieg des pH-Wertes kam. Teilweise konnte auch eine Trübung des Wassers beobachtet werden. Hier stellt sich die Frage: Wann ist welches Produkt einzusetzen? Bei hartem Wasser sollten eher Desinfektionsmittel verwendet werden die den pH-Wert des Wassers senken und bei weichem Wasser eher Produkte, die den pH-Wert des Wassers anheben. Um einschätzen zu können, welche Härte das Wasser besitzt, muss man diese bestimmen. Im Handel gibt es dafür Teststreifen. Alternativ kann die Wasserhärte auch mit genormter Seifenlösung bestimmt werden.

**Geräte:**

- Bechergläser
- Erlenmeyerkolben (100 ml) mit Stopfen
- Meßzylinder (50 ml)
- Bürette mit Stativ

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Härteteststreifen
- Seifenlösung nach BOUTRON-BOUDET

**Durchführung:**

## 1. Teststreifen:

- Der Teststreifen wird entsprechend der Herstellerangaben in das Wasser getaucht und die Härte durch Vergleich mit der Skala bestimmt.

## 2. Seifenlösung nach BOUTRON-BOUDET:

- In dem Erlenmeyerkolben werden 40 ml Leitungswasser tropfenweise mit Seifenlösung versetzt. Nach jeder Zugabe wird der Erlenmeyerkolben verschlossen und kräftig geschüttelt.
- Die Titration ist beendet, wenn sich eine etwa 5 mm dicke Schaumschicht bildet und bestehen bleibt. 2,4 ml der Seifenlösung entsprechen 12,3°d.
- Berechnen Sie die Gesamthärte des untersuchten Wassers.

### **Beobachtung:**

#### 1. Mit einem Teststreifen:

- Es ist eine farbliche Veränderung des Teststreifens zu beobachten und die Härte abzulesen.

#### 2. Mit genormter Seifenlösung:

- Je nach Wasserhärte ist eine Trübung der Lösung zu beobachten. Es bildet sich Schaum.

### **Auswertung:**

#### Mit genormter Seifenlösung:

- Calcium- und Magnesium-Ionen bilden mit Seifen unlösliche Salze. Aus diesem Grund kommt es erst zur Schaumbildung, wenn die Calcium- und Magnesium-Ionen ausgefällt sind. Anhand des Verbrauchs von Seifenlösung lässt sich die Wasserhärte berechnen (2,4 ml Seifenlösung entsprechen 12,3°d).

#### Mit einem Teststreifen und genormter Seifenlösung:

- Weiches Wasser hat eine Wasserhärte von 0 – 7°d, mittelhartes Wasser von 7 – 14°d, hartes Wasser 14 – 21°d und sehr hartes Wasser über 21°d. Mit den erhaltenen Werten lässt sich abschätzen, welches Desinfektionsmittel für dieses Wasser am besten geeignet ist. Bei hartem bzw. sehr hartem Wasser sollten eher Desinfektionsmittel verwendet werden die den pH-Wert des Wassers senken, bei weichem Wasser eher Desinfektionsmittel die den pH-Wert des Wassers anheben.

## V 10-7      **Bestimmung des Gehaltes an freiem Chlor im Schwimmbeckenwasser**

### **Problem:**

Damit die Krankheitserreger im Schwimmbeckenwasser abgetötet werden, sollten wenigstens 0,3 mg/l und höchstens 0,6 mg/l freies Chlor im Wasser vorhanden sein. Wie ist dieser Wert zu überprüfen und wie viel Desinfektionsmittel wird benötigt, um den geforderten Gehalt an freiem Chlor zu erreichen? Im Schwimmbad überwachen elektronische Geräte mit Elektroden den Gehalt an freiem und gebundenen Chlor. Für den Swimmingpoolbesitzer gibt es dafür einen „Pooltester“. Die Handhabung dieses Gerätes wird im folgenden Versuch erprobt.

### **Geräte:**

- Bechergläser (1 Liter)
- Pooltester
- Waage

### **Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Chlorhaltiges Desinfektionsmittel

### **Durchführung:**

- Nach den Herstellerangaben wird die Menge Desinfektionsmittel berechnet, die zur Desinfektion eines Liters Wasser benötigt wird. Diese Menge wird eingewogen und in einen Liter Wasser gegeben, anschließend wird umgerührt.
- Die Küvetten des Pooltesters werden mit dem zu untersuchenden Wasser gefüllt und die Tabletten entsprechend der Anleitung des Herstellers zugegeben. Anschließend wird der Gehalt an freiem Chlor und der pH-Wert durch Farbvergleich ermittelt.

### **Beobachtung:**

Nach der Zugabe der Tabletten ist eine Farbveränderung zu beobachten.

### **Auswertung:**

Der Gehalt an freiem Chlor und der pH-Wert wird durch Farbvergleich ermittelt. Liegen die erhaltenen Werte außerhalb des Sollbereichs für freies Chlor von 0,3 bis 0,6 mg/l so ist entweder weiteres Desinfektionsmittel zuzugeben oder bei starker Überschreitung nicht zu baden. Der pH-Wert soll zwischen 6,8 und 7,6 liegen. Befindet er sich außerhalb dieses Bereichs ist er zu korrigieren (siehe Kap. 10.4.).

**V 10-8 Bestimmung des „aktiven“ oder „wirksamen“ Chlors****Problem:**

Da Natriumhypochlorit-Lösung nicht sehr stabil ist und im Laufe der Zeit in Kochsalz und Sauerstoff zerfällt, lässt ihre Desinfektionswirkung nach. Um die Qualität der Lösung zu ermitteln, wird der Gehalt an „wirksamen“ Chlor bestimmt.

Diese Methode eignet sich außerdem, um die Herstellerangaben an „wirksamen“ oder „aktivem“ Chlor auf den einzelnen Produkten zu überprüfen. Bei chlorhaltigen Produkten, die keine Angaben zum „aktiven“ Chlor besitzen, kann der Gehalt bestimmt werden.

**Geräte:**

- 10 ml- Vollpipette
- 100 ml Messzylinder
- 100 ml- Maßkolben
- 250 ml- Erlenmeyerkolben
- 50 ml- Bürette
- Magnetrührer
- Rührstab

**Chemikalien:**

- Natriumhypochlorit-Lösung oder Chlorhaltiger Haushaltsreiniger
- Calciumhypochlorit
- Organisch gebundenes Chlor
- Kaliumiodid-Lösung ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ )
- Salzsäure-Lösung (5 %ig)
- Natriumthiosulfat-Lösung ( $c = 0,1 \text{ mol/l}$ )
- frische Stärke-Lösung
- Aqua dest.

**Durchführung:****1. Natriumhypochlorit und hypochlorithaltige Reinigungsmittel (z.B. Dan Klorix)**

- 10 g Natriumhypochlorit-Lösung o.ä. werden eingewogen und mit Wasser auf 100 ml verdünnt. Von dieser Lösung werden 10 ml entnommen, sodass der Gehalt an „aktivem“ Chlor von 1 g des Produkts bestimmt wird.
- Zu diesen 10 ml Lösung gibt man in einen Erlenmeyerkolben ca. 50 ml Wasser, 30 ml einer 0,1 molaren KI-Lösung und ca. 2 ml einer 5 %igen Salzsäure, sodass sich ein pH-Wert von ca. 5 einstellt. **Das Zusammengießen der Lösungen muss in der genannten Reihenfolge erfolgen.**

- Unter ständigem Rühren wird mit 0,1 molarer Natriumthiosulfatlösung titriert bis die Lösung noch schwach gelb ist.
- Jetzt gibt man einige ml frische Stärke-Lösung hinzu. Die Lösung wird violett. Man titriert weiter bis zur völligen Entfärbung. Dabei ist zu beachten, dass der Farbumschlag langsam erfolgt. Der Verbrauch an Natriumthiosulfatlösung wird abgelesen.
- Die Messung wird dreimal durchgeführt und der Mittelwert bestimmt.

### 2. Calciumhypochlorit und Dichlorisocyanursäure

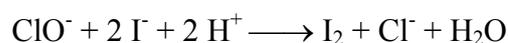
- 1 g Calciumhypochlorit wird auf 100 ml verdünnt. Von dieser Lösung werden 10 ml entnommen, sodass der Gehalt an „aktivem“ Chlor von 0,1 g des Produkts bestimmt wird.
- Zu diesen 10 ml Lösung gibt man in einen Erlenmeyerkolben ca. 50 ml Wasser, 30 ml einer 0,1 molaren KI-Lösung und ca. 2 ml einer 5 %igen Salzsäure, sodass sich ein pH-Wert von ca. 5 einstellt. **Das Zusammengießen der Lösungen muss in der genannten Reihenfolge erfolgen.**
- Titriert wird analog 1.

### 3. Trichlorisocyanursäure

- Trichlorisocyanursäure löst sich schwer in Wasser. Aus diesem Grund lässt man 0,5 g Trichlorisocyanursäure direkt mit 150 ml 0,1 molarer Kaliumiodid-Lösung reagieren. Von dieser Lösung werden 30 ml entnommen und in einen Erlenmeyerkolben gegeben, so dass 0,1 g des Produktes bestimmt werden.
- Die Lösung wird mit 50 ml Wasser aufgefüllt und mit ca. 2 ml einer 5 %igen Salzsäure versetzt, sodass sich ein pH-Wert von ca. 5 einstellt. **Das Zusammengießen der Lösungen muss in der genannten Reihenfolge erfolgen.**
- Titriert wird analog 1.

#### **Auswertung:**

Hypochlorit reagiert im schwach Sauren mit Iodid zu Chlorid und Iod:



Das nun in Lösung befindliche Iod wird durch die Natriumthiosulfat-Lösung zum Iodid reduziert:



1 mol Hypochlorit oxidierte 2 mol Natriumthiosulfat. Demnach ist 1 ml 0,1 molare Natriumthiosulfat-Lösung 3,545 mg Chlor äquivalent ( $M(\text{Cl}_2) = 70,9 \text{ g/mol}$ ).

Berechnung des Gehaltes an „aktivem“ Chlor:

$$\frac{\text{Verbrauch an Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 3,545 \text{ mg}}{\text{Masse des eingesetzten Produktes}} \times 100$$

### V 10-9 Bildung von „Flocken“

#### Problem:

Viele Schmutzteilchen sind so klein, dass sie in einem Filter nicht hängen bleiben. Aus diesem Grund müssen sie vergrößert werden, damit sie der Filter zurückhalten kann. Diese Aufgabe übernehmen Flockungsmittel, welche die Schmutzteilchen durch elektrostatische Kräfte an sich binden. Die Ausbildung der Flocken wird im folgenden Versuch gezeigt.

#### Geräte:

- Becherglas

#### Chemikalien:

- Leitungswasser
- Aluminiumsulfat oder -chlorid
- verdünnte Natriumhydroxid-Lösung

#### Durchführung:

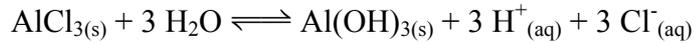
- In ein Becherglas mit Leitungswasser wird wenig Aluminiumsulfat oder Aluminiumchlorid gegeben und umgerührt. Nach wenigen Minuten ist die Bildung von weißen Flocken zu beobachten.
- Sollte es nicht zur Bildung von Flocken kommen, so ist der pH-Wert z.B. mit verdünnter Natriumhydroxid-Lösung anzuheben.

#### Beobachtung:

- Es ist die Bildung von weißen Flocken zu beobachten.

**Auswertung:**

Bei der Reaktion von Aluminiumchlorid oder –sulfat mit Wasser entstehen Aluminiumhydroxid-Flocken (vereinfacht):

**V 10-10      Wirkungsweise von Flockungsmitteln****Problem:**

Die kleinen Schmutzteilchen, die für die Trübung des Wassers verantwortlich sind und nicht von Sandfiltern zurückgehalten werden können, sind mit dem bloßen Auge nicht zu sehen. Möchte man aber dennoch überprüfen, wie die Flockungsmittel wirken, können „farbige Schmutzteilchen“ Verwendung finden. Im folgenden Versuch soll mit Hilfe von Tinte gezeigt werden, wie die Flockungsmittel wirken.

**Geräte:**

- 2 Bechergläser
- Filtergestell
- Trichter
- Rund- oder Faltenfilter

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Aluminiumsulfat oder -chlorid
- blaue Tinte
- verdünnte Natriumhydroxid-Lösung

**Durchführung:**

- In zwei Bechergläsern wird Leitungswasser mit wenigen Tropfen Tinte versetzt.
- In eines der beiden Bechergläser wird wenig Aluminiumsulfat oder –chlorid gegeben und umgerührt. Nach der Ausbildung der Flocken wird die Lösung filtriert. Sollte es nicht zur Bildung von Flocken kommen, so ist der pH-Wert z.B. mit verdünnter Natriumhydroxid-Lösung anzuheben.
- Zum Vergleich wird das zweite Becherglas ohne Flockungsmittel filtriert.

**Beobachtung:**

- Nach dem Filtrieren ist die Entfärbung des mit Flockungsmittel versetzten Wassers zu beobachten.

**Auswertung:**

Die Schmutz-Teilchen (Tinte) werden durch elektrostatische Kräfte an die Aluminiumhydroxid-Teilchen angelagert. Diese vergrößerten Teilchenverbände lassen sich ausfiltrieren.

**V 10-11 Einfluss des pH-Wertes auf die Ausbildung von „Flocken“****Problem:**

Die „Flocken“ bestehen aus Hydroxiden. Da aber Basen im Sauren neutralisiert werden, stellt sich die Frage nach dem Einfluss des pH-Wertes auf die Ausbildung dieser Flocken. Es soll untersucht werden, was mit den „Flocken“ bei Veränderung des pH-Wertes geschieht.

**Geräte:**

- 1 Becherglas (min. 300 ml)
- pH-Meter

**Chemikalien:**

- Leitungswasser
- Aluminiumsulfat oder -chlorid
- verdünnte Natriumhydroxid-Lösung
- verdünnte Salzsäure

**Durchführung:**

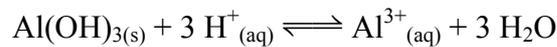
- In ein Becherglas werden 100 oder mehr ml Leitungswasser gefüllt. Dazu gibt man eine Spatelspitze Aluminiumsulfat oder -chlorid. Die Lösung wird umgerührt und die pH-Wertänderung mit einem pH-Meter beobachtet.
- Mit einer Pipette wird solange verdünnte Natriumhydroxid-Lösung zugetropft, bis der pH-Wert ca. 7 ist.
- Es wird solange verdünnte Salzsäure zugegeben, bis sich die „Flocken“ auflösen.
- Anschließend tropft man Natriumhydroxid-Lösung zu bis sich die wieder gebildeten „Flocken“ auflösen.

**Beobachtung:**

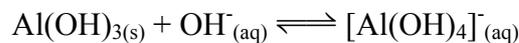
- Nach der Zugabe des Aluminiumsalzes ist ein Absinken des pH-Wertes zu beobachten.
- Während der Zugabe der Natriumhydroxid-Lösung bilden sich „Flocken“.
- Die „Flocken“ lösen sich während der Zugabe von Salzsäure auf.
- Die „Flocken“ lösen sich während der Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung auf.

**Auswertung:**

Die Salzsäure reagiert mit Aluminiumhydroxid. Dabei entstehen gut lösliche Aluminium-Ionen:



Bei der Zugabe von Natriumhydroxid-Lösung reagiert das Aluminiumhydroxid zu gut löslichen Aluminat-Ionen:

**10.8.12. Internetadressen zum Thema „Das Schwimmbad“**

Soll für die Beschäftigung mit der Wasseraufbereitung im Schwimmbad oder Swimmingpool das Internet zur Informationsbeschaffung eingesetzt werden, empfiehlt es sich, den Jugendlichen eine Sammlung mit den wichtigsten Websites, auf denen sich brauchbare Informationen befinden, zu geben.

Darüber hinaus lassen sich auch sogenannte Suchmaschinen nutzen. Grundlage für eine erfolgreiche Recherche ist die Auswahl sinnvoller „Schlüsselwörter“, welche logisch zu verknüpfen sind. Die meisten Suchmaschinen (z.B. [www.altavista.de](http://www.altavista.de)) bieten dazu eine „Profisuche“ an, bei der sich die Suchbegriffe mit logischen Operatoren (and, or, not, near) verknüpfen lassen.

Fertigkeiten bei der Durchführung von Recherchen sind für die Jugendlichen, auch für ihr späteres Leben, von großer Bedeutung, da das Angebot an Informationen immer umfangreicher wird. Die Jugendlichen müssen lernen, die Suchanfrage so zu formulieren, dass nur die interessierenden Informationen angezeigt werden. Außerdem ist die Seriosität der erhaltenen Informationen zu hinterfragen.

Viele Zeitungen (z.B. Die Welt) stellen im Internet Archive ihrer Artikel zur Verfügung, in welchen recherchiert werden kann. Die Suchanfrage erfolgt analog zu den Suchmaschinen. Hier lassen sich z.B. Artikel zu Chlorgasunfällen aber auch zu Erkrankungen im Zusammenhang mit Wasser (Legionärskrankheit) finden.

### **Chlor**

Chlorgasunfälle (Greenpeace):

[http://www.greenpeace.de/GP\\_DOK\\_30/CHLOR/SEITEN/C03HI11.HTM](http://www.greenpeace.de/GP_DOK_30/CHLOR/SEITEN/C03HI11.HTM)

Hersteller von Chlorprodukten: OxyChem (umfangreiche Informationen und Produktdatenblätter (engl.))

<http://www.oxychem.com>

### **Lieferanten Schwimmbadpflegemittel**

Bayrol (Umfangreiche Informationen zur Wasserpflege)

<http://www.bayrol.de/>

Aqua-Fit Wassertechnik (Mit Informationen zur Wasseraufbereitung)

<http://www.aqua-fit.com/>

Gödeke Umwelt-, Wasser- und Schwimmbadtechnik (mit Erläuterungen)

<http://www.goedeke.de/>

### **Unfallverhütungsvorschriften Chlorung von Wasser**

<http://www.bc-verlag.de/uvven/65/inhalt.HTM>

**Gesundheitsamt Garmisch-Partenkirchen mit Gesetzestexten und Hygieneinformationen**

<http://gesundheitsamt.de/>

### **Suchmaschinen (Portale)**

<http://www.altavista.de>

<http://www.web.de>

<http://www.dino-online.de>

<http://www.lycos.de>

### **Zeitungen**

<http://www.welt.de>

## Literaturverzeichnis

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY:

*ChemCom, Chemistry in the Community*. Washington 1985.

BADER, Hans Joachim:

*Auswirkungen der Thematik "recycling" auf die Einstellung der Schüler zum Chemieunterricht, zur Chemie und zu Umwelt- und Energieproblemen*. In: *chimica didactica*, 12. Jg. (1986), H. 1-2, S. 65-99.

BARKE, Hans-Dieter:

*Chemie erscheint nicht so sinnlos, wenn man den Stoff auch im Alltag anwenden kann Eine Befragung von Schülern zum Interesse an Themen aus Alltag und Umwelt*. In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), H. 25, S. 38-40.

BARKE, Hans-Dieter:

*Lebenswelt und Alltag im Chemieunterricht*. Aus: Behrendt, Helga (Hrsg.): *Zur Didaktik der Physik und Chemie - Probleme und Perspektiven Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik / Chemie in Dresden, September 1995*. Alsbach/Bergstr. (Leuchtturm-Verlag) 1996. (=Zur Didaktik der Physik und Chemie, Band L16) S. 70-72.

BECKER, Hans-Jürgen:

*Chemie - ein unbeliebtes Schulfach? Ergebnisse und Motive der Fachbeliebtheit*. In: *MNU*, 31. Jg. (1978), H. 8, S. 455-459.

BECKER, Hans-Jürgen:

*Eine empirische Untersuchung zur Beliebtheit von Chemieunterricht*. In: *chimica didactica*, 9. Jg. (1983), H. 2, S. 97-123.

BECKER, Hans-Jürgen:

*Fach- und Fächerbeliebtheit - Ergebnisse einer Untersuchung zum Chemieunterricht*. In: *MNU*, 37. Jg. (1984), H. 2, S. 79-81.

BECKER, Hans-Jürgen; GLÖCKNER, Wolfgang; HOFFMANN FRITZ:

*Fachdidaktik Chemie*. Köln (Aulis Verlag Deubner & Co KG) 1992.

BEHRENDT, Jochen; JUST, Eberhard; FAUST, Sabine:

*Alltagsorientierter Chemieunterricht erprobter Unterricht in der Sekundarstufe I*. In: *NiU-Ch*, 8. Jg. (1997), H. 37, S. 9-16.

BEHRENDT, Jochen; JUST, Eberhard:

*Alltagsorientierung - als Vorgabe für Experimente im Chemieunterricht*. In: *NiU-Ch*, 8. Jg. (1997), S. 32-36.

BERCK, Karl-Heinz:

*Warum zu wenig Interesse der Schüler am naturwissenschaftlichen Unterricht? In: MNU*, 40. Jg. (1987), H. 7, S. 387-389.

BOECK, Helmut; BERNHARDT, Uwe:

*Was halten unsere Schüler vom Anfangsunterricht in Chemie? In: Chemie in der Schule*, 38. Jg. (1991), H. 5, S. 168-172.

- BROSIUS, Gerhard; BROSIUS, Felix:  
*SPSS Base System und Professional Statistics*. Bonn, Albany u.a. (International Thomson Publishing) 1995.
- BURTON, George; HOLMAN, John; PILLING, Gwen:  
*SALTERS ADVANCED CHEMISTRY - Chemical Storylines*. York (Heinemann) 1994.
- BURTON, George; HOLMAN, John; PILLING, Gwen:  
*SALTERS ADVANCED CHEMISTRY - Chemical Ideas*. York (Heinemann) 1994.
- BURTON, George; HOLMAN, John; PILLING, Gwen:  
*SALTERS ADVANCED CHEMISTRY - Teacher's Guide*. York (Heinemann) 1994.
- BURTON, George; HOLMAN, John; PILLING, Gwen:  
*SALTERS ADVANCED CHEMISTRY - Activities & Assessment*. York (Heinemann) 1994.
- CHRISTEN, Hans Rudolf:  
*Chemie-faszinierend oder ein Horrorfach? Zur Akzeptanz des Chemieunterrichts*  
In: *CHEMKON*, 4. Jg. (1997), H. 4, S. 175-180.
- CLAUB, Günter; EBNER, Heinz: *Grundlagen der Statistik*. Berlin (Volk und Wissen) 1974.
- DECKER, Josef; LUTZ, Bernd; PFEIFER, Peter; SCHMIDKUNZ, Heinz:  
*Der Alltag und der Chemieunterricht*. In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), H. 25, S. 188-190.
- DEMUTH, Reinhard:  
*Schülerexperimente im Chemieunterricht (I) Zur Frage der Schülermotivation für das Fach Chemie*. In: *NiU*, 7. Jg. (1981), S. 256-259.
- DIETRICH, Georg; WALTER, Hellmuth:  
*Grundbegriffe der psychologischen Fachsprache*. München (Ehrenwirth) 1970.
- DUIT, Reinders:  
*Berücksichtigung allgemeiner Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts bei der Unterrichtsplanung Teil I: 16 Gesichtspunkte zur Inhaltsauswahl und ihre Realisierung bei einem Unterricht über Arbeit, Energie, Leistungen und Kraft*. In: *NiU-PC*, 28. Jg. (1978), S. 161.
- EHRENBERG, Andrew S. C.:  
*Statistik oder der Umgang mit Daten Eine praktische Einführung mit Übungen*. Weinheim (VCH Verlagsgesellschaft) 1986.
- FISHBEIN, Martin:  
*Attitude and the prediction of behavior*. Aus: Fishbein, Martin (Hrsg.): *Readings in attitude theory and measurement*. New York (Wiley) 1967.
- GESELLSCHAFT DEUTSCHER CHEMIKER FACHGRUPPE CHEMIEUNTERRICHT (Hrsg.):  
*Chemieunterricht in den 90er Jahren Impulse für die chemiedidaktische Forschung*. Essen (Westarp) 1989. (= Naturwissenschaften und Unterricht. 4)
- GESSNER, Sandra:  
*Fett weg mit Orangenöl? - von der Werbeanzeige zum naturwissenschaftlichen Experiment*. In: *NiU-Ch*, 53. Jg. (1999), H. 10, S. 228-230.

- GICK, M.L.; HOLYOAK, K.J.:  
*Analogical problem solving*. In: *Cognitive Psychology*, 12. Jg. (1980), S. 306-355.
- GRÄBER, Wolfgang:  
*Untersuchungen zum Schülerinteresse an Chemie und Chemieunterricht*. In:  
*Chemie in der Schule*, 39. Jg. (1992), H. 7/8, S. 270-273.
- GRÄBER, Wolfgang:  
*Interesse am Unterrichtsfach Chemie, an Inhalten und Tätigkeiten*. In: *Chemie in der Schule*, 39. Jg. (1992), H. 10, S. 354-358.
- GRÄBER, Wolfgang:  
*Schuelerinteressen und deren Beruecksichtigung im STS-Unterricht Ergebnisse einer empirischen Studie zum Chemieunterricht*. In: *Empirische Paedagogik*, 9. Jg. (1995), H. 2, S. 221-238.
- GRAF, Erwin:  
*Wie chemisch muß der Chemieunterricht sein? Gedanken zu zeitgemäßen Veränderungen*. In: *Chemie in der Schule*, 45. Jg. (1998), H. 5, S. 310-316.
- GREENWOOD, N. N.; EARNSHAW, A.:  
*Chemie der Elemente*. Weinheim, Basel (VCH) 19988.
- GROSSE, S.; TODT, E.:  
*Die Beziehung zwischen Interesse, Bedürfnissen und Einstellungen*. Giessen 1972.
- HAUPT, Peter:  
*Die Chemie im Spiegel einer Tageszeitung*. Oldenburg (Bibliotheks- und Informationssystem in der Universität Oldenburg) 1996.
- HAUPT, Peter:  
*Verwendung von Strukturmodellen -als Beispiel zur Elementarisierung und didaktischen Reduktion*. In: *NiU-Ch*, 34. Jg. (1996), H. 7, S. 163-167.
- HÄUSLER, Karl:  
*Didaktische Probleme des Säure-Base-Begriffs*. In: *NiU*, 35. Jg. (1987), H. 27, S. 288-289.
- HÄUSLER, Karl:  
*Die Historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte*. In: *NiU*, 35. Jg. (1987), H. 27, S. 278-282.
- HÄUSLER, Karl:  
*Kerschensteiner und die Unterrichtspraxis*. In: *NiU-Ch*, 5. Jg. (1994), S. 166-168.
- HÄUSLER, Karl; WOROFKA, Adelheid:  
*Rotkohl-Blaukraut, ein idealer Universalindikator*. In: *NiU*, 35. Jg. (1987), H. 27, S. 291.
- HECKHAUSEN, Heinz:  
*Motivation und Handeln*. Berlin, Heidelberg, New York u.a. (Springer-Verlag) 1989.
- HERKNER, Werner:  
*Lehrbuch Sozialpsychologie*. Bern u.a. (Huber) 1991.
- HIDI, S & Baird:  
*Strategies for increasing text-based interest and students' recall of expository texts*. In: *Reading Research Quarterly*, Jg. 1988, H. 23, S. 465-483.

HILDEBRANDT, Henry:

*Ein "Zitat" als Einstieg in eine längst überfällige Diskussion über die Gegenstände des Chemieunterrichts - aber richtig! Anmerkungen zu "Über die allmähliche Überwindung des Irrtums, es ginge im Chemieunterricht um Naturerkenntnis" von P. Buck.* In: *chimica didactica*, 22. Jg. (1996), H. 2, S. 186-188.

HILDEBRANDT, Henry:

*Das Schülerexperiment in der chemiedidaktischen Lehre und in der Schulwirklichkeit.* In: *Chemie in der Schule*, 46. Jg. (1999), H. 1, S. 47-49.

HIRSCH, Ulrich; HORLACHER, Bernhard:

*Saure und alkalische Haushaltsreiniger im Unterricht.* In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), S. 211-214.

HOLLEMANN, Arnold F.; WIBERG, Nils:

*Lehrbuch der Anorganischen Chemie.* Berlin, New York (Walter de Gruyter) 1985.

HUNTEMANN, Heike; PASCHMANN, Antje; PARCHMANN, Ilka; RALLE, Bernd:

*Chemie im Kontext - ein neues Konzept für den Chemieunterricht? Darstellung einer kontextorientierten Konzeption für den 11. Jahrgang.* In: *CHEMKON*, 6. Jg. (1999), H. 4, S. 191-196.

JÜNGEL, Günter:

*Einfache Untersuchungen von Reinigungsmitteln.* In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), S. 204-206.

JUST, Eberhard:

*Alltagsorientierung im Chemieunterricht.* In: *NiU-Ch*, 8. Jg. (1997), H. 37, S. 4-8.

JUST, Eberhard; PIOSIK ROMUALD:

*Merkmale d. Chemieunterr., d. Gymn.schüler gefallen o. miß- fallen.-Eine vergleich. Untersuch.i.d.Region.Bremen u.Danzig.* In: *MNU*, 38. Jg. (1985), H. 7, S. 391-399.

KASTEN, Hartmut; KRAPP, Andreas:

*Das Interessengenese-Projekt - eine Pilotstudie.* In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 32. Jg. (1986), H. 2, S. 175-188.

KAUFMANN, Uwe:

*Chemie - nein danke! Eine Folge des gegenwärtigen Chemieunterrichts.* In: *MNU*, 42. Jg. (1989), H. 2, S. 113-115.

KELLY, Alison: *Die Entwicklung naturwissenschaftlicher Interessen und Einstellungen bei Mädchen und Jungen.* Aus: Lehrke, Manfred; Hoffmann, Lore (Hrsg.): *Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht.* Köln (Aulis-Verlag) 1987. (=Didaktik der Naturwissenschaften) S. 69-83.

KRAPP, Andreas:

*Die Bedeutung von Interesse und intrinsischer Motivation für den Erfolg und die Steuerung schulischen Lernens.* Aus: Schnaitmann, Gerhard W. (Hrsg.): *Theorie und Praxis der Unterrichtsforschung Methodologische und praktische Ansätze zur Erforschung von Lernprozessen.* Donauwörth (Auer Verlag) 1996. S. 87ff..

KRAPP, Andreas:

*Intrinsische Lernmotivation und Interesse. Forschungsansätze und konzeptuelle Überlegungen* In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 45. Jg. (1999), H. 3, S. 387-406.

KRAPP, Andreas:

*Neuere Ansätze einer pädagogisch orientierten Interessenforschung.* In: *Empirische Paedagogik*, 3. Jg. (1989), H. 3, S. 233-255.

KRAPP, Andreas:

*Interesse, Lernen und Leistung.* In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 38. Jg. (1992), H. 5, S. 747-770.

KRAPP, Andreas:

*Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung.* Aus: Krapp, Andreas; Prenzel, Manfred (Hrsg.): *Interesse, Lernen, Leistung Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung.* Münster (Aschendorf) 1992. (=Arbeiten zur sozialwissenschaftlichen Psychologie. 26) S. 9-52.

KUBLI, Fritz:

*Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht aus der Sicht der Betroffenen.* In: *MNU*, 41. Jg. (1988), H. 7, S. 409-411.

LEHRKE, Manfred; HOFFMANN, Lore (Hrsg.):

*Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht.* Köln (Aulis-Verlag) 1987. (= Didaktik der Naturwissenschaften)

LEHRKE, Manfred:

*Interesse und Desinteresse am naturwissenschaftlich-technischen Unterricht.* Kiel (IPN) 1988.

DUIT, Reinders; RHÖNECK, Christoph von (Hrsg.):

*Lernen in den Naturwissenschaften.* Kiel (IPN) 1996.

LIEBER, Winfried:

*Ausgewählte Experimente. zu Reinigungsmitteln im Haushalt* In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), H. 25, S. 222-223.

LINDEMANN, Helmut:

*Didaktische Aspekte der Haushaltsreinigungsmittel.* In: *NiU-PC*, 35. Jg. (1987), S. 202-206.

LINDEMANN, Helmut; BRINKMANN, Ulrike:

*Alltagschemie als Orientierung zur Gestaltung von Chemieunterricht.* In: *NiU-Ch*, 5. Jg. (1994), H. 24, S. 187-191.

LUTZ, Bernd; PFEIFER, Peter:

*Verbessertes Chemieverständnis durch Erschließung von Zugängen zu fachlichen Leitlinien des Chemieunterrichts.* Aus: o.O. u. J. S. 34-44.

LUTZ, Bernd; PFEIFER, Peter; SCHMIDKUNZ, Heinz:

*Gedanken zu einem zeitgemäßen und zukunftsweisenden Chemieunterricht.* In: *NiU-Ch*, 5. Jg. (1994), S. 162-165.

LUTZ, Bernd; SCHULZE, Elke:

*Lösungsmittel in Haushaltsreinigern Ein Beispiel für die "Übersetzung" von Alltagsphänomenen in chemische Vorgänge unter analytischem Aspekt.* In: *PdN-Ch.*, 36. Jg. (1987), H. 2, S. 2-6.

MANDL, Heinz; GRUBER, Hans; RENKL, Alexander:

*Das Trägere Wissen.* In: *Psychologie heute*, 20. Jg. (1993), H. 9, S. 64-69.

- MANDL, Heinz; GRUBER, Hans; RENKL, Alexander:  
*Zum Problem der Wissensanwendung*. In: *Unterrichtswissenschaft*, 22. Jg. (1994), S. 233-242.
- MEINEFELD, Werner:  
*Einstellung und soziales Handeln*. Reinbek (Rowohlt) 1977.
- MIETZEL, Gerd:  
*Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle (Hogrefe-Verlag) 1998.
- MÜLLER, Volker:  
*Alltagsorientierter Chemieunterricht Anregungen für den Unterrichtsalltag*. In: *NiU-Ch*, 5. Jg. (1994), H. 24, S. 40-43.
- MÜLLER-HARBICH, Giesela; WECK, Helmut; BADER, Hans Joachim:  
*Die Einstellung von Realschülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie Teil I: Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Einstellung von Schülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie*. In: *chimica didactica*, 16. Jg. (1990), S. 150-169.
- MÜLLER-HARBICH, Giesela; WENCK, Helmut; BADER, Hans Joachim:  
*Die Einstellung von Realschülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie Teil II: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an einer Stichprobe von 2200 Realschülern in Nordrhein-Westfalen*. In: *chimica didactica*, 16. Jg. (1990), S. 233-253.
- OTTE, Rolf; GARBE, Jochen:  
*Einstellung zum naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach Chemie Teil I: Eine dimensionsanalytische Untersuchung*. In: *chimica didactica*, 2. Jg. (1976), S. 215-230.
- PASTILLE, Reinhard:  
*Das Zehn-Versuche-Konzept Ein Vorschlag für den Anfangsunterricht*. In: *Chemie in der Schule*, 43. Jg. (1996), H. 1, S. 17-18.
- PETTY, Richard. E.; CACIOPPO, John. T.:  
*Communication and persuasion. Central and peripheral routes to attitude change*. New York (Springer) 1986.
- PFEIFER, Peter:  
*Ist ein Umbruch in Sicht? Chemieunterricht an der Schwelle zum Jahr 2000*. In: *NiU-Ch*, 6. Jg. (1995), S. 54-58.
- PFEIFER, Peter:  
*Praxisorientierter Chemieunterricht - konkret*. In: *NiU-Ch*, 7. Jg. (1996), S. 4-6.
- PILLING, Gwen; WADDINGTON, David:  
*Ein neuer Chemiekurs: In die Zukunft blicken*. In: *CHEMKON*, 4. Jg. (1997), H. 1, S. 13-18.
- PIOSIK, Romuald:  
*Alltagsorientierung und Umweltverhalten - Erprobung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I in Gdansk (Danzig)*. In: *NiU-Ch*, 8. Jg. (1997), H. 37, S. 17-22.
- POETHKE, Walter:  
*Praktikum der Maßanalyse*. Zürich und Frankfurt (Main) (Verlag Harri Deutsch) 1973.

- RALLE, Bernd:  
*Chemie im Kontext Ein Positions- und Diskussionspapier*. unveröffentlicht o.J.
- RENKL, Alexander:  
*Träges Wissen: Wenn Erlentes nicht genutzt wird*. In: *Psychologische Rundschau*, 47. Jg. (1996), S. 78-92.
- ROEDER, Peter; GRUEHN, Sabine:  
*Kurswahlen in der Gymnasialen Oberstufe Fächerspektrum und Kurswahlmotive*. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 42. Jg. (1996), H. 4, S. 497-518.
- ROEDER, Peter M.; GRUEHN, Sabine:  
*Geschlecht und Kurswahlverhalten*. In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 43. Jg. (1997), H. 6, S. 877-894.
- ROSENBERG, M. J.:  
*An analysis of affective-cognitive consistency*. Aus: Hovland, C. I.; Rosenberg, M. J. (Hrsg.): *Attitude organization and change*. New Haven (Yale University Press) 1960.
- RÖSLER, Horst F.:  
*Die Bedeutung der Motivation im Chemieunterricht Hinweise für die Praxis*. In: *Pädagogische Welt*, 47. Jg. (1993), H. 6, S. 268-270.
- ROST, Jürgen:  
*Lehrbuch Testtheorie Testkonstruktion*. Bern, Göttingen, Toronto u.a. (Verlag Hans Huber) 1996.
- RUBINSTEIN, S. L.:  
*Grundlagen der allgemeinen Psychologie*. Berlin (Volk und Wissen) 1959.
- RZEHAK, Heinz:  
*Schülerversuche mit Haushaltsmitteln Fortsetzung aus NiU-P/C 26 1978 S. 242*. In: *NiU-PC*, 8. Jg. (1978), S. 241-247.
- RZEHAK, Heinz:  
*Haushaltsmittel im Schülerversuch*. In: *PdN-Ch.*, 7. Jg. (1980), S. 196-204.
- SACHS, Lothar:  
*Angewandte Statistik Anwendung statistischer Methoden*. Berlin, Heidelberg (Springer-Verlag) 1997.
- SCHIEFELE, Ulrich:  
*Einstellung, Selbstkonsistenz und Verhalten*. Göttingen u.a. (Hogrefe) 1990.
- SCHIEFELE, Ulrich:  
*Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle (Hogrefe-Verlag) 1996.
- SCHIEFELE, Hans; PRENZEL, Manfred:  
*Motivation und Interesse*. Aus: Roth, Leo (Hrsg.): *Pädagogik: Handbuch für Studium und Praxis*. München (Ehrenwirth) 1991.
- SCHMIDKUNZ, Heinz:  
*Eisen(III)-chlorid als Flockungsmittel zur Wasserreinigung* In: *NiU-Ch*, 20. Jg. (1993), H. 4, S. 450-452.

- SCHNAITMANN, Gerhard W. (Hrsg.):  
*Theorie und Praxis der Unterrichtsforschung Methodologische und praktische Ansätze zur Erforschung von Lernprozessen.* Donauwörth (Auer Verlag) 1996.
- SCHNOTZ, Wolfgang:  
*Psychologische Ansätze des Wissenserwerbs und der Wissensveränderung.* Aus: Duit, Reinders; Rhöneck, Christoph von (Hrsg.) (Hrsg.): *Lernen in den Naturwissenschaften.* Kiel (IPN) 1996. S. 15-36.
- SIMPSON, Ronald D.:  
*Einstellungs- und Motivationsprofile gegenüber Naturwissenschaften bei amerikanischen Schülern in den Klassenstufen 6 bis 10* Aus: Lehrke, Manfred; Hoffmann, Lore (Hrsg.): *Schülerinteressen am naturwissenschaftlichen Unterricht.* Köln (Aulis-Verlag) 1987. (=Didaktik der Naturwissenschaften) S. 39-51.
- STEVERMÜER, Hans-Jürgen:  
*Transfer.* Münster, Hamburg, London (Lit Verlag) 1984.  
(= Erziehungswissenschaften. 6)
- THOMAS, Eberhard:  
*"Regnet es wirklich Säure?" Von der Schülerfrage zur Säure-Base-Theorie.* In: *NiU-Ch*, 2. Jg. (1991), H. 6, S. 252-260.
- TODT, Eberhard:  
*Das Interesse Empirische Untersuchungen zu einem Motivationskonzept.* Bern, Stuttgart, Wien (Huber) 1978.
- TODT, Eberhard:  
*Die Bedeutung der Schule für die Entwicklung der Interessen von Kindern und Jugendlichen.* In: *Unterrichtswissenschaft*, 13. Jg. (1985), H. 4, S. 362-376.
- TODT, Eberhard; HÄNDEL, Brigitte:  
*Analyse der Kontextabhängigkeit von Physikinteressen.* In: *MNU*, 41. Jg. (1988), H. 3, S. 137-140.
- VOGT, Helmut:  
*Zusammenhang zwischen Biologieunterricht und Genese von biologieorientiertem Interesse.* In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4. Jg. (1998), H. 1, S. 13-27.
- WAGENSCHHEIN, Martin:  
*Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Unterrichts* Aus: Wagenschein, Martin (Hrsg.): *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken, Bd. 1.* Stuttgart (Klett) 1970.
- WEGNER, Günter; STÜBS, Renate:  
*Schülermeinungen und Konsequenzen für Lehrpläne.* In: *Chemie in der Schule*, 39. Jg. (1992), H. 4, S. 138-142.
- WELTNER, Klaus; WARNKROSS, Klaus:  
*Über den Einfluß von Schülerexperimenten, Demonstrationsunterricht und informierendem Physikunterricht auf Lernerfolg und Einstellung der Schüler.* Aus: Roth, Leo (Hrsg.): *Beiträge zur empirischen Unterrichtsforschung.* Hanover (Schroedel) 1974.

WOEST, Volker:

*Der "ungeliebte" Chemieunterricht? Ergebnisse einer Befragung von Schülern der Sekundarstufe II.* In: *MNU*, 50. Jg. (1997), H. 1, S. 50-57.

WÖHRMANN, Holger:

*Gedanken zur Misere des Chemieunterrichts.* In: *MNU*, 40. Jg. (1987), H. 5, S. 284-288.

# Anhang

## Fragebogen (NRW)

**Schule:** \_\_\_\_\_ **Klasse:** \_\_\_\_\_ **Mädchen**  **Datum:** \_\_\_\_\_  
**Junge**

### 1. Magst Du das Fach Chemie?

- Wenn „ja“ beantworte bitte Frage 1.1  
 Wenn „nein“ beantworte bitte Frage 1.2

#### 1.1 Ich mag das Fach Chemie:

- weil es mich sehr interessiert  
 weil ich es für wichtig halte  
 weil man Chemiekennnisse im Leben braucht  
 weil ich einen ähnlichen Beruf erlernen möchte  
 weil ich hier eine gute Note habe  
 weil ich den Chemielehrer/die Chemielehrerin mag  
 .....

#### 1.2 Ich mag das Fach Chemie nicht:

- weil es mich überhaupt nicht interessiert  
 weil ich hier eine schlecht Note habe  
 weil es mich langweilt  
 weil ich es doch nicht verstehe  
 weil ich es später doch nicht gebrauchen kann  
 weil ich den Chemielehrer/die Chemielehrerin nicht mag  
 .....

### 2. Wie sollte Deiner Meinung nach der Chemieunterricht gestaltet sein?

- Viele Experimente und wenig Theorie  
 Nur Schülerexperimente  
 Nur Lehrerexperimente  
 Lehrer- und Schülerexperimente  
 Experimente und ausführliche Theorie  
 Keine Experimente, nur Theorie  
 .....

### 3. Glaubst Du, dass Du das, was Du im Chemieunterricht gelernt hast, später einmal verwenden kannst?

ja                      vielleicht                      kaum                      nein

Begründung:.....  
 .....

4. Über welches Thema möchtest Du im Chemieunterricht mehr erfahren und wissen wollen?

4.1. Wissenschaftliche Themen:

Atomaufbau, Teilchenmodell, Modelle zur Struktur der Materie, Atome, Ionen, Moleküle, Atombindung, Ionenbindung usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.2. Praktische und lebensnahe Themen:

Lebensmittel, Alkohol und Getränke, Waschmittel und Haushaltsreiniger, Kosmetika, Autobenzin und Diesel usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.3. Umweltbezogene Themen:

Luftverschmutzung, Waldsterben, Ozonloch, Saurer Regen, Entschwefelung, Müllverbrennung, Recycling von Altmaterialien usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.4. Kunststoff-Chemie:

Herstellung von Polyethylen, Polyester, PVC etc., Schaumgummi, Styropor, künstliche Textilien, Nylon, Perlon, Klebstoffe usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.5. Organische Chemie:

Alkane, Alkene, Alkine, Aromaten, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Alkansäuren, Ester, Ether, Aminosäuren usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.6. Nahrungsmittelchemie:

Zucker, Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße, Vitamine, Mineralstoffe, Öl- und Fettgewinnung, Margarineherstellung, Weinherstellung usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

4.7. Besichtigung von Chemiebetrieben:

Wasserwerke, Kläranlagen, Braunkohlenrevier, Hüttenwerk, Brauerei, Salzbergwerk, Waschmittelfabrik, Aluminiumwerk usw.

sehr gern überhaupt nicht  
 —  —  —  —

5. Welche in 4. genannten Themen, könnten Dir später einmal im Leben helfen (zu Hause, Beruf, Freizeit)? Bitte gib die Nummern an!

.....

6. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu **"Alltag und Umwelt"** folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Lebensmittel	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Konservierungsmittel	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Alkohol, -Getränke	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Haushaltsreiniger	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Waschmittel	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Kosmetika	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Benzin, Kraftstoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Zement, Baustoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Düngemittel	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

7. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu **"Umweltschutz"** folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Belastungsstoffe im Wasser	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Belastungsstoffe in der Luft	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Belastungsstoffe im Erdboden	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Saurer Regen und Waldsterben	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Abgas und Abgaskatalysatoren	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Überdüngung und Eutrophierung	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Behandlung von Hausmüll	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Recycling von Papier und Glas	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Aufbereitung von Altöl	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

8. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu **"chemischer Technik"** folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Fotos herstellen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Galvanisieren	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Färben	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Klebstoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Sprengstoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Metall-Legierungen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Akku und Batterien	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Brennstoffzelle	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Raketenantrieb	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

9. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu "**chemischer Industrie**" folgende Themen behandelt werden:

**Die fabrikmäßige Herstellung von**

	sehr gern	überhaupt nicht
Stahl und Metallen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Benzin und Heizöl	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Schwefelsäure	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Zucker aus Rüben	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Salz im Bergwerk	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Papier aus Holz	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Kunststoffen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Farbstoffen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Arzneimitteln	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

10. Die aufgeführten Fächer mag ich sehr gern / überhaupt nicht:

	sehr gern	überhaupt nicht
Geschichte	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Kunst	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Mathematik	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Chemie	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Sport	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Deutsch	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Englisch	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Religion	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Physik	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Musik	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Erdkunde	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Biologie	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

11. Dein Kommentar zum Fach Chemie:.....  
 .....  
 .....  
 .....

## Fragebogen (Thüringen)

**Schule:** \_\_\_\_\_ **Klasse:** \_\_\_\_\_ **Mädchen**  **Datum:** \_\_\_\_\_  
**Junge**

1.

Wie gern magst Du das Fach Chemie? sehr gern      überhaupt nicht

2. Gib bitte an, warum Du Chemie magst oder nicht magst!

	sehr	überhaupt nicht
Chemie interessiert mich:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chemie halte ich für wichtig:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich brauche Chemiekennntnisse im Leben:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich möchte einen Chemie-Beruf erlernen:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mein Chemieunterricht gefällt mir:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mein Chemieunterricht langweilt mich:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich verstehe den Unterrichtsstoff:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe in Chemie eine gute Note:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann Chemie-Kenntnisse im Alltag anwenden:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich mag den Chemielehrer/die Lehrerin:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Außerdem mag ich Chemie nicht, weil:.....

.....

Außerdem mag ich Chemie, weil:.....

.....

3. Wie sollte Deiner Meinung nach der Chemieunterricht gestaltet sein?

- Viele Experimente und wenig Theorie
- Experimente mit Laborchemikalien
- Experimente mit Haushaltschemikalien
- Nur Schülerexperimente
- Nur Lehrerexperimente
- Lehrer- und Schülerexperimente
- Experimente und ausführliche Theorie
- Keine Experimente, nur Theorie
- .....

4.

Sollen im Chemieunterricht Bezüge zum sehr wichtig      überhaupt nicht wichtig  
Alltag/zur Lebenswelt hergestellt werden?

5.

Sollen im Chemieunterricht Bezüge zu Umwelt und Umweltschutz hergestellt werden?

sehr wichtig                      überhaupt nicht wichtig  
 O — O — O — O — O

6. Glaubst Du, dass Du das, was Du im Chemieunterricht gelernt hast, später einmal verwenden kannst?

ja                      etwas                      weiß nicht                      kaum                      nein  
                                                                                       

Begründung:.....  
 .....

7. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu **"Alltag und Lebenswelt"** folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Lebensmittel	O — O — O — O — O	
Konservierungsmittel	O — O — O — O — O	
Alkohol, -Getränke	O — O — O — O — O	
Haushaltsreiniger	O — O — O — O — O	
Waschmittel	O — O — O — O — O	
Kosmetika	O — O — O — O — O	
Benzin, Kraftstoffe	O — O — O — O — O	
Zement, Baustoffe	O — O — O — O — O	
Düngemittel	O — O — O — O — O	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

8. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu **"Umwelt und Umweltschutz"** folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Belastungsstoffe im Wasser	O — O — O — O — O	
Belastungsstoffe in der Luft	O — O — O — O — O	
Belastungsstoffe im Erdboden	O — O — O — O — O	
Saurer Regen und Waldsterben	O — O — O — O — O	
Abgas und Abgaskatalysatoren	O — O — O — O — O	
Überdüngung und Eutrophierung	O — O — O — O — O	
Behandlung von Hausmüll	O — O — O — O — O	
Recycling von Papier und Glas	O — O — O — O — O	
Aufbereitung von Altöl	O — O — O — O — O	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

9. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu "**chemischer Technik**" folgende Themen behandelt werden:

	sehr gern	überhaupt nicht
Fotos herstellen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Färben	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Klebstoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Sprengstoffe	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Metall-Legierungen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Akku und Batterien	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Brennstoffzelle	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Raketenantrieb	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

10. Im Einzelnen wünsche ich mir, dass im Unterricht zu "**chemischer Industrie**" folgende Themen behandelt werden:

***Die fabrikmäßige Herstellung von***

	sehr gern	überhaupt nicht
Stahl und Metallen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Benzin und Heizöl	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Schwefelsäure	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Zucker aus Rüben	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Salz im Bergwerk	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Papier aus Holz	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Kunststoffen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Farbstoffen	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	
Arzneimitteln	<input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/> — <input type="radio"/>	

Weitere Themenvorschläge:.....  
 .....

11.

Ich wünsche mir die Besichtigung von Chemiebetrie-  
 ben

sehr gern                      überhaupt nicht  
 —  —  —  —

Weitere Vorschläge für Besichtigungen:.....  
 .....

12. Die aufgeführten Fächer mag ich sehr gern / überhaupt nicht:

	sehr gern	überhaupt nicht
Geschichte	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Kunst	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Mathematik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Chemie	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Sport	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Deutsch	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Englisch	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Religion	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Physik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Musik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Erdkunde	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Biologie	○ — ○ — ○ — ○ — ○	

Begründe Deine Antwort zum Fach Chemie:.....

.....

.....

.....

## Fragebogen (Säuren und Basen) (NRW)

**Schule:** \_\_\_\_\_ **Klasse:** \_\_\_\_\_ **Mädchen**  **Datum:** \_\_\_\_\_  
**Junge**

1. Im Chemieunterricht zu "Säuren und Laugen" hast Du einige Lebensmittel/  
Haushaltschemikalien kennengelernt. Wie hast Du dieses Thema empfunden?

sehr interessant	interessant	weiß nicht	wenig interes- sant	überhaupt nicht interessant
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Eigener Kommentar:.....  
 .....

2. Welche einzelnen Themen haben Dich besonders interessiert?

	sehr	überhaupt nicht
Inhaltsstoffe der Haushaltschemikalien, Lesen der Etiketten	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Saure und alkalische Eigenschaften der Haushalts- chemikalien	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Chemische Reaktion von Metallen mit sauren Reinigern	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Chemische Reaktion von Kalk mit Kalklöser	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Wirkungsweise von Abflussfrei	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Wirkungsweise von sauren Reinigern	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○
Neutralisation von Säuren und Laugen	○ — ○ — ○ — ○ — ○	○ — ○ — ○ — ○ — ○

3. Möchtest Du, dass auch im zukünftigen Chemieunterricht Chemikalien aus dem  
Alltag eine Rolle spielen?

sehr	ja	weiß nicht	nein	überhaupt nicht
<input type="radio"/>				

4. Du hast einige Experimente selbst durchgeführt. Wie hast Du diese  
Schülerexperimente empfunden?

sehr interessant	interessant	weiß nicht	wenig interes- sant	überhaupt nicht interessant
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## 5. Welche Schülerexperimente haben Dich besonders interessiert?

	sehr				überhaupt nicht
Prüfen der Haushaltschemikalien mit Indikatorpapier	<input type="radio"/>				
Zusammengeben von Kalk und Kalkreinigern	<input type="radio"/>				
Zusammengeben von Speck, Abflurereiniger und Wasser	<input type="radio"/>				
Zusammengeben von Säuren und Laugen	<input type="radio"/>				

## 6. Wenn Du den Chemieunterricht als interessant empfunden hast, sag ehrlich: Lag es an den Lebensmitteln/Haushaltschemikalien oder an den Schülerexperimenten?

	stimmt genau				überhaupt nicht
Lebensmittel/Haushaltschemikalien	<input type="radio"/>				
Schülerexperimente	<input type="radio"/>				
Kombination von beiden	<input type="radio"/>				

Eigener Kommentar:.....  
 .....

## 7. Du hast viele Experimente kennengelernt. Wurde Deiner Meinung nach zu den Experimenten zuviel Theorie oder zu wenig Theorie geboten?

zu viel	viel	genau richtig	wenig	zu wenig
<input type="radio"/>				

## 8. Die aufgeführten Fächer mag ich sehr gern / überhaupt nicht:

	sehr interessant				überhaupt nicht
Geschichte	<input type="radio"/>				
Kunst	<input type="radio"/>				
Mathematik	<input type="radio"/>				
Chemie	<input type="radio"/>				
Sport	<input type="radio"/>				
Deutsch	<input type="radio"/>				
Englisch	<input type="radio"/>				
Religion	<input type="radio"/>				
Physik	<input type="radio"/>				
Musik	<input type="radio"/>				
Erdkunde	<input type="radio"/>				
Biologie	<input type="radio"/>				

Begründe Deine Antwort zum Fach Chemie:.....  
 .....

## Fragebogen (Säuren und Basen) (Thüringen)

**Schule:** \_\_\_\_\_ **Klasse:** \_\_\_\_\_ **Mädchen**  **Datum:** \_\_\_\_\_  
**Junge**

1. Im Chemieunterricht zu "Säuren und Basen" hast Du einige Lebensmittel/  
Haushaltschemikalien kennengelernt. Wie hast Du dieses Thema empfunden?

sehr interessant	interessant	weiß nicht	wenig interes- sant	überhaupt nicht interessant
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Eigener Kommentar:.....  
.....

2. Hast Du das Gefühl, dass in der Unterrichtseinheit "Säuren und Basen" Bezüge zu  
Deiner Lebenswelt hergestellt wurden?

sehr viele	viele	einige	wenige	keine
<input type="radio"/>				

Eigener Kommentar:.....  
.....

3. Denkst Du, dass Dir die in der letzten Unterrichtseinheit gelernten Dinge im weite-  
ren Leben helfen können? (Haushalt, Freizeit, Beruf)

sehr	ja	weiß nicht	kaum	nein
<input type="radio"/>				

Eigener Kommentar:.....  
.....

4. War die Unterrichtseinheit "Säuren und Basen" schwieriger als andere Unterrichts-  
einheiten im Fach Chemie?

viel schwieriger	schwieriger	genauso	leichter	viel leichter
<input type="radio"/>				

Eigener Kommentar:.....  
.....

## 5. Welche einzelnen Themen haben Dich besonders interessiert?

	sehr				überhaupt nicht				
Inhaltsstoffe der Haushaltschemikalien, Lesen der Etiketten	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Saure und alkalische Eigenschaften der Haushaltschemikalien	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Chemische Reaktion von Metallen mit sauren Reinigern	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Chemische Reaktion von Kalk mit Kalklöser	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Wirkungsweise von Abflussfrei	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Wirkungsweise von sauren Reinigern	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Neutralisation von Säuren und Laugen	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						

## 6. Möchtest Du, dass auch im zukünftigen Chemieunterricht Chemikalien aus dem Alltag eine Rolle spielen?

sehr	ja	weiß nicht	nein	überhaupt nicht
<input type="radio"/>				

## 7. Du hast einige Schülerexperimente selbst durchgeführt. Wie hast Du diese Schülerexperimente empfunden?

sehr interessant	interessant	weiß nicht	wenig interessant	überhaupt nicht interessant
<input type="radio"/>				

## 8. Welche Schülerexperimente haben Dich besonders interessiert?

	sehr				überhaupt nicht				
Prüfen der Haushaltschemikalien mit Indikatorpapier	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Zusammengeben von Kalk und Kalkreinigern	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Zusammengeben von Speck, Abflußreiniger und Wasser	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						
Zusammengeben von Säuren und Laugen	<input type="radio"/>	—	<input type="radio"/>						

9. Wenn Du den Chemieunterricht zu Säuren und Laugen als interessant empfunden hast, sag ehrlich:  
Lag es an den Lebensmitteln/Haushaltschemikalien oder an den Schülerexperimenten?

	stimmt genau	überhaupt nicht
Lebensmittel/Haushaltschemikalien	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Schülerexperimente	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Kombination von beiden	○ — ○ — ○ — ○ — ○	

Eigener Kommentar:.....  
.....

10. Du hast viele Experimente kennengelernt. Wurde Deiner Meinung nach zu den Experimenten zuviel Theorie oder zu wenig Theorie geboten?

zu viel	viel	genau richtig	wenig	zu wenig
○	○	○	○	○

11. Beurteile die Schulfächer nach Deinem Interesse:

	sehr interessant	überhaupt nicht
Geschichte	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Kunst	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Mathematik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Chemie	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Sport	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Deutsch	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Englisch	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Religion	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Physik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Musik	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Erdkunde	○ — ○ — ○ — ○ — ○	
Biologie	○ — ○ — ○ — ○ — ○	

Begründe Deine Antwort zum Fach Chemie:.....  
.....