

# **Gesprächsanalyse im bilingualen, englischsprachigen Chemieunterricht als Diagnosemöglichkeit für kognitive Prozesse**

## **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Erziehungswissenschaften (Dr. paed.)

eingereicht in der

Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften  
der Bergischen Universität Wuppertal

vorgelegt von

**Heidrun Geller**

aus Berlin

Wuppertal, im Juni 2017

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20170825-140745-2

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20170825-140745-2>]

### **Eidesstattliche Versicherung**

ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig im Arbeitskreis Chemie und ihre Didaktik unter der Leitung von Prof. Dr. Michael W. Tausch angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder inhaltlich übernommene Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht.

Weiterhin erkläre ich, dass die Dissertation weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einem anderen Fachbereich einer wissenschaftlichen Hochschule vorgelegen hat.

Wuppertal, den 07. Juni 2017

---

Heidrun Geller

## Danksagung

Zuerst möchte ich ganz besonders meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. **Michael W. Tausch** für die Aufnahme in seine Arbeitsgruppe, die Überlassung des Themas und die sehr gute Betreuung während der Zeit meiner Promotion danken.

Frau Prof. Dr. **Claudia Bohrmann-Linde** danke ich ebenfalls für ihre sehr gute Betreuung, die hilfreichen Ratschläge und die Übernahme des Zweitgutachtens.

Ich bedanke mich bei der Schulleitung und der Fachschaft Chemie des Dietrich-Bonhoeffer-Gymnasiums in Bergisch Gladbach für die Bereitschaft, mich bei den schulischen Studien zu unterstützen. Ganz besonders danke ich **Petra Brombach**, **Kirsten Wichmann** und **Tobias Dielmann** und ihren Klassen, die sich für die praktische Durchführung zur Verfügung gestellt haben.

Ich danke ebenfalls der Schulleitung und der Fachschaft Chemie der Montanus-Realschule in Leverkusen für ihre Unterstützung bei den schulpraktischen Studien. Mein besonderer Dank gilt **Susanne Fritsch** und Dr. **Heribert Kock** und ihren Klassen, in denen ich die Untersuchungen durchführen durfte.

Mein besonderer Dank gilt allen Mitgliedern der Arbeitsgruppe Chemie und ihre Didaktik für die schöne Zeit, die hervorragende Unterstützung und die anregenden Diskussionen.

Ich möchte mich bei meinem Bürokollegen **Sebastian Spinnen** für die angenehme Arbeitsatmosphäre und die gegenseitige Unterstützung bedanken.

**Ingrid Reisewitz-Swertz** und **Nico Meuter** möchte ich für ihre stetige Hilfsbereitschaft und ihren Überblick in allen Fragen rund um Labor und Chemikalien ganz besonders danken.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem **Mann Thomas** und meinen **Kindern Jorin** und **Simon**, die immer für mich da sind. Mein weiterer Dank gilt meiner **Eltern** und meinen **Geschwistern**, die mich immer unterstützten, Ich danke ebenfalls meinen **Schwiegereltern** für ihre Unterstützung.

## Abstract

Content and Language Integrated Learning (CLIL) or, within the German context, bilingual teaching, has long been established at German schools. Whereas it is widely used to enhance the students' use of a foreign language by providing authentic settings, its advantages for the teacher have not been investigated so far. The use of a foreign language within the CLIL classroom resulting in linguistic *stumbling blocks* is a great challenge for the learners. Consequently a stronger reflection on the usage of the languages involved and a higher demand of explanations occurs. The learning process is carried out in smaller steps. It is hypothesized that conversation analysis of the CLIL classroom discourse can give an insight into cognitive processes which cannot be gained by teaching in the mother tongue.

This thesis describes a qualitative study which focused on the analysis of the classroom discourse within modular CLIL teaching. A teaching sequence on the Neutralisation Reaction has been developed and carried out in three different learning groups. The analysis has been carried out by audio taping and concept maps. The findings of this first teaching cycle were subsequently used in a second teaching cycle where the teaching sequence was altered and carried out in three further learning groups.

Especially interruptions in the flow of speech, changes in the language use and repetitive speech patterns gave rise to conclusions about the processing of abstract concepts. The study mainly focused on the learners' use of the chemical shorthand.

The following conclusions could be drawn from this study:

- CLIL teaching is a capable tool for the diagnosis of the students' cognitive abilities.
- Modular CLIL teaching can be introduced at different levels of ability when adequate scaffolding is provided.
- When using the foreign language the students undergo a deeper reflection of their language usage concerning their possibilities to express their chemical reasoning.
- Students tend to reason on the level of concrete operations and phenomena. For their reasoning they take into account the materials which are directly available to them.
- The students do not use the chemical shorthand as a universal method to express chemical information, thus contents cannot always be transferred between the languages aided by formulae.
- Pictorial imagination is an important strategy for the understanding of the symbolic and model level.
- In their mother tongue students tend to guess the right answer. Within CLIL setting they often do not have access to sufficient vocabulary to carry out their guessing technique. The flow of classroom communication is thus interrupted.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung .....	2
2	Grundlagen Bilingualer Unterricht.....	4
2.1	Begriffsbestimmung .....	4
2.2	Entwicklung des bilingualen Unterrichts .....	6
2.2.1	Ursprung des BU in Deutschland .....	6
2.2.2	Zielsetzung des BU .....	7
2.3	Schulische Organisation des BU .....	8
2.3.1	Bilinguale Züge .....	9
2.3.2	Durchgängiger bilingualer Sachfachunterricht .....	10
2.3.3	Modularer bilingualer Unterricht .....	11
2.4	Fächerkanon .....	11
2.5	Das Fach Chemie im bilingualen Unterricht.....	12
2.5.1	Die Situation des BU im Fach Chemie .....	12
2.5.2	Forschung im BU Chemie .....	16
2.6	Entwicklung eines eigenen Forschungsschwerpunktes im BU Chemie .....	18
2.6.1	Grundlagen zur Entwicklung des Forschungsschwerpunktes.....	18
2.6.2	Entwicklung eigener Forschungsfragen.....	19
3	Denken und Sprechen - Modellvorstellungen .....	22
3.1	Denken und Sprechen: Einander unabdingbar oder voneinander unabhängig? .....	22
3.1.1	These 1: Ohne Sprache ist kein Denken möglich .....	22
3.1.2	These 2: Denken verläuft völlig sprachunabhängig .....	24
3.1.3	Mentale Organisation von Sprache .....	24
3.2	Entwicklung einer eigenen Hypothese zur Verknüpfung zwischen Denken und Sprechen.....	26
3.2.1	Zusammenhang zwischen Sprechen und Denken.....	26
3.2.2	Der Denkprozess .....	27
3.3	Denken und Sprechen im Kognitionsprozess .....	30
3.3.1	Mentale Organisation der Sprache nach Chomsky.....	31
3.3.2	Organisation von Denken und Sprechen nach Vygotskij .....	33
3.4	Hypothesen zur Sprachanalyse.....	34
4	Sprachliche Voraussetzungen.....	35
4.1	Sprachliche Anforderungen an den BU .....	35
4.2	Entwicklung und Einsatz der Fachsprache .....	36

4.2.1	Anforderungen an die Unterrichtsgestaltung .....	38
4.2.2	Spracharbeit im Chemieunterricht .....	41
4.2.2.1	Erwerb der <i>Scientific Literacy</i> als Bildungskonzept.....	42
4.2.2.2	Förderung der sprachlichen Kompetenzen.....	43
4.2.2.3	Symbolisierungsformen im Chemieunterricht .....	45
4.2.2.4	Konstruktion von Konzepten in der Chemie .....	47
4.3	Sprachenlernen im fremdsprachlichen Unterricht .....	50
4.4	Verfügbarkeit sprachlicher Mittel .....	51
4.4.1	Grammatik .....	51
4.4.2	Wortschatz.....	52
4.4.3	Aussprache und Intonation.....	53
4.4.4	Sprachstrategien.....	54
4.4.5	Umsetzung der sprachlichen Voraussetzungen im Fach Englisch.....	56
5	Entwicklung und Durchführung der Studie I.....	58
5.1	Didaktische Vorüberlegungen .....	58
5.2	Schulische Rahmenbedingungen.....	61
5.3	Forschungsfragen .....	62
5.4	Forschungsinstrumente.....	63
5.5	Unterrichtsplanung .....	67
5.5.1	Übergeordnete Lernziele.....	67
5.5.2	Überblick über die gesamte Unterrichtsreihe.....	68
5.6	Hospitationsphase.....	70
5.6.1	Beobachtungen im Unterricht.....	70
5.6.1.1	Vorwissen zum Thema Säuren .....	72
5.6.1.2	Vorwissen zum Thema Laugen.....	73
5.6.2	Concept Maps.....	74
5.6.2.1	Durchführung .....	74
5.6.2.2	Aufgabenstellung .....	74
5.6.2.3	Auswertung der Einzelaufgaben.....	75
5.7	Beobachtungen und Ergebnisse .....	78
5.7.1	Stundenverlauf Stunde 1.....	80
5.7.1.1	Experimenteller Einstieg zur Neutralisation .....	81
5.7.1.2	Unterrichtsbeobachtungen Stunde 1 .....	82
5.7.1.3	Experimentelles Arbeiten .....	83
5.7.1.4	Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase .....	84
5.7.1.5	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch.....	86
5.7.2	Stundenverlauf Stunde 2.....	87

5.7.2.1	Auswertungsfragen .....	88
5.7.2.2	Unterrichtsbeobachtungen Stunde 2 .....	89
5.7.2.3	Gesprächsanalyse Partnerarbeit .....	89
5.7.2.4	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	89
5.7.3	Stundenverlauf Stunde 3 .....	92
5.7.3.1	Experimentelle Untersuchung der Neutralisation .....	93
5.7.3.2	Auswertungsfragen .....	94
5.7.3.3	Experimentelles Arbeiten .....	95
5.7.3.4	Gesprächsanalyse Demonstrationsexperiment .....	96
5.7.3.5	Gesprächsanalyse Gruppenarbeit .....	97
5.7.3.6	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	98
5.7.4	Stundenverlauf Stunde 4 .....	100
5.7.4.1	Gesprächsanalyse Erarbeitungsphase I .....	101
5.7.4.2	Gesprächsanalyse des Think-Pair-Share .....	102
5.7.5	Stundenverlauf Stunde 5 .....	107
5.7.5.1	Gesprächsanalyse Tandemübung .....	108
5.7.5.2	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	109
5.7.6	Unterrichtsplanung Stunde 6 .....	110
5.7.6.1	Auswertung Concept Maps .....	110
5.7.6.2	Auswertung Fragebogen zur Selbsteinschätzung .....	113
5.8	Hospitation in einer bilingualen Klasse .....	120
5.8.1	Stundenverlauf .....	120
5.8.2	Gesprächsanalyse .....	120
5.9	Ergebnis Studie I .....	123
6	Entwicklung und Durchführung Studie II .....	127
6.1	Didaktische Vorüberlegungen .....	127
6.2	Schulische Rahmenbedingungen .....	128
6.3	Forschungsfragen .....	129
6.4	Unterrichtsplanung .....	130
6.4.1	Experiment zur Übertragung der allgemeinen Reaktionsgleichung auf weitere Säuren .....	130
6.4.1.1	Durchführung und Beobachtung .....	130
6.4.1.2	Auswahl der verwendeten Säuren .....	132
6.4.2	Überblick Unterrichtsreihe .....	134
6.5	Hospitationsphase .....	136
6.5.1	Beobachtungen im Unterricht .....	136
6.5.1.1	Vorwissen zum Thema Säuren .....	138

6.5.1.2	Vorwissen zum Thema Laugen .....	139
6.5.2	Concept Maps .....	139
6.6	Beobachtungen und Ergebnisse .....	142
6.6.1	Stundenverlauf Stunde 1 .....	142
6.6.1.1	Experimentelles Arbeiten .....	143
6.6.1.2	Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase .....	143
6.6.1.3	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	144
6.6.2	Stundenverlauf Stunde 2 .....	145
6.6.2.1	Gesprächsanalyse Partnerarbeit .....	145
6.6.2.2	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	145
6.6.3	Stundenverlauf Stunde 3 .....	147
6.6.3.1	Gesprächsanalyse Demonstrationsexperiment .....	147
6.6.3.2	Gesprächsanalyse Gruppenarbeit .....	148
6.6.3.3	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	148
6.6.4	Stundenverlauf Stunde 4 .....	150
6.6.4.1	Experimentelles Arbeiten .....	151
6.6.4.2	Gesprächsanalyse Einstiegsphase .....	152
6.6.4.3	Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase .....	153
6.6.4.4	Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch .....	153
6.6.4.5	Gesprächsanalyse des Think - Pair - Share .....	156
6.6.5	Unterrichtsplanung Stunde 5 .....	157
6.6.5.1	Auswertung Concept Maps .....	157
6.6.5.2	Auswertung Selbsteinschätzung .....	159
6.7	Ergebnis Studie II .....	165
7	Zusammenfassung und Ausblick .....	166
8	Abbildungsverzeichnis .....	169
9	Tabellenverzeichnis .....	171
10	Literaturverzeichnis .....	173
11	Anhang .....	178
11.1	Concept Maps .....	178
11.1.1	Arbeitsblatt zum Erstellen einer Concept Map .....	178
11.1.2	Beispiele für Concept Maps nach der Hospitationsphase .....	179
11.1.3	Beispiele für Concept Maps nach dem BU .....	181
11.2	Stundenverlaufspläne Studie I .....	183

11.3	Arbeitsmaterialien .....	187
11.3.1	Vokabelliste zur Vorbereitung des BU .....	187
11.3.2	Experiment zur Einführung der Neutralisation .....	188
11.3.3	Experiment zur Untersuchung der Neutralisationsprodukte.....	189
11.3.4	Tandembogen zur Sicherung der erarbeiteten Inhalte.....	190
11.3.5	Informationstext zur Einführung des Stoffmengenbegriffs .....	191
11.4	Studie II.....	192
11.4.1	Verlaufsplan zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren .....	192
11.4.2	Experiment zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren .....	193
11.5	Selbsteinschätzung nach Likert.....	194

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACT	adaptive control of thought
BICS	basic interpersonal communicative skills
BU	bilingualer Unterricht
(aq)	<i>aqueous</i> , d.h. in Wasser gelöst vorliegend
c	Konzentration
CALP	cognitive academic language proficiency
CLIL	content and language integrated learning
EEG	Elektroenzephalografie
EU	Europäische Union
(g)	<i>gaseous</i> , d.h. gasförmig
GAT	Gesprächsanalytische Transkription
GYM	Gymnasium
(l)	<i>liquid</i> , d.h. flüssig
KLP	Kernlehrplan
KMK	Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Bundesrepublik Deutschland
L	Liter
mol	Mol
MSW-NRW	Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen
RS	Realschule
s	Sekunde
(s)	<i>solid</i> , d.h. fest
Sek I	Sekundarstufe I
Sek II	Sekundarstufe II
V	Volumen
vgl.	vergleiche
zit.	zitiert

# 1 Einleitung und Zielsetzung

Bilinguale Unterrichtsangebote erfreuen sich an deutschen Schulen immer größerer Beliebtheit und haben sich daher ausgehend von der gymnasialen Bildung auch an andere Schulformen der Sekundarstufen, aber auch in der Primarstufe etabliert und werden in allen Bundesländern angeboten. Dieses flächendeckende Angebot kann für den bilingualen Chemieunterricht noch nicht gefunden werden, daher fristet er im Vergleich zu den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern noch ein Schattendasein [1]. Es darf sich daher die Frage stellen lassen ob dies dem Anspruch des bilingualen Unterrichts, der verstärkten fremdsprachlichen und kulturellen Bildung gerecht wird.

A. Bonnet geht davon aus, dass der bilinguale Chemieunterricht einen wichtigen Beitrag dazu leisten kann, die Natur der chemischen Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln [2]. Ein wichtiger Aspekt beim Einsatz des bilingualen Chemieunterrichts ist, dass die chemische Fachsprache aus dem Wesen der Chemie, der analytisch-rationalen Denk- und Ausdrucksweise mit dem Anspruch der Reproduzierbarkeit der experimentellen Erkenntnisse, selbst entstanden ist. Die Verwendung der Fremdsprache, ohne dass sie zum eigentlichen Unterrichtsgegenstand wird, verstärkt durch die reduzierten kommunikativen Möglichkeiten den Fremdheitscharakter, der durch den Konflikt zwischen ganzheitlicher Weltanschauung der Schülerinnen und Schüler<sup>1</sup> und dem rational-fachwissenschaftlichen Charakter des Chemieunterrichts entsteht [3]. Dadurch kann das Augenmerk stärker auf naturwissenschaftliche Denk- und Sichtweisen gelegt werden, so dass der bilinguale Unterricht einen Beitrag zur Bildung der naturwissenschaftlichen Denk“kultur“ liefert. Die Fachsprache kann innerhalb des Unterrichts einen wichtigen Beitrag zur sprachlichen und fachlichen Bildung liefern, denn ihre Eigenheiten, vor allem die der Symbolsprache, können diese zu einem Bindeglied zwischen der normalen Unterrichtssprache oder Verkehrssprache Deutsch und der Fremdsprache werden lassen und so das fachliche Verstehen fördern. Zugleich decken die reduzierten Ausdrucksmöglichkeiten in der Fremdsprache eher als dies bei der Unterrichtskommunikation in der Verkehrssprache geschieht, fachliches Missverstehen bzw. Wissens- und Kompetenzlücken auf.

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit den Möglichkeiten, die der bilinguale, englischsprachige Chemieunterricht den Lehrenden bietet, um über die Verwendung der Sprache Rückschlüsse auf mentale Repräsentationen und kognitive Verarbeitung der fachlichen Inhalte zu ziehen. Der Sprachgebrauch der Lernenden, die mit der

---

<sup>1</sup> Im Folgenden werden zur besseren Lesbarkeit nur die Begriffe Schüler, Lehrer, Lerner verwendet. Diese Form schließt jeweils die männliche und weibliche Form ein.

Schwierigkeit, sprachliches und fachliches Lernen zu verknüpfen, konfrontiert werden, wird in den Fokus gerückt. Es wird im Rahmen einer qualitativen Unterrichtsstudie dargestellt, wie die inhaltliche Analyse des Fachsprachgebrauchs der Lernenden Rückschlüsse auf das Vorhandensein fachlicher Konzepte zulässt. Die Verwendung der Symbolsprache liegt dabei im Zentrum der Betrachtung, da diese aufgrund ihrer zugrundeliegenden abstrakten Modellvorstellungen sprachunabhängig von Verkehrs- oder Fremdsprache verwendet werden sollte. Zur Einleitung wird zunächst der Begriff *bilingualer Unterricht* definiert und mit seinen Ausprägungen innerhalb des deutschen Schulsystems erläutert. Die Position des Chemieunterrichts innerhalb dieser Unterrichtsform wird dabei gesondert betrachtet. Die Forschungslage dazu wird vorgestellt, aus der eigene Forschungsfragen abgeleitet werden.

Im Anschluss wird die Rolle der Sprache bei kognitiven Prozessen im Allgemeinen und im Bereich der Chemie im Besonderen betrachtet und daraus werden Hypothesen zur Entwicklung der Forschungsfragen abgeleitet. Es folgt dann eine Betrachtung der Rolle der Fachsprache im Chemieunterricht und die daraus resultierenden kognitiven Anforderungen an die Lerner, wobei das Augenmerk vor allem auf den einzelnen Abstraktionsniveaus liegt, die innerhalb der chemischen Denkprozesse durchlaufen werden. Im theoretischen Teil beschäftigt sich diese Dissertation abschließend mit den sprachlichen Anforderungen im bilingualen Unterricht und stellt vor allem die Fachsprache in den Zusammenhang fremdsprachlichen Lernens innerhalb der Sekundarstufe I.

Zur Untersuchung der Forschungsfragen und zur Überprüfung der damit verbundenen Hypothesen wurde eine qualitative Studie durchgeführt, für die eine bilinguale Unterrichtsreihe für die Klasse 9 an Gymnasium und Realschule zum Thema *The Neutralisation Reaction* entwickelt wurde. Die Auswahl der fachlichen Inhalte wird mithilfe der Kernlehrpläne begründet. Diese Studie, die in zwei Durchläufen in insgesamt sechs Schulklassen durchgeführt wurde, wird mit den dazugehörigen Forschungsinstrumenten vorgestellt und mit ihren Beobachtungen und Ergebnissen in Bezug auf die vorgestellten Forschungsfragen und Hypothesen präsentiert und diskutiert. Ein Ausblick schließt die Diskussion ab.

## 2 Grundlagen Bilingualer Unterricht

### 2.1 Begriffsbestimmung

Bilingualer Unterricht (BU) leitet sich von dem lateinischen Begriff *bilinguis* ab, der zweizünftig, zweisprachig bedeutet. Diese Unterrichtsform ist die Verschmelzung von sachfachlichen und sprachlichen Inhalten, dies bedeutet normalerweise in der schulischen Praxis, dass der fachliche Diskurs im Sachfachunterricht, d.h. in einem nicht-sprachlichen Fach in einer anderen Sprache als der normalen Unterrichtssprache durchgeführt wird. Der Unterricht wird dabei von der Lehrkraft des Sachfachs erteilt. Im Regelfall handelt es sich bei der verwendeten Unterrichtssprache im BU um eine der Fremdsprachen, die an der jeweiligen Schule auch im regulären Fächerkanon vertreten ist. Es kann sich aber auch um eine landesspezifische Zweitsprache<sup>2</sup> oder eine regionale Minderheitensprache<sup>3</sup> handeln. Es bietet sich daher an, in diesem Kontext streng genommen den Begriff *Verkehrssprache* zu verwenden [4]. Die Wahl der Verkehrssprache ist dabei frei, in der Hauptsache werden in Deutschland die Fremdsprachen Französisch und Englisch zur Anwendung gebracht, die in allen Bundesländern angeboten werden. Italienisch und Spanisch werden in der Hälfte aller Bundesländer angeboten [1]. Innerhalb der Europäischen Union (EU) ist der BU weit verbreitet, in nahezu allen Mitgliedsstaaten existiert ein entsprechendes Angebot [5]. Die Sprachenpolitik der EU mit der Zielvorgabe *Muttersprache + 2*, d.h. jeder Bürger beherrscht neben seiner Muttersprache zwei Fremdsprachen, stellt eine Grundlage für das wachsende Angebot an bilingualer Bildung dar. Die Entwicklung der fremdsprachlichen Kompetenz ist daher ein wichtiges Bildungsziel innerhalb der EU [6].

Die Lehrer, die bilingual unterrichten, besitzen in der Regel eine Lehrbefähigung für das Sachfach und die entsprechende Fremdsprache. Lehrer, die kein Studium der Fremdsprache absolviert haben, können die entsprechenden Kenntnisse auch durch den Nachweis des Niveaus C1 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens für Sprachen (vgl. S. 19) erbringen[7].

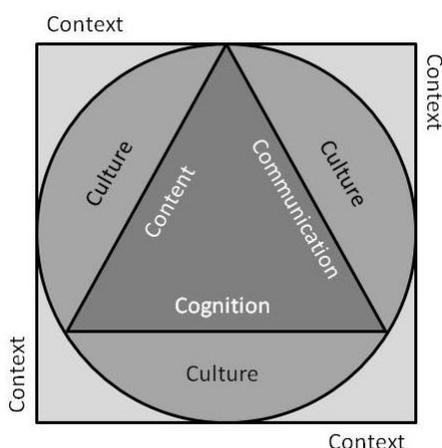
Im internationalen Bereich spricht man von *Content and Language Integrated Learning* (CLIL), wobei eine strikte inhaltliche Abgrenzung zum BU nicht möglich und auch nicht

---

<sup>2</sup> Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von Englisch in der kanadischen Provinz Quebec, wo Französisch als Erstsprache zur Anwendung gelangt und Englisch im öffentlichen Leben als (nahezu) gleichberechtigte Zweitsprache zählt. Im europäischen Bereich stellt Malta ein Beispiel dar, wo an allen Schulen bilingualer Unterricht (normale Unterrichtssprache Maltesisch, Verkehrssprache BU Englisch) angeboten wird, wobei beide Sprachen offizielle Amtssprachen darstellen [5].

<sup>3</sup> In der Lausitz (Bundesland Brandenburg) wird Sorbisch als regionale Minderheitensprache gesprochen, im Rahmen des BU gehört Sorbisch zum Unterrichtsangebot [1].

sinnvoll ist, da beide Konzepte eine identische Zielsetzung beinhalten, nämlich „fachlich-inhaltliches und fremdsprachliches Lehren und Lernen zum Wohle der Schülerinnen und Schüler zu verschmelzen“ [1, p. 7]. Beiden Konzepten ist ebenso gemein, dass die verwendete Verkehrssprache, bzw. Fremdsprache<sup>4</sup> selbst, im Gegensatz zum Fremdsprachenunterricht keinen Unterrichtsgegenstand darstellt, sondern wie Sprache generell im schulischen Lernen eher als ein Unterrichtsmittel betrachtet wird. BU darf daher trotz seiner positiven Auswirkung auf die fremdsprachlichen Kenntnisse der Lernenden nicht als zusätzlicher Fremdsprachenunterricht angesehen werden, sondern als ein Sachfachunterricht in einer Fremdsprache, da die fachlichen Inhalte und Arbeitsweisen des jeweiligen Sachfachs im Vordergrund stehen und es auf der sprachlichen Ebene um die Entwicklung von fachbezogenen sprachlichen Kompetenzen zur Entwicklung einer fachlichen Diskursfähigkeit geht. Besser wird dieser Aspekt noch beschrieben durch das von Coyle, Hood und Marsh entwickelte *4Cs framework* innerhalb des CLIL-Konzepts, einem holistischen Rahmenkonzept, das sich auf die vier Dimensionen des CLIL-Unterrichts bezieht [4]:



**Abbildung 1:** Darstellung der Dimensionen innerhalb des 4Cs framework [[4], p. 41]

Es lässt sich daraus ablesen, dass sich die Dimensionen Content (Inhalt), Cognition (Kognition) und Communication (Kommunikation, Sprache) innerhalb der Dimension Culture (Kultur) gegenseitig bedingen und ergänzen, im Prinzip also einer symbiotischen Beziehung unterliegen. Das Rahmenkonzept zeigt aber auch, dass eine kontextuelle Einbettung aller Dimensionen zum effektiven Lehren und Lernen notwendig ist. Einzeln betrachtet lassen sich die Dimensionen mit ihrer Bedeutung für den Unterricht folgendermaßen beschreiben und definieren [ebd.]:

<sup>4</sup> Im Folgenden wird der Begriff *Fremdsprache* verwendet, da sich diese Dissertation mit Englisch als Verkehrssprache beschäftigt, die für die Lernenden im Regelfall eine Fremdsprache darstellt.

Dimension	Bedeutung im Unterricht
Content	Zu erwerbende fachliche Inhalte, die nur durch das entsprechende Sachfach vorgegeben sind, d.h. Vorgaben durch den Kernlehrplan.
Cognition	Kognitive Fähigkeiten, die sich auf das Sachfach beziehen, d.h. die Kompetenzen und mentalen Prozesse, die beim Erlernen und Anwenden fachlichen Wissens involviert sind.
Communication	Fremdsprachliche Interaktion zwischen Schüler-Lehrer, Schüler-Schüler sowie Schüler-Unterrichtsmaterial, d.h. rezeptive und produktive Verwendung der Sprache
Culture	Interkulturelles Lernen an der Schnittstelle von eigener Kultur und Kultur der Zielsprache mit dem Ziel, die eigenen Ansichten vor dem Hintergrund kultureller Diversität auf kognitiver und emotionaler Ebene kritisch zu reflektieren. Die kulturelle Dimension ist allerdings für jedes Sachfach unterschiedlich stark ausgeprägt und kommt vor allem im gesellschaftswissenschaftlichen Bereich zum Tragen.

**Tabelle 1:** Dimensionen im CLIL-Konzept und ihre Bedeutung im Unterricht [4]

Im Vergleich zu diesem Rahmen, der durch das CLIL-Konzept vorgegeben wird, ist der Begriff *bilingualer* Unterricht eigentlich irreführend, da er impliziert, dass das Ergebnis bei den Lernenden eine *echte Bilingualität*, also Zweisprachigkeit sei, wie sie bei Kindern, die mit zwei Muttersprachen in mehrsprachigen Familien aufwachsen, zu beobachten ist. Dies kann aber durch die institutionellen Rahmenbedingungen nicht der Fall sein, da dazu der Sprachkontakt zu gering ausfällt und sich dazu nur auf einen engen fachlichen Zusammenhang bezieht. Trotz dieser Einschränkung hat sich der Begriff bilingualer Unterricht als offizielle Bezeichnung in Deutschland durchgesetzt [8]. Da in Deutschland für den BU seitens der Lehrer eine gewisse Bilingualität in Bezug auf die Unterrichtssprachen vorausgesetzt wird [7], ist diese Terminologie durchaus sinnvoll. In Kapitel 4 werden die sprachlichen Anforderungen an den BU vorgestellt, aus denen sich dennoch eine Rechtfertigung für diese Terminologie ableiten lässt.

## 2.2 Entwicklung des bilingualen Unterrichts

### 2.2.1 Ursprung des BU in Deutschland

Der Ursprung für die Einrichtung bilingualer Bildungsangebote in Deutschland findet sich im Élysée-Vertrag über die deutsch-französische Zusammenarbeit vom 22. Januar 1963, was vor allem primär zur Einführung französischsprachiger Angebote führte. Inhaltlich

standen vor allem die Gesellschaftswissenschaften im Fokus, da der BU vor allem eine sprachliche und kulturelle Annäherung bewirken sollte. Der BU entwickelte sich in den folgenden Jahrzehnten stetig, was auch vor allem dem zunehmenden Einfluss des Englischen als globale Wissenschafts- und Arbeitssprache geschuldet war. Durch die Öffnung der europäischen Grenzen kann seit der Jahrtausendwende ein rapider Anstieg an bilingualen Angeboten beobachtet werden [1]. Eine statistische Erhebung seitens der Kultusministerkonferenz (KMK) zeigt, dass die Zahl von bundesweit 336 Schulen im Jahr 1999 auf mehr als 1500 Schulen im Jahr 2013 zunahm, wobei vor allem das Land Nordrhein-Westfalen eine Vorreiterrolle einnahm, indem der BU ausgehend vom Gymnasium auch auf andere Schulformen, wie Realschulen, Gesamtschulen und auch Grundschulen ausgeweitet wurde [ebd.].

### **2.2.2 Zielsetzung des BU**

Die Verwendung der Fremdsprache im Sachfachunterricht führt zu authentischen und handlungsorientierten Sprechanschlüssen. Das Ergebnis ist demnach eine qualitative und quantitative Verbesserung der Fremdsprachenkenntnisse der Schüler. Inhaltlich orientiert sich der BU an den Vorgaben der Kernlehrpläne des Sachfachs, wobei gerade in gesellschaftswissenschaftlichen Bereich die Stärkung der interkulturellen Kompetenz innerhalb des *4Cs framework* (vgl. S. 15, Tab.1) eine besondere Rolle erfährt, da die unterschiedlichen Sprachen eine Betrachtungsweise erlauben, bei der kulturelle Unterschiede, die sich im Sprachgebrauch niederschlagen, verglichen werden können. Im Zusammenhang mit authentischen Quellen kann seitens der Schüler ein Perspektivwechsel zwischen der eigenen und der Zielsprachenkultur vollzogen werden [9]. Im naturwissenschaftlichen Bereich kann ebenfalls unter dem Kompetenzbereich *Bewerten* die interkulturelle Kompetenz ausgebildet werden, der Kernlehrplan fordert dazu das Einnehmen unterschiedlicher Perspektiven bei der Diskussion und der Bewertung gesellschaftsrelevanter Aspekte, wobei gerade im naturwissenschaftlichen Bereich die globale Dimension eine zunehmende Rolle spielt [10].

Insgesamt gesehen können die im Lehrplan gegebenen Freiräume durch den interkulturellen Diskurs ausgefüllt werden. Dabei vermittelt der BU neben den Sachfachkompetenzen einen vertieften Einblick in die Kulturräume der gewählten Arbeitssprache, der durch den normalen Fremdsprachenunterricht nicht in dieser Form erreicht wird, da dort keine sachfachspezifischen kommunikativen Strukturen erarbeitet werden.

Zusammengefasst befähigt der BU die Schüler „die Fremdsprache zur Information und Kommunikation über Sachverhalte und Probleme fachspezifisch zu verwenden [...] und

im Sinne der Wissenschaftsorientierung zur Teilnahme an internationaler fachlicher Kommunikation.“ [11, p. 8]. Der Erwerb von Fremdsprachen wird durch die zunehmende Globalisierung immer mehr zur Schlüsselkompetenz, um auf einem sich international öffnenden Arbeitsmarkt bestehen zu können. Mehrsprachigkeit in Wort und Schrift sind die Grundlage für einen direkten Kontakt und gegenseitiges Verstehen in einem geeinten Europa. Die Sprachensituation innerhalb der EU mit ihrer Gleichberechtigung mehrerer Nationalsprachen ist weltweit einmalig [11]. Dies wird auch reflektiert durch ein europaweites Angebot von BU, welches in fast allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union für Schüler, vor allem in den Sekundarstufen, aber auch in den Primarstufen zugänglich ist. Im europaweiten Vergleich liegen dabei als Zielsprache im BU Englisch, Französisch, Deutsch, Spanisch und Italienisch weit vorn. Dazu kommt auch in Mitgliedsstaaten mit Minderheitssprachen, dass auch diese als Zielsprache zur Anwendung gelangen, dies gilt in Deutschland für die Sprachen Dänisch in Teilen von Schleswig-Holstein und Sorbisch in Teilen von Brandenburg [5].

### **2.3 Schulische Organisation des BU**

Für den BU haben sich in Deutschland in allen Bundesländern für den Unterricht an staatlichen Schulen in der Praxis drei Organisationsformen etabliert, wobei hier allerdings nur der BU an weiterführenden Schulen betrachtet wird, obwohl sich Formen des BU auch zunehmend auch in der Primarstufe etablieren [1].

Allen Organisationsformen ist gemein, dass neben einem BU, der durchgängig in der Fremdsprache abgehalten wird und daher streng genommen als *monolingual fremdsprachlicher Sachfachunterricht* bezeichnet werden müsste, in erster Linie auch Mischformen existieren, in denen die Zielsprache und die übliche Verkehrssprache Deutsch phasenweise gleichzeitig zum Einsatz kommen. Dies ist vor allem von Bedeutung, da Sicherheit in der Terminologie und Fachsprache in beiden Sprachen als Unterrichtsziel erreicht werden soll. Unabhängig von der gewählten Unterrichtsform ist eine Koordination von fremdsprachlichem und fachlichem Lernen für einen erfolgreichen BU unerlässlich. Der reguläre Fremdsprachenunterricht in der gewählten Zielsprache erarbeitet die sprachlichen Grundvoraussetzungen für den BU. Dazu zählen allgemeine produktive und rezeptive kommunikative Fähigkeiten, Lern- und Arbeitstechniken, v.a. Wortschließungstechniken, grammatische Grundlagen, um sich sprachlich angemessen ausdrücken zu können und eine verstärkte Lesekompetenz, um fremdsprachliche Sachtexte erschließen zu können. Auf diesem Fundament baut der BU die

fachsprachlichen Kompetenzen auf, so dass als Ziel eine fachlich und sprachlich angemessene Erschließung, Bearbeitung und Darstellung der Inhalte erfolgen kann [11].

Allen Unterrichtsformen ist gemein, dass sie in der Sekundarstufe I unabhängig von der Schulform angeboten werden können und auch durchlässig angelegt werden sollen. So können z.B. in Nordrhein-Westfalen unter dem Programm „Bilingual für alle“, welches von der Landesregierung initiiert wurde, alle weiterführenden Schulen bilinguale Unterrichtsangebote einrichten, um möglichst vielen Schülern die Anwendung ihrer fremdsprachlichen Kenntnisse im fachlichen Diskurs zu ermöglichen. Es besteht dabei keine Einschränkung, in welchen Sachfächern der Unterricht erteilt wird. Dieses Programm steht damit auch im Zusammenhang einer berufsorientierenden Förderung, da die fremdsprachliche Diskursfähigkeit zunehmend Einfluss im Berufsalltag nimmt [7]. Ihre Stellung innerhalb von Wissenschaft und Forschung ist schon seit längerem unbestritten. Dieser Aspekt findet sich auch wieder in der EU-Forderung *Muttersprache + 2*<sup>5</sup>, da diese zur wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit der EU beitragen soll [6].

### 2.3.1 Bilinguale Züge

Der BU findet hier im Klassenverband statt, d.h. innerhalb einer Jahrgangsstufe einer Schule wird mindestens eine Klasse als bilinguale Klasse geführt. Dieses Angebot ist dabei in vielen Fällen an eine Begabtenförderung geknüpft, d.h. die Schulen knüpfen den Zugang zu den Klassen an bestimmte Leistungskriterien, die sie anhand der Zeugnisse der Grundschule feststellen. Die Vorbereitung auf den BU findet dabei bereits mit dem Eintritt in die weiterführende Schule statt. In den Klassen 5 und 6 findet verstärkter Sprachunterricht in der Zielsprache statt (in der Regel 1-2 Unterrichtsstunden pro Woche mehr als in nicht-bilingualen Klassen). Diese Zusatzstunden werden häufig dem allen Schüler zur Verfügung stehenden Förderdeputat entnommen. In der Stufe 7 schließt sich dann der erste reguläre BU an. Das entsprechende Sachfach wird durchgängig in der Zielsprache unterrichtet, wobei auch hier häufig eine Erhöhung der Wochenstundenzahl um eins zu beobachten ist um das fachliche Verständnis abzusichern. Die Ausgestaltung dieser Zusatzstunde kann seitens der Schule sehr variabel gestaltet werden. In manchen Schulen wird diese Zusatzstunde in der üblichen Verkehrssprache Deutsch abgehalten, andere Schulen haben die Möglichkeit muttersprachliche Fremdsprachenassistenten zu beschäftigen, die dann in den Zusatzstunden eingesetzt werden. In den weiteren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I schließen sich dann weitere Sachfächer in der

---

<sup>5</sup> Diese EU-Forderung sieht vor, dass jeder EU-Bürger neben seiner Muttersprache über fundierte Sprachkenntnisse in zwei weiteren Amtssprachen der EU verfügen sollte [6].

Zielsprache an. Die Verwendung der Zusatzstunde kann auch dazu führen, dass in der entsprechenden Fremdsprache der Unterricht um eine Wochenstunde reduziert wird [1].

In Bildungsgängen, die zum Erwerb der Hochschulreife führen, können dann spezielle Zusatzqualifikationen bzw. Abschlüsse in der Sekundarstufe II erworben werden, die international anerkannt werden können. Dazu gehören die Doppelabschlüsse AbiBac, AbiBachi oder das International Baccalaureat<sup>6</sup>, sowie das CertiLingua, ein Exzellenzlabel für mehrsprachige und internationale Kompetenzen. Zum Erwerb des Doppelabschlusses wird in der Regel in der Einführungsphase ein bilinguales Sachfach gewählt, welches in der Qualifikationsphase als bilingualer Grundkurs fortgeführt wird und die entsprechende Fremdsprache als Leistungskurs belegt wird. Der Grundkurs wird im Abitur als mündliches Prüfungsfach geführt, um die Zusatzqualifikation zu erlangen. Im Bereich des CertiLingua weisen die Schüler neben bilingualer Sachfachkompetenz eine hohe Kompetenz in zwei Fremdsprachen auf (Niveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens [12]<sup>7</sup>) sowie internationale Handlungsfähigkeit auf [1].

### **2.3.2 Durchgängiger bilingualer Sachfachunterricht**

Bei dieser schulischen Organisationsform wird der BU über mindestens ein Schuljahr geführt um damit einen entsprechenden Qualifikationsvermerk im Zeugnis zu ermöglichen. Dies kann in allen Jahrgangsstufen der Sekundarstufen I oder II geschehen. In der Sekundarstufe I wird dieses Angebot häufig im Differenzierungsbereich geführt um interessierten Schülern den Zugang zum BU zu ermöglichen oder zusätzlich zum einem bereits bestehenden bilingualen Angebot in Form eines bilingualen Zuges das Fremdsprachenangebot zu erweitern. In der Sekundarstufe II wird allerdings der BU durch die gesamte Qualifikationsphase geführt um damit den Zugang zum CertiLingua zu ermöglichen. Das Sachfach muss dabei allerdings nicht Abiturfach sein. Allerdings wird jedoch der durchgängige BU in der Sekundarstufe II häufig mit einer fremdsprachlichen mündlichen oder schriftlichen Prüfung in dem Sachfach abgeschlossen. Diese Unterrichtsform kann dabei mit einer Reduzierung des entsprechenden Fremdsprachenunterrichts am Ende der Sekundarstufe I einhergehen [1]. In NRW ist diese Unterrichtsform generell ab der Jahrgangsstufe 9, an Gymnasien ab Jahrgangsstufe 8

---

<sup>6</sup> Diese internationalen Abschlüsse, die zusätzlich erworben werden, unterscheiden sich in ihrer Zielsprache: AbiBac – Französisch, AbiBachi – Spanisch, International Baccalaureat – Englisch.

<sup>7</sup> Der Gemeinsame Europäische Referenzrahmen für Sprachen ist eine vom Europarat entwickelte Empfehlung um die fremdsprachliche Kompetenz innerhalb Europas vergleichbar zu machen. Der Referenzrahmen sieht sechs Niveaustufen vor, das Niveau B2 beschreibt eine selbständige Sprachverwendung, die z.B. eine spontane und fließende Verständigung mit Muttersprachlern ermöglicht [12].

vorgesehen. Zur Einführung muss dazu ein entsprechender Beschluss der Schulkonferenz vorliegen [7].

### **2.3.3 Modularer bilingualer Unterricht**

Der Unterricht in Modulen, die einen phasenweisen oder epochalen bilingualen Unterricht beschreiben, ist gekennzeichnet durch eine größere Flexibilität. Der Zeitraum ist nicht festgeschrieben, es kann sich also dabei genauso um ein zeitlich eng begrenztes Projekt wie auch um eine periodisch wiederkehrende Unterrichtsform innerhalb eines Spiralcurriculums handeln. Bilinguale Module finden ihren Einsatz häufig in projektbezogenem oder berufsvorbereitendem Unterricht. Durch die Module erhalten die Schüler einen Einblick in authentische Sprachanlässe, z.B. durch die Arbeit mit fremdsprachlichen Originaltexten. Allen Modulen ist gemein, dass sie nicht die Dauer eines ganzen Schuljahres erreichen. Der Unterricht in modularer Form wird erst seit etwa 20 Jahren angeboten [13].

Der modulare BU basiert oft auf der Initiative einzelner Lehrkräfte. Eine Begrenzung auf ein Sachfach oder eine Jahrgangsstufe gibt es dabei nicht, somit kann der BU theoretisch allen Schülern zugänglich gemacht werden. Es erfolgt durch die Einzelinitiativen auch in der Regel keine sprachliche Begleitung durch den Fremdsprachenunterricht, wie es bei bilingualen Zügen (vgl. 2.3.1.) der Fall ist. Module im BU müssen daher in der Vorbereitung sprachlich vorentlastet werden, so dass die fachlichen Inhalte allen Schülern zugänglich gemacht werden können. Während des Unterrichts werden häufig Fremdsprache und die reguläre Verkehrssprache nebeneinander eingesetzt, damit das fachliche Verständnis in beiden Sprachen gewährleistet werden kann. Es bieten sich für diesen funktionalen Einsatz mehrere Unterrichtsphasen an, z.B. in Gruppenarbeitsphasen oder zur Erläuterung abstrakter Inhalte in Unterrichtsgesprächen [13].

Eine systematische Erfassung über die Durchführung von bilingualen Modulen liegt bisher nicht vor, allerdings ist bekannt, dass bilinguale Module in fast allen Bundesländern angeboten werden [1].

## **2.4 Fächerkanon**

Bei der Betrachtung der Fächerkanons fällt auf<sup>8</sup>, dass, obwohl die Wahl der Fächer für den BU den Schulen freigestellt ist, der Großteil der bilingual unterrichteten Fächer dem

---

<sup>8</sup> Es können hier nur Daten innerhalb von bilingualen Bildungsgängen oder durchgängigem BU sowie fest etablierten Modulen dargestellt werden, da nur diese statistisch erfasst sind. Modularer Unterricht wird statistisch nicht erfasst [1].

gesellschaftswissenschaftlichen Bereich entstammt. Es sind hauptsächlich Erdkunde/Geographie<sup>9</sup>, Geschichte, Politik und Sozialwissenschaften, die bilingual unterrichtet werden, wobei fast durchgängig Englisch und Französisch die entsprechenden Fremdsprachen darstellen. Das spiegelt auch das Ziel des interkulturellen Lernens, das mit dem BU erreicht werden soll und primär zur Etablierung dessen führte (vgl. 2.2), wider. Diese Fächer werden durchgängig in allen Bundesländern angeboten, wobei Geographie häufig als erstes Sachfach, v.a. in bilingualen Zügen eingeführt wird. Dies wird mit der Anschaulichkeit der Inhalte und der deskriptiven Form der Sprachhandlungen im Unterricht begründet. Neben den Gesellschaftswissenschaften nehmen auch die Fächer Kunst, Musik und Sport zunehmend einen großen Raum ein, die im Vergleich zu den anderen Fächern verstärkt in der Primarstufe Anwendung finden. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Bereich wird in der Regel durch das Fach Biologie abgedeckt, welches beinahe flächendeckend angeboten wird. Hier ist vor allem Englisch als Fremdsprache dominant während Französisch nur eine untergeordnete Rolle spielt und in nur zwei Bundesländern offeriert wird, während andere Sprachen überhaupt nicht zur Anwendung gelangen. Mathematik wird in elf Bundesländern bilingual unterrichtet, während Chemie und Physik in jeweils sieben Bundesländern zum bilingualen Unterrichtsangebot zählen, wobei hier Englisch in allen partizipierenden Bundesländern als Zielsprache angeboten wird [1]. Die Rolle des Chemieunterrichts innerhalb des BU wird nun im folgenden Abschnitt genauer beleuchtet.

## **2.5 Das Fach Chemie im bilingualen Unterricht**

### **2.5.1 Die Situation des BU im Fach Chemie**

Obwohl die Machbarkeit des bilingualen englischsprachigen Chemieunterrichts belegt ist [14], ist diese Unterrichtsform nach wie vor, wie im Abschnitt 2.4. dargestellt, im Vergleich zu anderen Sachfächern unterrepräsentiert. Während die gesellschaftswissenschaftlichen Fächer in der Regel flächendeckend in Form von bilingualen Zügen oder durchgängigem Unterricht angeboten werden, wird Chemie nur in sieben Bundesländern im Fächerkanon geführt. Dabei wird es allerdings in einem Bundesland nur in chemischen Ausbildungsgängen am Berufskolleg angeboten, sodass es im Bereich der Sekundarstufe I nur in sechs Bundesländern verfügbar ist, wobei hier zwei Bundesländer das Angebot nur in modularer Form führen [1]. In dieser Aufstellung sind die Initiativen einzelner

---

<sup>9</sup> Die Bezeichnung ist nicht einheitlich. In NRW wird z.B. die Bezeichnung Erdkunde für die Sek II und Geographie für die Sek I verwendet. Zur besseren Lesbarkeit wird die Bezeichnung Geographie verwendet.

Lehrer, die nicht durch Beschlüsse von Schulkonferenzen gesichert werden müssen, nicht aufgeführt, da diese statistisch nicht erfasst werden. Dies gilt allerdings gleichermaßen für alle anderen verfügbaren Unterrichtsfächer.

Bei der Ursachenforschung wird häufig die geringe Verfügbarkeit von Lehrkräften mit den entsprechenden Fakultäten bzw. Sprachkenntnissen als Hauptargument angeführt. Im Bundesland Bayern ist die Fächerkombination Chemie/Englisch für Lehrkräfte nicht möglich und wird daher auch in der universitären Ausbildung nicht offeriert [9]. Der BU im Fach Chemie geht häufig daher auf die Initiative von Lehrern zurück, die durch ihre Bildungsbiographie selbst eine hohe Affinität zur englischen Sprache aufweisen und dies durch geeignete Angebote in ihre Unterrichtsgestaltung einfließen lassen. Weitere Angebote stammen von Lehrern, die entsprechende Fortbildungsangebote besucht haben. Die bisher statistisch erfassten bilingualen Angebote werden in der Hauptsache in der Sekundarstufe I innerhalb der Gymnasialbildung offeriert [14].

Es ist allerdings nicht von der Hand zu weisen, dass das Fach Chemie nicht in der Tradition der gesellschaftswissenschaftlichen Fächer im BU steht, in denen die Vermittlung interkultureller Kompetenzen durch inhaltliche Verflechtungen augenscheinlich ist [2]. Dem gegenüber stehen aber Bemühungen wie die des Schulministeriums in Nordrhein-Westfalen, welches den BU für alle Fächer und Schulformen propagiert und dies auch durch entsprechende Verschiebungen innerhalb der Stundentafel unterstützt, allerdings als primäre Ziele des BU das fremdsprachliche Lernen und den Erwerb interkultureller Kompetenz angibt [7]. Eine eigene Stichprobe unter Chemielehrern<sup>10</sup> zeigte jedoch, dass die Rahmenvorgaben seitens des MSW-NRW unter der Prämisse „Bilingual für alle“ nicht bekannt sind.

Da jedoch die Vermittlung interkultureller Kompetenzen im Chemieunterricht nur schwierig auszumachen ist, muss die Rolle des Faches Chemie im Rahmen interkultureller Bildung innerhalb des BU anders definiert werden. So können im gesellschaftswissenschaftlichen Bereich für das interkulturelle Lernen vergleichsweise deutlich leichter Zielländer ausgemacht werden, z.B. im Bereich Politik bei dem Vergleich von Wahlsystemen. Hinzu kommt, dass es im Vergleich zu Französisch schwieriger ist, der englischen Sprache eine einheitliche Zielsprachenkultur zuzuordnen, da sie als Muttersprache oder Verkehrs- und Amtssprache in kulturell sehr unterschiedlich geprägten Ländern, die sich über alle Kontinente verteilen, verwendet wird [15].

---

<sup>10</sup> Es handelte sich hierbei um die Teilnehmer einer Fortbildungsveranstaltung für Chemielehrer aller Schulformen. Befragt wurden etwa 50 Lehrer aus Gymnasien und Realschulen. Eine systematische Erfassung fand dabei jedoch nicht statt. Das Ergebnis stellt den subjektiven Eindruck der Autorin dar.

Der englischen Sprache kommt im BU verstärkt die Rolle einer Lingua Franca zu, d.h. eine Verkehrssprache für Menschen aus verschiedenen Sprachräumen, die die Kommunikation in bestimmten Bereichen ermöglicht [16]. Englisch ist dabei die wichtigste Sprache zur Kommunikation zwischen Sprechern mit unterschiedlichen Herkunftssprachen ohne dass bei der Kommunikation englische Muttersprachler beteiligt sind. Die Zahl der Menschen, die Englisch als Zweit- oder Fremdsprache<sup>11</sup> sprechen ist größer als die Zahl englischer Muttersprachler [ebd.].

Die Rolle der Lingua Franca spielt Englisch in der Wissenschaft und im internationalen Handel und Verkehr, wo sie als Verkehrssprache innerhalb der mehrsprachigen Wissenschafts- und Wirtschaftsgemeinschaft dient. Dies sollte auch im BU aufgegriffen und reflektiert werden. Der naturwissenschaftliche Bereich ist daher prädestiniert Englisch als Wissenschaftssprache zu erarbeiten. Hierbei kann der Anspruch an den BU zur interkulturellen Bildung insofern interpretiert werden, dass die globale Wissenschaftskultur im Mittelpunkt steht. Es können allerdings auch naturwissenschaftliche Aspekte im Rahmen globaler Verflechtungen, z.B. die Energie- und Umweltpolitik in Deutschland und den USA differenziert betrachtet werden. Hierbei wird zum einen der Blick nach außen geschärft, zum anderen aber auch der Blick, der von außen auf das Eigene gerichtet wird, betrachtet und analysiert [15].

Ein wichtiger Aspekt, der für das Fach Chemie innerhalb des BU spricht, ist, dass die chemische Fachsprache aus dem Wesen der Chemie selbst entstanden ist. Im BU wird im Vergleich zum muttersprachlichen Sachunterricht die Sprache selbst stärker thematisiert ohne dass sie zum eigentlichen Unterrichtsgegenstand wird. Daher kann hier noch stärker das Augenmerk auf naturwissenschaftliche Denk- und Sichtweisen gelegt werden, da sie durch die Eigenheiten der Fachsprache zum Ausdruck gebracht werden. Daher kann der BU auch einen wichtigen Beitrag leisten um die Natur der chemischen und daher auch naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln [2].

Dies zeigt sich beispielsweise bei der Betrachtung des Periodensystems der Elemente. Bei der Betrachtung der Elementsymbole zeigt die Ableitung ihrer sprachlichen Wurzeln die historische Entwicklung der Chemie auf. Dies fängt bei den arabischen Einflüssen auf die Namensgebung der Alkalimetalle, die sich am Beispiel des Elementes Kalium (Symbol K) verdeutlichen lässt. Der Name entstammt dem arabischen Wort für

---

<sup>11</sup> Unter einer Zweitsprache versteht man eine Sprache, die in einem Land/einer Region zur Verständigung in Bildung und Verwaltung dient. Eine Fremdsprache ist eine durch Instruktion gelehrt Sprache. Eine Zweitsprache entstand z.B. durch Anwesenheit von Kolonialmächten. So findet sich in afrikanischen Staaten wie Nigeria und Kenia Englisch als Zweitsprache. In den USA hat Englisch für Einwanderer und Indianerstämme, deren Stammsprache Muttersprache ist, ebenfalls den Status einer Zweitsprache. In Deutschland ist Englisch eine Fremdsprache [33].

Pflanzenasche *al kalja*. Die Benennung der 1. Hauptgruppe, zu der Kalium gehört, die *Alkalimetalle* oder engl. *alkali metals* lässt sich daraus gut ableiten. Der englisch Name für Kalium, *potassium* lässt sich mit der Herstellung der Pflanzenasche erläutern, da diese durch Verbrennen von Pflanzenbestandteilen in Tontöpfen (engl. *pot*) als Pottasche oder englisch *potash* gewonnen wird [17]. Andere Elementnamen leiten sich von ihrem historischen Fundort ab. Dies geht einerseits auf die frühzeitliche Geschichte zurück, wie sich am Beispiel des Kupfers (Symbol Cu) zeigen lässt, welches nach einem seiner Hauptfundorte, der Insel Zypern (lat. *cyprum*) benannt ist. In der modernen Chemie werden noch heute neue Elemente, die nur noch unter Laborbedingungen gewonnen werden, nach ihrem Entdeckungsort, wie z.B. das Element 110 Darmstadtium (Symbol Ds), benannt [18]. Im Vergleich Deutsch-Englisch können auch die Entwicklung von Elementnamen wie Sauerstoff (Symbol O) oder im Englischen *oxygen*, welches sich von dem griechischen Begriff *oxygenium* (Säureerzeuger) ableitet, thematisiert werden [19]. Unter diesem Aspekt kann auch auf die historische Entwicklung der Säure-Base-Theorie eingegangen werden.

Andererseits wird gerade die dominierende Fachsprache und der sich steigernde Grad der Abstraktion der fachlichen Inhalte<sup>12</sup> als Argument gegen den BU Chemie vorgebracht. Dies kann dahingehend entkräftet werden, als eben im modernen kontextorientierten Chemieunterricht die Unterrichtsgegenstände und Fragestellungen der Lebenswelt der Schüler entstammen und ihre Alltagserfahrungen aufgreifen [10]. Ihre ersten Berichte über beobachtete Phänomene werden also zunächst in der Alltagssprache vorgenommen, bevor im Übergang zur naturwissenschaftlichen Untersuchung die Fachsprache zur Anwendung kommt [20]. Der BU Chemie leistet also einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zu den allgemeinen fremdsprachlichen Fähigkeiten der Schüler, da die Beschäftigung mit Phänomenen aus ihrer eigenen Lebenswelt als besonders sinnstiftend und authentisch empfunden wird. Dies führt zu einer verstärkten Lernmotivation. Ein weiteres Argument für den bilingualen Chemieunterricht ist gerade die Schnittstelle zwischen naturwissenschaftlichem und sprachlichem Lernen, die im schulischen Umfeld sonst sehr wenig einbezogen wird. Durch den BU könnten sich damit auch sprachlich stärkere Schüler angesprochen fühlen, die sich vom traditionellen Chemieunterricht weniger mitnehmen lassen und nun eine neue Motivation erfahren, da sie ihre eigenen sprachlichen Fähigkeiten in einem neuen Lernumfeld erproben und anwenden können [21].

---

<sup>12</sup> Eine detaillierte Darstellung der Abstraktionsebenen im Chemieunterricht wird in Kapitel 4.2 vorgenommen. Daher wird an dieser Stelle auf eine weitere Darstellung verzichtet.

Im Chemieunterricht sind die fachlichen Inhalte sehr häufig mit nicht-sprachlichen Darstellungsformen wie Realien (Stoffe, Experimente), Abbildungen, Diagrammen und Modellen verknüpft. Daher ist eine rein sprachliche Darstellung in Wort und Schrift neuer Begriffe selten, so dass den Schülern im Gegensatz zu eher sprachlich dominierten Gesellschaftswissenschaften, v.a. Geschichte mehrere Zugangswege zur Begriffsbildung offen stehen [22]. Auf der anderen Seite bietet gerade Experimentierphasen mit ihrem hohen Grad an Handlungsorientierung den Schülern authentische Sprachanlässe, in denen sie die Handlung in Sprache umsetzen können und umgekehrt. Hierbei werden dann grundlegende Sprachfähigkeiten wie z.B. das Beschreiben von Vorgängen oder Beobachtungen auf der Basis von Sinneseindrücken trainiert, die sich dann positiv auf den normalen Fremdsprachenunterricht auswirken können [23].

### **2.5.2 Forschung im BU Chemie**

Obwohl, wie gezeigt, der BU im Fach Chemie wenig verbreitet ist, so hat sich die Forschung zu diesem Bereich schon in Teilen etabliert, wobei in einigen Untersuchungen kein reiner Chemieunterricht, sondern auch naturwissenschaftlicher Unterricht betrachtet wurde [24]. Der BU Chemie nahm seinen Anfang Ende der 1990er Jahre im Rahmen von Machbarkeitsstudien, die Bonnet vornahm, als er zeigen wollte, dass der Chemieunterricht durch seine hohe Handlungsorientierung für den BU besonders geeignet sei, da die Verknüpfung von Handlung in Form von experimenteller Arbeit oder gegenständlicher Darstellung mithilfe von realen Stoffen mit sprachlicher Begleitung verstärkend auf das Sprachenlernen gilt [25]. In einer weiterführenden Untersuchung konnte Bonnet zeigen, dass das begriffliche Lernen, auch von Alltagsbegriffen durch den BU Chemie gefördert wird. Auch hier wird der Vorteil des Fachs Chemie darin gesehen, dass die Stoffe und Handlungen direkt mit den Sinnen erfahrbar sind und das Sprachenlernen in authentische Sprechkanäle eingebunden wird. Es zeigte sich aber auch, dass der Unterricht in der normalen Unterrichtssprache Deutsch durch den BU profitiert, da durch die Verwendung der Fremdsprache der Prozess der Begriffsbildung vertieft wird und fehlende Konzepte in der Verkehrssprache Deutsch aufgedeckt werden können [26]. Da im Deutschen viele Fachbegriffe in der Chemie neben der fachlichen Bedeutung auch eine lebensweltliche Konnotation besitzen, wie z.B. sauer, neutral, Stoff oder Lösung und viele Schüler in einigen Bereichen, wie z.B. bei dem Begriff des Atoms schon mit einer großen Bandbreite an Vorstellungen in den Unterricht kommen, kann die Fremdsprache die Begriffe neu und ausgeschärft definieren. Die Schüler verfügen in der Fremdsprache noch nicht über das entsprechende Fachvokabular, damit werden die entsprechenden Termini neu definiert. Alltagskonnotationen können somit ausgeblendet

werden [27]<sup>13</sup>. Dieser Aspekt stellt ein Forschungsdesiderat dar, welches noch weiterer Untersuchung bedarf [ebd.].

Bonnet gab der Forschung im BU Chemie einen neuen Impuls, als er in seiner Dissertation [2] den Kompetenzerwerb genauer untersuchte. Er stellte vor allem die Interaktion im Unterricht als Mittel zum Kompetenzerwerb in den Mittelpunkt. Dabei wurde die Rolle der Interaktion aus unterschiedlichen Richtungen betrachtet, so dass mithilfe einer empirischen Studie verschiedene Modelle zum Kompetenzerwerb im bilingualen Chemieunterricht entwickelt wurden. Er konnte in dieser Studie aber ebenfalls zeigen, dass Brüche in der Kommunikation auf mangelnde fachliche Kenntnisse zurückgeführt werden können, da ein Ausweichen ins Deutsche den fachlichen Diskurs nicht voranbringen konnte [ebd.].

Neben Bonnets Arbeit existiert nur eine weitere ausführliche Darstellung in Form einer Dissertation, die sich mit dem BU Chemie beschäftigt. A. Koch untersuchte im Anfangsunterricht Naturwissenschaften mithilfe von Concept Maps als Messinstrument den Wissenszuwachs bilingual unterrichteter Schüler im Vergleich zu monolingualer Instruktion in der normalen Unterrichtssprache Deutsch. Sie konnte zeigen, dass der BU den Wissenszuwachs fördert und dass gerade die Methode des Concept Mappings zur Abfrage des sachfachlichen Wissens bei Schülern mit noch geringen fremdsprachlichen Kenntnissen praktikabel ist [20].

In verschiedenen Aufsätzen, die vor allem Materialien zum BU Chemie vorstellen, werden unterschiedliche Aspekte, die sich aus der praktischen Erprobung dieser Unterrichtsreihen ergeben haben, vorgestellt [14]. Hier zeigte sich einerseits, dass der BU zu einem vertieften sachfachlichen Verständnis beitragen kann, da er durch die Verwendung der Fremdsprache kleinschrittiger als der Regelunterricht abläuft und die Schüler auch aufmerksamer bei der Sache sind. Andererseits zeigte sich auch, dass Spracharbeit ein wichtiger Bestandteil des BU sein muss um das Verständnis zu fördern. Dazu ist vor allem auch ein Wechsel der Darstellungsformen notwendig um die Verständnisprozesse auf verschiedenen Ebenen befördern zu können [28].

Die Forschung zum BU Chemie fokussiert die Betrachtung auf zwei Merkmale des BU im Allgemeinen: Kognition und Interaktion/Sprache. Die Forschung zum kognitiven Bereich ist ein Feld, das im BU allgemein sehr intensiv beforscht wird. Dazu zählen die postulierten positiven Auswirkungen des Gebrauchs der Fremdsprache, wie z.B. ein Erreichen höherer Denkopoperationen oder ein verbessertes sprachliches

---

<sup>13</sup> D. Höttecke bezieht sich in seinen Ausführungen auf das Fach Physik, seine Erkenntnisse bzgl. der Fachsprache lassen sich auch auf das Fach Chemie übertragen.

Reflexionsvermögen [24]. Insgesamt lässt sich aber festhalten, dass die Untersuchungen des BU Chemie noch ausbaufähig sind.

## **2.6 Entwicklung eines eigenen Forschungsschwerpunktes im BU Chemie**

### **2.6.1 Grundlagen zur Entwicklung des Forschungsschwerpunktes**

Die unter 2.5.2. vorgestellten Forschungsergebnisse geben Anstöße zu weiteren vertiefenden Untersuchungen. Vor allem die von Bonnet gemachte Beobachtung beim Begriffslernen im BU [26], dass Begriffe mit ihren darunter liegenden Konzepten, die in der normalen Unterrichtssprache Deutsch scheinbar problemlos verwendet werden konnten, im BU nicht mehr vorhanden waren, stellt einen Anknüpfungspunkt zu weiteren Untersuchungen dar. In seiner Untersuchung [ebd.] beobachtete Bonnet, dass der Begriff *reagent* (dt. Reagenz), der vorher im deutschsprachigen Unterricht von den Lernenden so verwendet wurde, dass die Bedeutung als gesichert angenommen wurde, im englischsprachigen Unterricht einen Stolperstein darstellte und es zum Abbruch der Konversation kam. Seine Annahme, dass die orthographische Ähnlichkeit die Verwendung im Englischen erleichtert, erfüllte sich nicht. Im Gegenteil, den Lernenden wurde bewusst, dass sie das bezeichnete Konzept weder im Englischen noch in der Verkehrssprache Deutsch fachlich korrekt darstellen konnten. Bonnet konnte dieses Phänomen auch noch an zwei weiteren grundlegenden Begriffen beobachten.

Bonnets Beobachtungen werden durch die Ergebnisse einer früheren eigenen Studie gestützt [29], in der sich ebenfalls zeigte, dass Inhalte und Konzepte, die im deutschsprachigen Unterricht scheinbar beherrscht wurden, im nachfolgenden bilingualen Modul nicht mehr verfügbar waren und auch hier zu Stolpersteinen wurden, die zum Kommunikationsabbruch führten. So konnten die Unterschiede zwischen Alkanen und Alkenen in Bezug auf die Doppelbindung nicht mehr reproduziert werden bzw. war die Verwendung von Lewisformeln, die seit einem Jahr regelmäßig verwendet wurden, nicht mehr möglich. In einer Transferleistung sollten die Lernenden in Formelschreibweise (Lewisformel bzw. Halbstrukturformel) eine ihnen bekannte Reaktion (Veresterung) auf neue Reaktionspartner übertragen (Synthese von Fetten). Das Erstellen der Reaktionsgleichung war in der englischen Sprache nicht möglich, da die Lernenden die submikroskopischen Abläufe sprachlich begleiten wollten und nicht mit sprachlich unabhängigen Modellen operierten, wie die nachfolgende Diskussion zeigte. In einer Vergleichsgruppe mit Verkehrssprache Deutsch war die Transferleistung möglich.

Es zeigte sich also in beiden Untersuchungen, dass erst durch die Verwendung der Fremdsprache Schwächen bei der Begriffs- und Konzeptbildung in der Unterrichtssprache Deutsch aufgezeigt werden konnten, die sonst aller Wahrscheinlichkeit nach so nicht aufgedeckt worden wären.

### 2.6.2 Entwicklung eigener Forschungsfragen

Aus den obigen Ergebnissen lässt sich vermuten, dass die Verwendung der englischen Sprache im Fach Chemie hilfreich sein kann, Rückschlüsse auf die kognitive Verarbeitung, die Begriffsbildung und die Konstruktion von naturwissenschaftlichen Konzepten in der Verkehrssprache Deutsch zu ziehen. Die häufige augenscheinliche Ähnlichkeit von Fachbegriffen in den beiden Sprachen (z.B. Reagenz – *reagent*, neutralisieren – *to neutralise*) und die sprachunabhängige Formelschreibweise sollten eine Übertragung von Begriffen und zugrundeliegenden Konzepten zwischen den Sprachen ermöglichen und sogar erleichtern. Die enge Verknüpfung zwischen aktiver Handlung (Experimentalunterricht) und der Konstruktion fachlichen Wissens auf kognitiver Ebene sollte dies zusätzlich fördern [30].

An den Schnittstellen zwischen Deutsch/Englisch können sich aber genau an dieser Stelle die oben erwähnten Stolpersteine ergeben, die zeigen, dass die in Deutsch scheinbar sicher genutzten Begriffe auf die Inhalte im BU nicht übertragen werden können, da sie noch nicht ausreichend verankert sind, um den Lernenden für Transferleistungen zur Verfügung zu stehen. Die Verwendung der englischen Sprache sollte dabei helfen können, sich Begriffe und Konzepte noch einmal bewusst zu machen, bevor sie zur Anwendung gelangen.

Bonnet [26] sieht in seinen Untersuchungen Brüche im Gesprächsfluss als Chance für alle Beteiligten, den Sprachgebrauch zu reflektieren. Diese Annahme wird gestützt durch die Untersuchungen von Hegerfeldt [22], die eine Reflexion der ablaufenden Lernprozesse bei Lernenden und Lehrkraft beobachten konnte und zeigte, dass es Unterschiede im Sprachgebrauch zwischen Deutsch und Englisch gibt und dass die Schüler ihre englischsprachigen Antworten mehr überdachten und der Wortschatz (das Fachvokabular) reflektierter eingeübt wird. Es werden vermehrt Erklärungen eingefordert, zum einen erwartungsgemäß auf der Ebene des Wortschatzes, zum anderen aber auch auf konzeptueller Ebene. Die Schüler sind durch die Doppelbelastung Sprache-Sachfach insgesamt aufmerksamer [2].

Dieser Aspekt des reflektierten Sprachgebrauchs stellt hiermit ein Forschungsdesiderat dar, welches bisher nur in Grundzügen angestoßen wurde und somit weiterer und vor

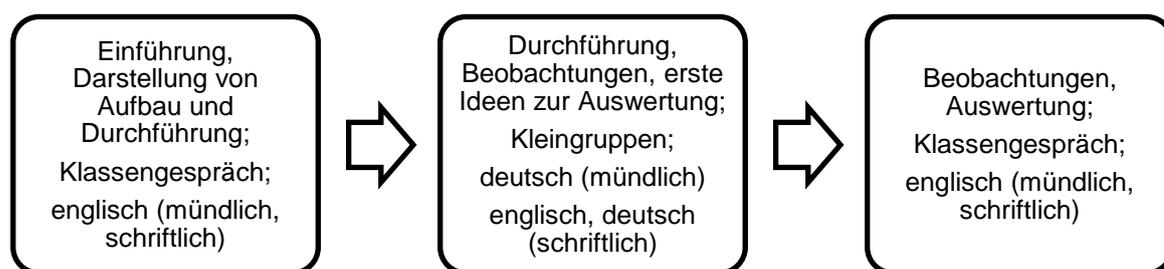
allem systematischer Untersuchung bedarf. Daraus lässt sich die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit formulieren:

Ist der BU Chemie durch eine Analyse des sachbezogenen Sprachgebrauchs als Diagnoseinstrument für die Prozesse der Begriffs- und Konzeptbildung seitens der Schüler tauglich?

Es geht hier folglich um einen bisher nur am Rande erfassten Mehrwert des BU, der durch den Gebrauch der Fremdsprache im Vergleich zu den Diagnoseinstrumenten, die der Lehrkraft im deutschsprachigen Regelunterricht zur Verfügung stehen, eine weitere Möglichkeit schafft, um Lernprozesse zu reflektieren und zu analysieren, wenn das Augenmerk auf den Sprachgebrauch gelenkt wird.

Dabei sollte in Anlehnung an die Ergebnisse der bereits genannten Untersuchungen das Hauptaugenmerk auf Abbrüchen und Unklarheiten im Unterrichtsgespräch liegen. Bonnet argumentiert dazu: „In jedem Fall aber führt die Verwendung der Fremdsprache dazu, dass begriffliche Unklarheiten weitere Kommunikation unmöglich machen. Hier liegt der entscheidende Vorteil gegenüber dem muttersprachlichen Unterricht.“ [26, p. 6]

Neben den Möglichkeiten, die der Gebrauch der Fremdsprache allein bietet, beinhaltet der BU noch einen weiteren entscheidenden Unterschied zum deutschsprachigen Regelunterricht. Im experimentell orientierten Chemieunterricht findet zudem ein Sprachwechsel zwischen Deutsch und Englisch statt, da Schülerexperimente normalerweise in Gruppenarbeit durchgeführt werden und die Schüler hier im Regelfall Deutsch sprechen<sup>14</sup>. Das folgende Schema verdeutlicht den Ablauf:



**Abbildung 2:** Schülerexperiment in Kleingruppen mit resultierendem Sprachwechsel

Daraus ergibt sich für die Schüler die Möglichkeit, fachliche Inhalte in beiden Sprachen darzustellen und zu reflektieren. Die Schüler können sich im Verständnisprozess

<sup>14</sup> Es ist anzumerken, dass Deutsch nicht die Muttersprache aller Lernenden ist. In der Regel ist in den Kleingruppen Deutsch als Verkehrssprache diejenige Sprache, die als spontanes Kommunikationsmittel anzusehen ist.

gegenseitig unterstützen und interaktiv zur Bedeutungsaushandlung der fachlichen Inhalte gelangen [31]. Die Lehrkraft hingegen kann nun die Lernenden im Vergleich zwischen beiden Sprachen differenzierter als im monolingualen Unterricht beobachten und den Sprachgebrauch, vor allem auf der Fachebene, untersuchen.

Die Durchführung des Unterrichts in Form bilingualer Module ermöglicht es der Lehrkraft, die Lernenden aus verschiedenen sprachlichen Perspektiven zu beobachten, um so einen differenzierten Einblick in Verarbeitungsmechanismen zu erhalten. Durch den Gebrauch der Fremdsprache können zum einen in den fremdsprachlichen Phasen Reflexionsprozesse angestoßen werden und zum anderen der Transfer der Inhalte ins Deutsche betrachtet werden. Auch dieser Aspekt ist ein Teil des bereits formulierten Forschungsdesiderats, der weiterer Untersuchung bedarf.

Aufgrund der Erfahrungen, die im BU beim Umgang mit der Formelsprache gemacht wurden [29], sollte innerhalb der durchgeführten Untersuchung der Umgang mit der Formelsprache ein wesentliches Merkmal der zu entwickelnden Unterrichtsreihe darstellen. Die oben formulierte Forschungsfrage lässt sich demnach weiter untergliedern:

- 1) Inwiefern kann durch den BU gezeigt werden, ob die Lernenden die Formelschreibweise auf der Ebene der abstrakten sprachunabhängigen Darstellung nutzen, d.h. kann die Formelschreibweise mit ihrer international verständlichen Symbolik als Sprachmittler für die Schüler dienen?
- 2) In welchem Ausmaß kann der Sprachwechsel in Gruppenarbeitsphasen als Grundlage für eine weitere Analyse des Fachverstehens herangezogen werden, da der Sprachgebrauch Deutsch – Englisch verglichen werden kann?
- 3) Existieren zwischen den Schulformen Gymnasium und Realschule im BU Chemie durch eventuelle Differenzen in den fremdsprachlichen Voraussetzungen Unterschiede im Sprachgebrauch seitens der Schüler?

Zur Untersuchung dieser Forschungsfragen ist es zunächst notwendig, sich der Zusammenhänge zwischen Denken und Sprechen bewusst zu werden. Dies soll im folgenden Abschnitt geschehen.

### 3 Denken und Sprechen - Modellvorstellungen

„Die Sprache ist das bildende Organ des Gedankens. Die intellektuelle Tätigkeit, durchaus geistig, durchaus innerlich und gewissermaßen spurlos vorübergehend, wird durch den Laut in der Sprache äußerlich und wahrnehmbar für die Sinne.“ [32]

Diese Aussage von Wilhelm von Humboldt aus dem Jahre 1836 zeigt den grundlegenden Zusammenhang auf, der zwischen den nicht beobachtbaren Denkprozessen und dem Sprechen als beobachtbares Resultat des Gedankenganges besteht. In diesem Abschnitt wird dieser Zusammenhang beleuchtet und in den Kontext des schulischen Lernens gestellt.

#### 3.1 Denken und Sprechen: Einander unabdingbar oder voneinander unabhängig?

Dass Denken und Sprechen eng miteinander verknüpft sind, scheint zunächst unbestritten. Eine Verknüpfung stellt sich etwa in dem Bedürfnis dar, Gedanken direkt laut auszusprechen, etwa, um andere am Gedankengang teilhaben zu lassen oder um für sich selbst Klarheit über den eigenen Gedankengang zu erhalten. Der Zusammenhang zeigt sich auch bei der Tätigkeit des Kopfrechnens, das ein ständiger Begleiter im Alltagsleben ist oder in Mathematik und den Naturwissenschaften im schulischen Bereich eine wichtige Rolle spielt. Hierbei kann man häufig beobachten, dass die geistige Tätigkeit durch ein leises Murmeln oder zumindest durch eine Lippenbewegung begleitet wird. Es geschieht also parallel zum abstrakten Rechnen eine sprachliche Tätigkeit, auch wenn dabei nicht immer direkt für den Beobachter klar verständliche Laute vernehmbar sind und aus diesem Grund oft nur das Ergebnis der geistigen Arbeit wahrgenommen werden kann [33]. Es stellt sich allerdings die Frage nach der Natur dieser Verknüpfung. Inwiefern sind Denken und Sprechen voneinander abhängig?

##### 3.1.1 These 1: Ohne Sprache ist kein Denken möglich

Schon seit der Antike, z.B. von Platon und Aristoteles, wird der Zusammenhang zwischen Denken und Sprechen diskutiert. So war Aristoteles der Auffassung, dass das Denken nur den Lebewesen zugänglich sei, die auch über eine Sprache<sup>15</sup> verfügen, wobei die Form der

---

<sup>15</sup> Unter dem Begriff *Sprache* wird ein komplexes Zeichen- und Regelsystem verstanden, das als Kommunikationsmittel dient. Der Begriff *Sprechen* bezeichnet die Sprachproduktion, die auf der Verwendung der einzelnen Sprachen basiert und den damit verbundenen Regeln unterliegt [33]. Da durch das Sprechen auf das Regel- und Zeichensystem der Sprache geschlossen werden kann, werden hier die beiden Begriffe synonym verwendet.

Sprache nicht weiter definiert wurde, sie sollte jedoch die Beratung mit sich selbst ermöglichen. Dies impliziert dabei in Näherung eine Sprachform mit definierter Syntax und einem höher entwickelten Vokabular. Sprache und Denken sind nach der Definition von Aristoteles also identisch, da das Denken nur über sprachliche Prozesse abläuft, also als ein innerer Monolog vonstattengeht [34]. Diese These stellt allerdings ein Extrem der Beschreibung der Zusammenhänge und Denken und Sprechen dar. Die Arbeiten von Humboldt, der ausgehend von der baskischen Sprache sich mit der Grammatik und Lexik indigener Sprachen Südamerikas beschäftigte und aus den Unterschieden zu den europäischen Sprachen schloss, dass durch den unterschiedlichen Aufbau von Sprachen auch Rückschlüsse auf die Weltanschauung der Nutzer dieser Sprache gezogen werden können, gaben der linguistischen Forschung im 19. Jahrhundert einen wichtigen Impuls. Humboldt postulierte, dass das Denken eines Individuums durch seine Muttersprache determiniert sei [35]. Diese damals noch recht vage untermauerte Auffassung wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Rahmen des linguistischen Relativismus und der damit eng verbundenen Sapir-Whorf-Hypothese<sup>16</sup> aufgegriffen. Diese Hypothese stützt sich auf die Untersuchung von nordamerikanischen Indianersprachen und besagt, dass die Sprache das Denken formt. Verfechter dieser Theorie sind der Meinung, dass die Gedanken und die Weltanschauung eines Menschen von der Grammatik und Lexik seiner Muttersprache abhängig seien bzw. sich einander bedingen [35]. Ein Anwendungsbeispiel für den linguistischen Relativismus findet sich in George Orwells dystopischem Roman „1984“, in dem durch die Einführung der Sprache *Newspeak* und der damit verbundenen Tilgung von Worten und Wortbedeutungen Gedanken, die der Ideologie des Regimes widersprechen, nicht mehr möglich seien. So soll das Wort *frei* mit allen Ableitungen des Wortstamms nur noch in der Bedeutung *ohne* möglich sein, z.B. in Aussagen wie: „Das Brot ist *frei* von Schimmel“. Eine Auslegung des Begriffes im Sinne von *persönlich*, *gedanklich* oder *politisch frei* ist nicht möglich. Da das Verständnis fehlt, kann auch kein Streben nach dieser Form von Freiheit entstehen. Ähnliches widerfährt auf der semantischen Ebene dem Begriff *Liebe*, der nur noch als die bedingungslose Hinwendung zum Führer, dem *Big Brother* verstanden werden kann. Damit soll Liebe zu sich selbst oder einem anderen Individuum nicht mehr möglich sein [36].

Der linguistische Relativismus gilt inzwischen als widerlegt mit der Begründung, dass Übersetzungen zwischen Sprachen nicht möglich seien und auch Weltanschauungen, die mit einzelnen Sprachen verknüpft sind, in anderen Sprachen erklärt werden können. Es

---

<sup>16</sup> Diese Hypothese ist benannt nach dem Ethnologen und Linguisten Edward Sapir (1884-1939) und Benjamin Whorf (1897-1941), der neben seinem Beruf als Chemieingenieur auch sprachwissenschaftlichen Studien nachging [35].

zeigte sich auch, dass Lerner einer Fremdsprache Konzepte, die in ihrer Muttersprache nicht existieren, trotzdem erfassen können [33].

### **3.1.2 These 2: Denken verläuft völlig sprachunabhängig**

Ein anderes Extrem zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Sprache und Denken findet sich in der Auffassung, dass Sprache und Denken überhaupt nichts gemein haben. Die Verfechter dieser Theorie nahmen an, dass alle eigentlichen Gedankengänge ohne Zuhilfenahme von Sprache ablaufen bzw. dass eine eigene Gedankensprache existiert. Das, was wir als Sprache bezeichnen, dient nur als Hilfsmittel um die Ergebnisse der Gedankengänge mitzuteilen [34]. Albert Einstein nahm eine deutliche Trennung zwischen Denken und Sprechen vor. Nach seiner Auffassung besteht der eigentliche Denkprozess aus der Kombination von Zeichen und Bildern. In einem zweiten Schritt wird das Ergebnis in ein logisches Zeichensystem, die Sprache, umgewandelt [37].

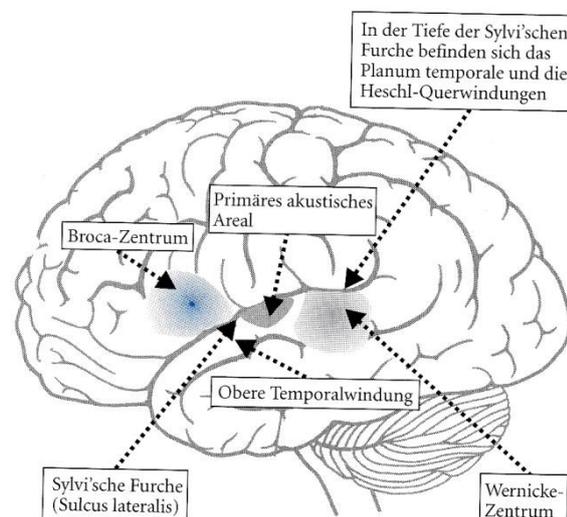
Steven Pinker, der als einer der wichtigsten Vertreter dieser Auffassung in der modernen Linguistik gilt, verdeutlicht dies am Beispiel des Erlernens von Farbwörtern. Das Farbsehen ist das Ergebnis einer Anregung von Nervenzellen durch Licht bestimmter Wellenlängenbereiche, welches auf die Netzhaut fällt. Auch wenn es noch kein Wort für einen bestimmten Farbeindruck gibt, so kann er doch von anderen Farben unterschieden werden und innerhalb des Farbspektrums eingeordnet werden, d.h. die mentale Leistung ist komplett ohne Sprache möglich. Er bezieht sich in seiner Argumentation auch auf die kognitiven Leistungen von Menschen, die durch verschiedenste Voraussetzungen keine Sprache im allgemeinen Sinne entwickeln konnten. Pinker postuliert für die gedankliche Verarbeitung eine eigene Gedankensprache, ein *Mentalesisch*, welches mit den gesprochenen Sprachen keine Gemeinsamkeiten aufweist. Das Gehirn kann daher in seiner Funktion mit dem Ablauf von Computerprogrammen verglichen werden [37].

### **3.1.3 Mentale Organisation von Sprache**

Das „Sprachzentrum“ kann in einer vereinfachten Betrachtung der jeweils dominanten Hirnhemisphäre zugeordnet werden, d.h. linke Hemisphäre bei Rechtshändern und vice versa, wobei bei Linkshändern die dominante Hemisphäre nicht immer eindeutig zugeordnet werden kann. Hier spricht man auch von einer gemischten Dominanz [38].

Da sowohl der Sprechakt als auch die rezeptive Verarbeitung von Sprache jeweils ein komplexes System darstellen, sind dabei mehrere Hirnareale involviert, die sich allesamt im Cortex befinden. Besonders bekannt und erforscht sind hierbei das Wernicke- und das

Broca-Zentrum<sup>17</sup>, die der Sprachverarbeitung und der motorischen Sprachproduktion zugeordnet werden. Diese beiden diskreten Areale sind über ein Faserbündel, den *Fasciulus arcuatus* verbunden, womit bei der Sprachproduktion die Aktivierung vom Wernicke-Zentrum zum Broca-Zentrum übertragen wird [39]. Diese Sprachzentren wurden durch Untersuchungen an Schlaganfallpatienten nachgewiesen, da hier bei Defiziten im Sprachverständnis und bei der Sprachproduktion bestimmte Muster auftraten und mit Hilfe von EEG-Messungen die involvierten Hirnareale zugeordnet werden konnten. Schädigungen im Wernicke-Zentrum, welches im Schläfenlappen lokalisiert ist, führen zu Defiziten im Sprachverständnis bei gleichzeitiger intakter Fähigkeit zur Sprachproduktion, d.h. der Patient mit einer Wernicke-Aphasie spricht weiterhin sehr flüssig, aber mit diffusen und wenig kohärenten Inhalten. Die semantische Ebene der Sprache ist demnach stark beeinträchtigt. Läsionen im Broca-Zentrum, welches im Frontallappen angesiedelt ist, führen zu Defiziten in der motorischen Sprachproduktion bei gleichzeitig unveränderten Fähigkeiten im Sprachverständnis. Patienten mit einer Broca-Aphasie können sich demnach inhaltlich sinnvoll artikulieren, wobei dies nur mühselig und sehr stockend verläuft und die Äußerungen auch nicht immer grammatisch korrekt aufgebaut sind [39]. Für das Verständnis gesprochener Sprache, welche im schulischen Bereich eine wichtige Rolle bei der Wissensvermittlung spielt, ist natürlich auch das akustische Areal relevant, zu dem auch die Heschl-Querwindungen zählen [38]. Abbildung 3 stellt die verschiedenen involvierten Hirnareale dar [40]:



**Abbildung 3:** Lage der bei der Sprache involvierten Hirnareale [40, p. 542]

<sup>17</sup> Diese Hirnareale sind benannt nach den Neurologen Paul Pierre Broca (1824-80) und Carl Wernicke (1848-1905), die durch ihre Untersuchungen die Theorie der Zuordnung von Hirnarealen zu bestimmten Fähigkeiten maßgeblich voranbrachten [39].

Es zeigt sich, dass die sprachrelevanten Hirnareale dicht beieinander liegen. Eine Schädigung eines Areals bedeutet nicht den kompletten Sprachverlust, da Teile der Aufgaben auch von anderen Hirnarealen mit übernommen werden können [39].

## **3.2 Entwicklung einer eigenen Hypothese zur Verknüpfung zwischen Denken und Sprechen**

Die beiden oben dargestellten Thesen stellen zwei konträre Positionen dar. Zur Untersuchung von Denkprozessen können im Regelfall nur die mündliche und schriftliche Sprachproduktion als Ergebnis eines Gedankenganges beobachtet werden. Daher ist eine 100%ige Gewissheit über die einzelnen Abläufe der mentalen Prozesse nicht gegeben, da, im Gegensatz zur Sprachproduktion und -rezeption, welche im Gehirn durch Messung der Gehirnaktivität bestimmten Arealen eindeutig lokalisierbar sind, ein reines „Denkzentrum“ nicht ausgemacht werden kann. Es können hierbei keine fest umrissenen Areale zugeordnet werden.

### **3.2.1 Zusammenhang zwischen Sprechen und Denken**

Betrachtet man die unter 3.1. dargestellten Thesen zur Verknüpfung zwischen Sprache und Denken, so ist die wahrscheinlichste Hypothese, dass es eine Verknüpfung zwischen Denken und Sprechen gibt, diese aber nicht so zu formulieren ist, dass die Sprache allein das Denken generiert. Aber auch Pinkers Theorie der völligen Unabhängigkeit lässt sich widerlegen. So konnte gezeigt werden, dass in der Aborigine-Sprache *Guugu Yemithirr*<sup>18</sup> die Orientierung im Raum nicht egozentrisch, d.h. auf den Sprecher bezogen mit rechts, links, vorne und hinten, beschrieben wird, sondern dass der Bezug zu den Himmelsrichtungen hergestellt wird. Beim Wechsel in die englische Sprache wird beim Sprecher auch ein Perspektivenwechsel bei der Beschreibung der räumlichen Orientierung vollzogen. Bei der Verwendung des *Guugu Yemithirr* wird aber eine Orientierung nur über Himmelsrichtungen vorgenommen, so dass es bei der Beschreibung der räumlichen Beziehung von Objekten zueinander zu Unterschieden zu Sprechern egozentrischer Orientierung kommen kann, wenn z.B. Objekte auf einem Tisch angeordnet werden müssen, der Tisch aber zwischendurch von einer Nord-Süd-Ausrichtung in eine Ost-West-Ausrichtung gebracht wird [35]. Dieses Beispiel zeigt, dass es Aspekte gibt, bei denen das Denken durch die jeweilige Sprache determiniert wird.

---

<sup>18</sup> Diese Sprache wird gesprochen von einem Stamm der Aborigine, der im Nordosten Australiens ansässig ist. Die ca. 1000 Sprecher dieser Sprache leben nördlich von Cooktown, wo Captain Cook 1770 mit der Endeavour landete [35].

Um die Zusammenhänge zwischen Denken und Sprechen zu untersuchen, kann auch die Methode des *Lauten Denkens* verwendet werden, bei der die Denkschritte jeweils verbalisiert werden. Hier zeigte sich bei vergleichenden Untersuchungen, dass die Probanden, die das laute Denken anwendeten, im Vergleich zu still arbeitenden Probanden bessere Ergebnisse erzielten. Allerdings lässt sich dies nicht mit 100%iger Sicherheit feststellen [34]. Es konnte auch gezeigt werden, dass andererseits das Verbot von jeglichem Sprachgebrauch, laut oder lautlos, den Denkprozess massiv behindert. Es erwies sich als unmöglich für die Versuchspersonen, ganz auf sprachliche Begleitung ihres Denkprozesses zu verzichten [41].

Insgesamt kann man sagen, dass Sprache für den Denkprozess eine wichtige Rolle spielt. Um den Einfluss der Sprache zu verstehen, ist es sinnvoll, den Denkprozess genauer zu beleuchten.

### 3.2.2 Der Denkprozess

Bei der Betrachtung des Denkprozesses lassen sich keine fest strukturierten Abläufe, wie es für Sprachproduktion und -rezeption möglich ist, angeben, da bei Denkprozessen deutlich mehr Hirnareale als bei der Sprachproduktion und -rezeption involviert sind, die sich auf beide Hemisphären verteilen und sich dabei über Areale im Cortex und Subcortex erstrecken, wobei sich für einzelne Aspekte des Denkens eine grobe Zuordnung aufstellen lässt. So ist der Frontallappen für Planungs- und Entscheidungsprozesse zuständig, während das Kleinhirn für die motorische Steuerung entscheidend ist. Die visuelle Wahrnehmung wird hingegen durch den hinteren Abschnitt des Großhirns, den Hinterhauptlappen, gesteuert [39].

Die kognitiven Prozesse selbst lassen sich in eine Vielzahl von Kategorien einteilen, da sie auf sehr verschiedenen Ebenen ablaufen, wobei eine Einteilung in bewusste und unbewusste Denkprozesse eine erste Kategorisierung darstellt. Ein Beispiel für bewusstes Denken ist das Lösen von komplexen Aufgaben, bei denen schrittweise die Lösung erarbeitet wird und der Lösungsweg nicht vorgegeben ist, wie das folgende Beispiel aus dem schulischen Bereich zeigt:

„Im Labor befinden sich vier unbeschriftete Flaschen, die Wasser  $H_2O$  (l), Kochsalzlösung  $NaCl$  (aq), Salzsäure  $HCl$  (aq) und Natronlauge  $NaOH$  (aq) enthalten. Erläutere, wie Du experimentell vorgehen würdest, um die Inhalte der Flaschen eindeutig zuzuordnen zu können.“<sup>19</sup> Die Entscheidung für einen Lösungsweg, nämlich verschiedene

---

<sup>19</sup> Da sich die in dieser Arbeit vorgestellte Studie fachlich mit der Neutralisation zwischen Säuren und Laugen befasst, werden die fachlichen Beispiele aus dem Themenkomplex Säuren, Laugen und Neutralisation gewählt, um einen Bezug zum durchgeführten Unterricht herzustellen.

Nachweisexperimente, wie z.B. eine Messung des pH-Wertes oder der elektrischen Leitfähigkeit, erfolgt bewusst. Ebenso wird die Reihenfolge nicht intuitiv, sondern nach Abschätzung von Vor- und Nachteilen festgelegt.

Unbewusstes Denken erfolgt bei Aufgaben, bei denen man intuitiv auf die Lösung kommt, z.B. „Nenne einen Oberbegriff für die folgenden Stoffe: Fluor, Chlor, Iod, Brom!“ Die Lösung *Halogene* sollte einem Schüler im 3. Lernjahr Chemie spontan einfallen, ohne dass er erläutern kann, wie er zu der korrekten Lösung kommt [39]. Ein anderes Beispiel für unbewusstes Denken stellen Denkprozesse dar, die während des Schlafens ablaufen. Hierbei kann sich eine Aufgabenstellung, die am Abend noch kompliziert erschien, wie „von selbst“ während der Schlafphase lösen, so dass man am Morgen mit der fertigen Vorstellung aufwacht, aber nicht nachvollziehen kann, wie man darauf gekommen ist [34].

Im schulischen Kontext kann Denken allgemein als Problemlösen definiert werden<sup>20</sup>. Dies lässt sich vor allem in den Naturwissenschaften in den Kernlehrplänen wiederfinden, die als Teil des Bildungsstandards formulieren: „Typische theorie- und hypothesengeleitete Denk- und Arbeitsweisen ermöglichen eine analytische und rationale Betrachtung der Welt.“ [42, p. 10], [10].

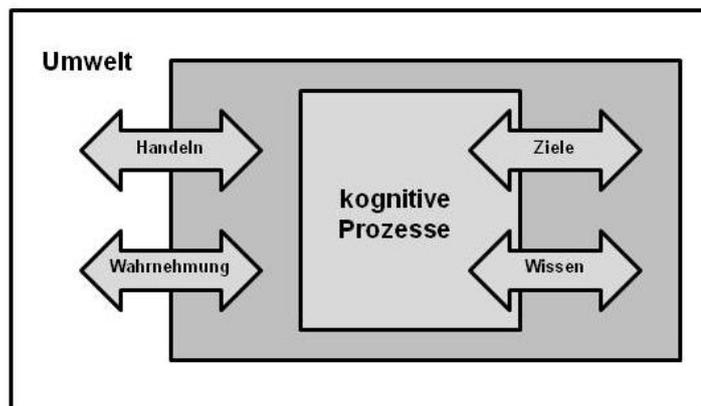
Die Probleme können unterschiedlichster Natur sein, sie haben allerdings alle gemein, dass der Denkprozess zu einem Ziel führt und dabei auf bestehendes Wissen zurückgegriffen wird. Außerdem ist das Problem dadurch charakterisiert, dass nicht direkt durch angeborene oder routinemäßige Fähigkeiten eine Lösung gefunden werden kann. Als schulisches Routinewissen im Bereich Chemie zählt beispielsweise im 3. Lernjahr die spontane Verknüpfung der Verbindung Wasser mit der Formel  $H_2O$  bzw. die Zuordnung des Begriffs *Reagenzglas* zu dem entsprechenden Glasgerät. Auf der anderen Seite ist Denken auch immer eine Interaktion mit der Umwelt des Individuums, da sich die Probleme aus der Wahrnehmung eben dieser Umwelt ergeben und in eine Handlung münden, mit der der Denkprozess manifestiert wird [43].

Mithilfe von Modellvorstellungen kann der Denkprozess beschrieben werden. In Anlehnung an die verschiedenen involvierten Hirnareale wird eine modulare Darstellung verwendet. Ein prominentes Modell für diese Darstellungsform ist *Adaptive Control of Thought* (ACT) nach Anderson [44], welches die Interaktion der einzelnen Aspekte

---

<sup>20</sup> Neben dem Denken als Problemlösen gibt es auch andere bewusste Denkprozesse, z.B. Phantasien. Diese spielen im schulischen Bereich im sprachlichen Bereich eine Rolle, da sie zentrales Element im kreativen Erzählen darstellen. Da das schulische Lernen im Bereich der Naturwissenschaften durch problemlösendes Denken geprägt ist, wird hier nur dieser Prozess betrachtet.

innerhalb des gesamten Denkprozesses darstellt. Eine vereinfachte Darstellung fasst die oben dargestellten Abläufe zusammen:



**Abbildung 4:** Modulare Darstellung des Denkprozesses nach dem ACT-Modell [44]

Der Denkprozess lässt sich nach Lurija [45] als eine Abfolge verschiedener Stadien beschreiben, bei denen die Sprache jeweils eine mehr oder weniger große Rolle spielt. Der Ablauf lässt sich auf die Unterrichtssituation übertragen. Der Denkprozess beginnt mit der Problemerkennung, d.h. die Aufgabe wird erkannt und die Lösung als Ziel gesetzt. Im schulischen Bereich erfolgt die Aufgabenstellung in der Regel in sprachlicher Form, im Chemieunterricht spielt dabei die Verwendung der Fachsprache eine wichtige Rolle, da hierbei unterschiedliche Abstraktionsniveaus zur Anwendung kommen können (vgl. Kapitel 4), wie die folgenden Beispiele zeigen:

- 1) Beschreibe was passiert, wenn man die Farben Gelb und Blau aus einem Tuschkasten mischt. Vergleiche das Ergebnis mit Deinen Versuchsbeobachtungen<sup>21</sup>.
- 2) Stelle eine Reaktionsgleichung für die Reaktion zwischen Salzsäure  $\text{HCl (aq)}$ <sup>22</sup> und Natronlauge  $\text{NaOH (aq)}$  auf und benenne die Reaktionsprodukte.

Es kann zunächst eine Decodierung der Aufgabenstellung notwendig sein, so dass eine abstrakte Darstellungsform in eine weniger abstrakte Form überführt wird. Diese Decodierung kann individuell geschehen oder im Austausch der Lernenden untereinander oder im Austausch Schüler - Lehrer. Eine gängige Methode ist das Paraphrasieren der Aufgabenstellung mit entsprechender Rückmeldung durch Lehrer oder Mitschüler. Es erfolgt ein Austausch mit der Umwelt, die Wahrnehmung spielt daher eine wichtige Rolle (vgl. Abb. 4).

<sup>21</sup> Vgl. Arbeitsblatt zur Einführung der Neutralisation im Anhang (11.3.2).

<sup>22</sup> Die der Formel nachgestellte Darstellung des Zustandes eines Stoffes bezieht sich auf den Aggregatzustand fest (s), flüssig (l), gasförmig (g) oder darauf, dass der Stoff in Wasser gelöst vorliegt (aq).

Es folgt eine Analyse der Aufgabe selbst. Es werden die einzelnen Teilaufgaben identifiziert sowie die grundlegenden Bedingungen der Aufgabe. Eine direkte spontane Lösung der Aufgabe konkurriert mit der analytischen Herangehensweise, führt jedoch nicht zu einer echten kognitiven Tätigkeit [45]. Die Analyse kann teils bewusst, teils unbewusst durchgeführt werden. Bei einer bewussten Analyse spielt Sprache eine wichtige Rolle, da die Formulierung des Analyseergebnisses maßgeblich für die nun folgenden Denkschritte ist. Im Fall der Beispielaufgaben ist Sprache bei der Analyse involviert, da sich die Aufgaben auf weitere Inhalte beziehen, die in sprachlicher Form vorliegen, z.B. in Beispiel 1 die vorliegenden Versuchsbeobachtungen, auf die Bezug genommen werden soll. Es folgt nun der eigentliche Lösungsprozess. Im Abgleich mit vorhandenem Wissen werden verschiedene Lösungswege formuliert. Dies wird als die eigentliche *Denkstrategie* [45, p. 333] betrachtet, da hier in kurzer Zeit mehrere Alternativen durchlaufen werden müssen, um dann eine Entscheidung für eine Lösungsstrategie zu treffen. Auf dem Lösungsweg laufen verschiedene Algorithmen ab, die jeder Mensch individuell auf sprachlicher, numerischer oder logischer Basis aufbaut. Dies ist abhängig von der Aufgabenstellung und ihrer Analyse und dem eigenen Wissen. Die Entscheidung für einen Lösungsweg mündet dann in das Handeln, welches das Ergebnis für die Umwelt wahrnehmbar macht. Dazu muss dieses wieder in eine sprachliche Form codiert werden und in einen Kommunikationsprozess einmünden [ebd.].

### **3.3 Denken und Sprechen im Kognitionsprozess**

Schulisches Lernen ist durch die Verwendung von Sprache geprägt. Im Unterricht werden innerhalb unterschiedlichster Sozialformen fachliche Inhalte erarbeitet, Input und Output sind dabei an sprachliche Formen gebunden, sei es in Form gesprochener Texte oder in schriftlicher Form vorliegenden kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Texten. In den Kernlehrplänen sind die zu vermittelnden fachlichen Inhalte kompetenzorientiert dargestellt, sie stellen damit die zu vermittelnden Inhalte und Fähigkeiten als beobachtbare Prozesse dar. Bei der Darstellung der Kompetenzen werden sogenannte Operatoren verwendet, die den Inhalten in den meisten Fällen eine beobachtbare Tätigkeit zuordnen. Diese Tätigkeiten sind in der Regel sprachgebunden, z.B. *nennen, beschreiben, erklären, erläutern, diskutieren*. Schulisches Lernen losgelöst von Sprache ist nur sehr eingeschränkt möglich. Die Sprache, mündlich wie schriftlich, befähigt die Lehrkraft, den Lernerfolg der Schüler zu erkennen und individuelle Stärken und Schwächen zu diagnostizieren. Denkprozesse, die, wie erläutert, auch sprachlos ablaufen

können, müssen also in eine beobachtbare Handlung oder in Sprache umgesetzt werden. Doch auch die Sprache selbst stellt eine kognitive Leistung dar.

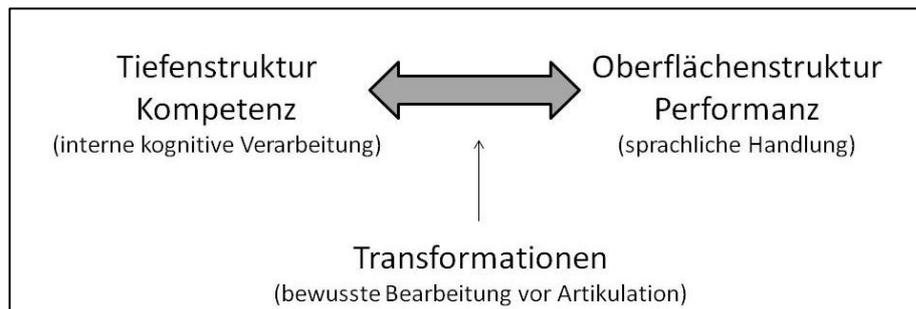
### **3.3.1 Mentale Organisation der Sprache nach Chomsky**

Für diesen sprachlichen Bereich sollte dazu vor allem Noam Chomsky genannt werden, der als Erster ein Modell postulierte, in dem die Kompetenz die interne, kognitive Verarbeitung (*Tiefenstruktur*) von Sprache und die Performanz die wahrnehmbaren sprachlichen Handlungen (*Oberflächenstruktur*) beschrieb. Der Übergang zwischen Kompetenz und Performanz erfolgt über Transformationen, die immer in einen persönlichen und situativen Kontext eingebunden sind und damit auch bewusst ablaufen können. Die Transformationen, die die Besonderheiten einer jeden Sprache beinhalten, lassen sich mit logischen Algorithmen vergleichen, wie sie auch in Computerprogrammen eine Rolle spielen [46].

Chomsky entwickelte seine Theorie auf der Basis der Beobachtung, dass der Sprecher einer Sprache jeden beliebigen Satz, auch wenn er ihn noch nie zuvor gehört hat, verstehen kann und ihn als grammatisch richtig oder falsch einordnen kann. Chomsky postulierte dazu eine Universalgrammatik, die angeboren sei und damit jedem Sprecher vor allem beim Erwerb der Muttersprache zur Verfügung stehe. Beim Einsetzen des kindlichen Spracherwerbs wird dann dieses genetische Programm abgerufen [46]. Diese sprachlichen Universalien ermöglichen demnach auch das Erlernen einer beliebigen Sprache. Sprachliche Interaktion spielt hier eine große Rolle, da durch den Sprachkorpus, der einem Lerner zur Verfügung steht, die kognitiven Strukturen, die letztendlich die Sprachkompetenz ausmachen, entwickelt werden. Chomskys Hypothese wurde immer wieder mithilfe von Sprachbeispielen, die nicht die postulierten universellen Strukturen aufweisen, angegriffen. Chomskys Modellvorstellungen basieren nur auf der Analyse von Sprachkorpora, die zu den europäischen Sprachen gehören. Sprachen von z.B. indigenen Völkern blieben unberücksichtigt. In der modernen Sprachforschung geht man mittlerweile beim kindlichen Spracherwerb von einem gebrauchsbasierten Ansatz aus, bei dem das Kind aus wiederkehrenden Sprachmustern die grammatischen Strukturen konstruiert. Dazu kommt der Denkansatz, dass Kinder die Sprechabsicht ihres Gegenübers intuitiv erkennen [47].

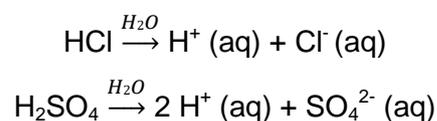
Fasst man die einzelnen Sprachmodelle zusammen, so kann ein Gesamtmodell postuliert werden, das zeigt, dass sich Sprachperformanz und -kompetenz einander bedingen. Der Übergang dazwischen wird durch Transformationen beeinflusst, die auch mit bewussten Denkprozessen verglichen werden können, da die Überarbeitung einer Artikulation das

Einbeziehen von bereits vorhandenem Wissen bedeutet. Die folgende Abbildung stellt das Gesamtmodell grafisch dar.



**Abbildung 5:** Modellvorstellung zur Sprachkompetenz und -performanz [46]

Dieses Modell lässt sich auch auf das schulische Lernen übertragen, wobei hier, im Gegensatz zum Mutterspracherwerb, der Lernprozess bewusst abläuft und damit selbst gesteuert werden kann. Jedes Fach besitzt eine eigene Fachsprache, die erlernt werden muss. Die zu erwerbenden Kompetenzen ermöglichen es dem Schüler Transferleistungen zu erbringen, d.h. Transformationsprozesse abzurufen. Betrachtet man innerhalb des Kernlehrplans Chemie in NRW das Inhaltsfeld der *Säuren und Laugen*, so wird als Kompetenz gefordert, dass die Schüler „Säuren als Stoffe einordnen, deren wässrige Lösungen Wasserstoff-Ionen enthalten“ [10, p. 27]. Dieser Prozess kann dahingehend aufgefasst werden, dass das Einordnen eines Stoffes als Säure dem Zuordnen eines Wortes zu einer Wortart entspricht. Das Kennzeichen der Wasserstoff-Ionen in wässriger Lösung ( $\text{H}^+$  (aq)) entspricht z.B. dem Merkmal, dass in der deutschen Sprache Verben sich normalerweise in einen Verbstamm und eine Endung, in der Grundform *-en*, zerlegen lassen. Demnach sollten die Schüler die Dissoziation einer Säure in wässriger Lösung analog den folgenden Beispielen formulieren können, wenn sie einen Stoff, der anhand seiner Merkmale der Stoffklasse der Säuren zugeordnet wird, in seiner Funktion erkennen:



Aus der Beobachtung der Performanz, also den Ergebnissen der Lösung einer solchen Aufgabe, kann auf die zugrundeliegende fachliche Kompetenz geschlossen werden. Im schulischen Lernen stehen die Produkte seitens der Schüler, mündliche oder schriftliche Äußerungen zu Verfügung, um eine Beurteilung der Kompetenzen vorzunehmen [48].

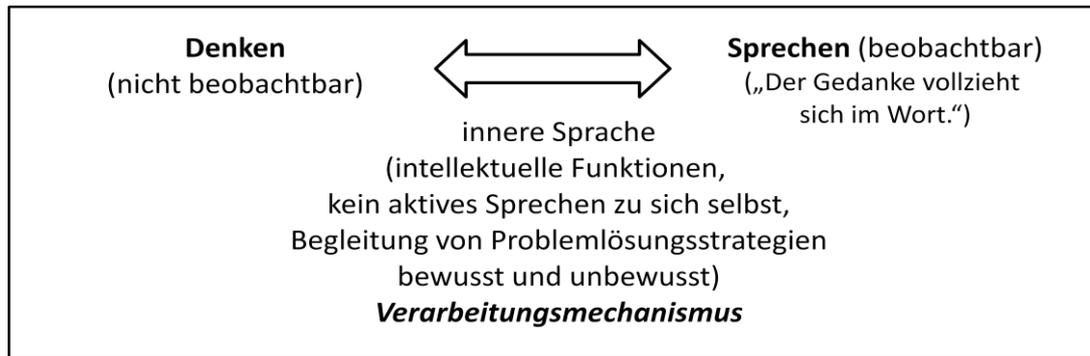
### 3.3.2 Organisation von Denken und Sprechen nach Vygotskij

Noch vor Chomsky beschäftigte sich Lev Vygotskij in den 30er Jahren des vorherigen Jahrhunderts mit den Zusammenhängen zwischen Sprechen und Denken. Im Vergleich zu den Annahmen von Aristoteles und Pinker (vgl. Abschnitt 3.1.1 und 3.1.2), stellt seine Theorie einen Mittelweg zwischen den beiden Extremen dar. Vygotskij nahm an, dass Denken und Sprechen weder unabhängig voneinander existieren können, noch, dass sie identisch seien [49]. Den Zusammenhang zwischen beiden drückte er folgendermaßen aus:

„Das Sprechen dient nicht als Ausdruck des fertigen Gedanken. Indem sich der Gedanke in Sprechen verwandelt, gestaltet er sich um, verändert er sich. Der Gedanke drückt sich im Wort nicht aus, sondern vollzieht sich im Wort.“ [ebd., S. 401]

Vygotskij betrachtet dabei Sprache im Sinne des eigentlichen funktionellen Sprechens und nicht als System aus Regeln und Formen mit einem logischen Algorithmus. Neben der wahrnehmbaren Sprache in Form von mündlichen oder schriftlichen Äußerungen beschäftigte er sich vor allem mit der Form des *inneren Sprechens*, die er in Anlehnung an Piagets Erkenntnisse zum kindlichen egozentrischen Sprechen untersuchte, der Sprachform, die in der frühkindlichen Entwicklung zu beobachten ist, wenn Kinder ihre Aktivitäten sprachlich begleiten, ohne dass die Sprache eine kommunikative Funktion erfüllt [50]. Vygotskij ordnete dem egozentrischen Sprechen eine deutlich höhere Bedeutung als Piaget zu, der sie nur als eine Begleitung des kindlichen Handelns sah, wobei das Handeln gänzlich unabhängig von der sprachlichen Begleitung existieren kann. Nach Vygotskij's Auffassung hingegen ist das egozentrische Sprechen, welches später in das innere Sprechen übergeht, eine begleitende Form des Denkens, mit dem das Kind eine geistige Orientierung vornimmt. Er konnte zeigen, dass Kinder verstärkt das egozentrische Sprechen verwenden, wenn sie mit einer Problemstellung konfrontiert werden. Er beschreibt die innere Sprache als ein System, bei dem die semantische Ebene der phonetischen und der strukturellen Ebene übergeordnet sei. Das innere Sprechen ist immer an einen Kontext, einen Denkprozess gebunden, so dass es diesen unterstützt. Nach Vygotskij ist die innere Sprache das Bindeglied zwischen Denken und Sprechen [49].

Fasst man nun die Vorstellungen von Chomsky und Vygotskij zusammen, so lässt sich für den Denkprozess folgendes Modell erstellen, welches vor allem die bewussten und unbewussten Denkprozesse berücksichtigt:



**Abbildung 6:** Modell für den Zusammenhang zwischen Denken und Sprechen

### 3.4 Hypothesen zur Sprachanalyse

Nachdem gezeigt wurde, dass Denken und Sprechen gerade im Bereich des schulischen Lernens in einem engen Zusammenhang stehen, lässt sich postulieren, dass die Sprache als „Endprodukt“ der Denkprozesse Rückschlüsse auf eben diesen erlaubt. Daraus folgt die generelle Hypothese:

- 1) Die sprachliche Ausdrucksfähigkeit in mündlicher und schriftlicher Form reflektiert das fachliche Verständnis.

Diese Hypothese lässt sich im Hinblick auf die Funktionalität von Sprachanalyse noch erweitern:

- a) Die Sprachanalyse auf fachlicher Ebene kann kognitive Prozesse „visualisieren“ helfen.
- b) Die Sprachanalyse auf fachlicher Ebene lässt Rückschlüsse auf die Verarbeitungsmechanismen zu.

Da der BU eine besondere Unterrichtsform mit anderen Herausforderungen an die Schüler als der Regelunterricht darstellt, sollen im Folgenden die sprachlichen Grundlagen des BU näher beleuchtet werden um die Hypothesen zur Sprachanalyse auszuscharfen.

## 4 Sprachliche Voraussetzungen

### 4.1 Sprachliche Anforderungen an den BU

Aufgrund einer wachsenden Nachfrage nach schulischen bilingualen Angeboten und einer daraus hervorgehenden fortschreitenden Entwicklung eben dieser Angebote hat sich die KMK in Deutschland im Jahr 2013 intensiv mit der Rolle des BU auseinandergesetzt und in ihrem diesbezüglichen Beschluss folgende Kernforderung formuliert: „Ziel des bilingualen Unterrichts ist der Aufbau sachfachlicher Kompetenz, die eine fachliche Diskurskompetenz in zwei Sprachen beinhaltet.“ [1, p. 8]. Diese Aussage beinhaltet zwei wichtige Aspekte, die die Planung, Durchführung und Reflexion des BU maßgeblich beeinflussen. Zum einen ist der BU in erster Linie ein Sachfachunterricht, d.h. wie bereits in Abschnitt 2.1. erläutert, sind die Kernlehrpläne des jeweiligen Sachfachs Grundlage für die Ausgestaltung des Unterrichts. Andererseits besteht die zweite zentrale Forderung nach der Entwicklung einer fachlichen Diskursfähigkeit in zwei Sprachen. Dies impliziert den Gebrauch beider Zielsprachen, d.h. die normale Unterrichtssprache Deutsch und die Fremdsprache im BU, um das übergeordnete Lernziel zu erreichen. Dies erfordert ein Umdenken von der noch häufig vorherrschenden Praxis, den BU tendenziell nur in der Fremdsprache abzuhalten und anzunehmen, dass der fachliche Transfer ins Deutsche von den Lernenden selbst vollzogen wird [51]. Dieser Prozess der Einsprachigkeit im BU wird zur Erarbeitung des Fachwortschatzes häufig nur durch die Verwendung von Vokabellisten bzw. Glossaren<sup>23</sup> unterstützt. Die Verkehrssprache Deutsch wird damit im Unterricht als Zulieferer in Wortschatzfragen verwendet. Da die Fremdsprache nicht nur als Ziel, sondern gleichzeitig durch ihre Verwendung auch als Weg zum Ziel betrachtet wird, bezeichnet man das Prinzip ihres Gebrauchs im Unterricht auch als *funktionale Fremdsprachigkeit* [52].

In den letzten Jahren hat allerdings innerhalb des BU ein Umdenken stattgefunden, was den Gebrauch des Deutschen im Unterricht betrifft. Dieser Gebrauch lässt sich nach B. Diehr in drei Typen einteilen:

**Typ A** beschreibt dabei den Unterricht, in dem nur die Fremdsprache als Unterrichtsmedium verwendet wird und der Gebrauch des Deutschen als störend empfunden wird.

---

<sup>23</sup> Das Glossare neben der reinen Übersetzung häufig auch Begriffserläuterungen beinhalten, sind sie im Vergleich zur Vokabelliste ausführlicher und können den Lernern auch als fachliches Nachschlagewerk dienen. Die beiden Begriffe sind auf keinen Fall als synonym zu verstehen.

**Typ B** beschreibt die Fremdsprache als Leitsprache mit dominantem Anteil am Unterrichtsgeschehen, wobei Deutsch eingeschränkt, aber geplant eingesetzt wird, wenn es als vorteilhaft erachtet wird.

**Typ C** beschreibt schließlich eine Vorgehensweise, bei der Deutsch und die Fremdsprache als gegenseitig bereichernd empfunden werden und demnach auch äquivalent eingesetzt werden [51].

Wildhage und Otten plädieren für die Verwendung der Fremd- und Muttersprache<sup>24</sup> innerhalb des BU. Sie fordern daher ein Umdenken hin zu einem Mehrsprachigkeitskonzept, das durch den entstehenden Perspektivwechsel das fachliche und sprachliche Lernen intensiviert. Ihrer Meinung nach sollten die Sprachen kontrastiv verwendet werden, da dadurch die Begriffsbildung seitens der Schüler geschärft wird, was zur Nachhaltigkeit des Lernens beiträgt. Das Nebeneinander von Mutter- und Fremdsprache bezeichnen sie als *funktionale Mehrsprachigkeit*, der Einsatz kann in verschiedenen Formen erfolgen, z.B. dem Vergleichen von deutsch- und fremdsprachigen Texten oder dem Formulieren von Thesen in Deutsch auf Basis von fremdsprachigen Texten und vice versa [15]. Insgesamt entspricht ihre Forderung dem Typ C der Typisierung nach Diehr.

## 4.2 Entwicklung und Einsatz der Fachsprache

Fachliches Lernen ist auch immer an das Lernen von Sprache geknüpft oder wie Wellington und Osborne es ausdrücken: „Every science lesson is a language lesson“ [53, p. 2]. Im schulischen Bereich geht man dazu einerseits von der Alltagssprache der Lernenden aus und betrachtet andererseits die Bildungs- oder Fachsprache, die sich aus den konkreten fachlichen Anforderungen entsprechend der Lehrpläne ergibt. Im Unterricht selbst bedient man sich einer weiteren sprachlichen Ebene, der Unterrichtssprache, die ihrerseits aus Alltags- und Fachsprache erwächst.

Zu den verbindlich festgelegten im Unterricht zu vermittelnden fachwissenschaftlichen Kompetenzen gehören im Chemieunterricht fachsprachliche Kompetenzen. Zur Entwicklung dieser Kompetenzen, die in den Lehrplänen als beobachtbare Fertigkeiten und Kenntnisse beschrieben werden, müssen die Schüler über kognitive Abstraktionsinstrumente verfügen, die es ihnen ermöglichen aus dem Input, der in erster

---

<sup>24</sup> Muttersprache wird hier im Sinne der jeweiligen normalen Verkehrssprache und nicht der eigentlichen individuellen Muttersprache verstanden, in diesem Fall also Deutsch, was hier auch weiter verwendet wird.

Linie aus dem Unterrichtsgeschehen besteht, allgemeingültige Konzepte zu erstellen, die auf neue, unbekannte Sachverhalte selbständig übertragen werden können [10]. Dazu werden von den Lernenden in den Unterricht ihre bereits bestehenden Alltagskonzepte eingebracht, die dann aufgrund der individuellen Lernerfahrungen erweitert werden [2]. Diesen Kreislauf zwischen Erfassen neuer Inhalte auf der Basis der eigenen sprachlichen Fähigkeiten und die Erweiterung der sprachlichen Fähigkeiten aufgrund des neuen Wissens hat Carl Friedrich von Weizsäcker passend zum Ausdruck gebracht:

„Und so ist diese Sprache ein Mittel, das uns immer von neuem Wirklichkeit erschließt und uns an Hand der erkannten Wirklichkeit gestattet, jenes Mittel selbst zu korrigieren.“ [54, p. 82]

Beim Eintritt in den Fachunterricht ist auf Seite der Schüler nur von der Alltagssprache mit den damit verknüpften Konzepten auszugehen, die von Cummins auch als *BICS* (**B**asic **I**nterpersonal **C**ommunicative **S**kills) bezeichnet wird. Sie beschreibt die grundlegenden Kommunikationsfähigkeiten der Lernenden, die im Anfangsunterricht aus dem Alltagswissen und der persönlichen Kommunikation, v.a. innerhalb der Peergroup und dem Elternhaus, generiert werden. Das sprachliche Niveau ist dabei individuell verschieden. Auf der anderen Seite der fachlichen Sprachskala findet man Cummins zufolge die Bildungssprache *CALP* (**C**ognitive **A**cademic **L**anguage **P**roficiency), die die sprachlichen Fähigkeiten und Anforderungen im akademischen Bereich beschreibt [55]. Eine Aufgabe des Fachunterrichts ist demnach die Entwicklung der Fachsprache CALP seitens der Schüler, dies ist ein kontinuierlicher Prozess über den gesamten Fachunterricht innerhalb der jeweiligen Schullaufbahn. Betrachtet man die Unterrichtsprozesse, so kann die Verwendung von BICS seitens der Schüler tendenziell im mündlichen Unterricht verortet werden. CALP ist hingegen eher auf die Schriftsprache bezogen und wird vor allem in diesem Zusammenhang entwickelt, da der mündliche Sprachgebrauch von Spontaneität geprägt ist, während schriftliche Äußerungen meistens überdacht formuliert werden und damit eine Orientierung an der Fachsprache erfolgen kann [56].

Die Unterrichtssprache, die sich im Anfangsunterricht eher an der Alltagssprache orientiert und sich im Laufe der Sekundarstufen I und II immer mehr an die Wissenschaftssprache annähert, spiegelt diesen Prozess wieder. Man bezeichnet dies Phänomen auch als *Interlanguage* [57]. Aus dieser Interlanguage, oder auch Zwischensprache, soll der Unterricht die Konzeptbildungsfähigkeit der Schüler entwickeln. Dies geschieht durch Interaktion zum einen zwischen Lerner und Gegenstand und zwischen den Lernenden, wenn es dort zum Gedankenaustausch kommt. Hierbei werden Gedanken anderer aufgenommen und interpretiert und die eigenen Ideen und Konzepte

assimiliert. Die Interaktion führt dann zum Kompetenzerwerb. Interaktion wird daher als *Bedeutungsaushandlung* verstanden. Dabei gehen die Schüler von ihrem eigenen Verständnis aus und entwickeln im Unterrichtsgespräch theoretische Erklärungen und Modelle. Dabei werden die eigenen Konzepte auf ihre Viabilität hin untersucht. Diese Viabilitätsprüfung entspricht einer konstruktivistischen Lernweise. Andererseits können aus der Interaktion auch völlig neue Konzepte entstehen, die über die Einzelkonzepte der jeweiligen Interaktionspartner hinausgehen. Man spricht dann von den Phänomenen der Emergenz [48]. In dieser Phase gibt der Lehrer eher Anstöße und stellt selbst Fragen als leitend die Antworten zu geben.

Als Folge nimmt der Lehrer teilweise nur eine moderierende Rolle ein bzw. gibt neue (lenkende) Impulse, da nicht jede Interaktion automatisch zu Kompetenzerwerb bzw. Lernen führt. Die Verwendung der Fremdsprache im BU hilft Konzepte deutlicher zu thematisieren, besonders wenn Sprachschwierigkeiten auftreten und im Laufe des Klärungsprozesses die Ursache für die Defizite aufgeklärt werden [26].

Bei der Entwicklung der Fachsprache spielt auch der Aspekt der *language awareness*, d.h. die Fähigkeit Unterschiede im Aufbau und Gebrauch der Sprachen zu erkennen [38], eine Rolle, da die Fachsprache das Wesen der Chemie selbst verkörpert [2].

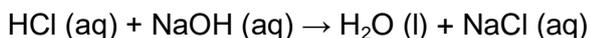
#### **4.2.1 Anforderungen an die Unterrichtsgestaltung**

Durch die kontinuierliche fachsprachliche Entwicklung der Schüler ergibt sich für den Lehrer die Notwendigkeit, den Gebrauch der Fachsprache an den jeweiligen Lernstand der Klasse auszurichten. Die Unterrichtssprache ist demnach mit der jeweiligen Lehr-Lern-Situation verknüpft und wird in der mündlichen Kommunikation (Unterrichtsgespräch) genauso wie in der Verschriftlichung der fachlichen Inhalte (Tafelbilder, Textarbeit) genutzt. Durch die Unterrichtssprache kann der Lehr-Lern-Prozess einerseits gesteuert, andererseits aber auch analysiert und reflektiert werden [56].

Hierbei sollten aber von Seiten der Lehrkraft bei Planung und Einsatz der Unterrichtssprache verschiedene Aspekte beachtet werden. Für den Schüler erscheint die Fachsprache zunächst wie eine Fremdsprache, d.h. der Lehrer muss seinen Sprachgebrauch an den Sprachstand der Schüler anpassen, damit er verstanden wird. Dies ist für die Lehrer ein Balanceakt zwischen fachlich-exakter, aber abstrakter Ausdrucksweise und bildlich-anschaulichem, aber tendenziell Alltagssprachlichem Sprachgebrauch. Dies führt zu einer konstanten Sprachreflexion seitens des Lehrers [58].

Auch wenn sprachliche Vereinfachungen im Anfangsunterricht notwendig sind, da zunächst die Orientierung vorrangig am BICS-Sprachstand erfolgt, so müssen immer die Grundlagen der fachsprachlichen Richtigkeit beachtet werden. Hierzu gehört die Beachtung der Regeln zur Nomenklatur genauso wie ein sauberer und durchgängig einheitlicher Sprachgebrauch, der die Entwicklung der fachlichen Kompetenzen reflektiert [59].

Ein Beispiel stellt die Verwendung des Reaktionspfeils ( $\rightarrow$ ) dar, der auf der semantischen Ebene sehr vielschichtig interpretiert werden kann. Dieser wird bei der Erarbeitung der chemischen Reaktion im ersten Lernjahr zur Erstellung von Wortgleichungen eingeführt und später in Reaktionsgleichungen auf Formelebene verwendet. Innerhalb einer Reaktionsgleichung, z.B. in der Reaktion zwischen Salzsäure (HCl (aq)) und Natronlauge (NaOH (aq)) stellt der Reaktionspfeil einen dynamischen Prozess dar, hinter dem sich stoffliche und strukturelle Umwandlungen auf submikroskopischer Ebene ebenso wie energetische Umwandlungen verbergen:



Die in wässriger Lösung als hydratisierte Ionen vorliegenden Teilchen aus der Säure und der Lauge reagieren hierbei zu Wasser-Molekülen und hydratisierte Ionen des Natriumchlorids (Kochsalz). Bei allen ablaufenden Teilprozessen müssen dabei intramolekulare Kräfte überwunden und Bindungen zwischen Teilchen neu geknüpft werden, was jeweils mit entsprechendem Energiebedarf bzw. freiwerdender Energie einhergeht.

Die didaktische Reduktion, mit dem Reaktionspfeil eine Analogie zur Mathematik herzustellen und innerhalb der Reaktion Edukte und Produkte nur als reine Umlagerung von Teilchen unter Beibehaltung der Teilchenzahl gleichzusetzen, ist fachlich inkorrekt und sollte sprachlich vermieden werden [59]. Das Bestreben nach fachlicher Korrektheit sollte aber auch nicht dazu führen, dass die Fachsprache in einer so starren Form verwendet wird, dass sie zu „sperrig“ wirkt. So finden Trivialnamen als Alternative zur regelkonformen Nomenklatur ihren Platz. Sie sind für den Lernenden greifbar und leisten durch ihre häufig sehr illustrative Benennung einen Beitrag zum Erkenntnisgewinn. Es finden sich viele Namen, die von dem natürlichen Vorkommen eines Stoffes abgeleitet werden. Auf diese Weise kann das Alltagswissen der Schüler mit einbezogen werden. Auch die Formelschreibweise kann dabei reduziert werden, wenn dadurch die wichtigsten Strukturmerkmale erhalten bleiben, oder, wie am Beispiel der Citronensäure zu sehen, erst erkennbar werden. Dies lässt sich an einigen Beispielen von organischen Säuren illustrieren:

Trivialname	systematischer Name	vereinfachte Formel <sup>25</sup>	Summenformel <sup>26</sup>
Ameisensäure	Methansäure	-	HCOOH
Essigsäure	Ethansäure	HAc	CH <sub>3</sub> COOH
Citronensäure	2-Hydroxy-propan-1,2,3-tricarbonsäure	H <sub>3</sub> Cit	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>
Ölsäure	Z-9-Octadecensäure	-	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH

**Tabelle 2:** Ausgewählte Säuren, Trivialnamen und vereinfachte Formelschreibweise

Wichtig ist aber der Aspekt, dass die Fachsprache einen zentralen Aspekt des Unterrichts ausmacht, da sie selbst Lerninhalt ist.

Die Entwicklung der Fachsprache stellt einen wesentlichen Aspekt der Kernlehrpläne dar [10] [42]. Im Kompetenzbereich *Kommunikation* spielt die Entwicklung und Anwendung der Fachsprache eine wesentliche Rolle. Die Lernenden können „Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen“ [10, p. 18]. Wichtige Teilkompetenzen auf diesem Weg sind fachlich und sachlich richtiges Argumentieren, sowie die korrekte Verwendung der Fachsprache, auch unter der Verwendung von Modellen. Die fachlich angemessene Darstellung und Interpretation von Daten mithilfe von verschiedenen Gestaltungsmitteln stellen ebenso eine zu erwerbende Teilkompetenz dar wie die schriftsprachliche Darstellung fachlicher Aspekte in Form von Protokollen [ebd.].

Die Entwicklung der kommunikativen Kompetenz wird auch im Kernlehrplan als fließender Prozess gesehen, so wird z.B. innerhalb des Basiskonzepts der chemischen Reaktion bei der Verwendung von Modellen und der Anwendung der Formelschreibweise, die ihrerseits unterschiedliche fachsprachliche Abstraktionsebenen darstellen, eine Unterscheidung zwischen zwei Progressionsstufen vorgenommen. Eine Unterscheidung zwischen den Schulformen in der Sekundarstufe I wird hierbei nicht vorgenommen, d.h. die kommunikative Kompetenz gehört zu den zu entwickelnden Kernkompetenzen im Chemieunterricht unabhängig von der unterrichtenden Institution [10] [42].

<sup>25</sup> Die vereinfachte Formel wird nicht bei allen Säuren verwendet, da diese Formeln im Chemieunterricht weniger relevant sind bzw. diese didaktische Reduktion nicht immer zielführend ist.

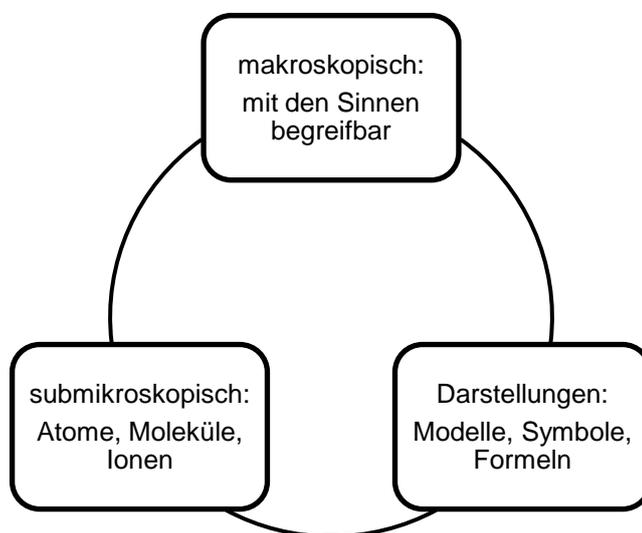
<sup>26</sup> Bei den gesättigten Carbonsäuren, die wie die Methansäure und Ethansäure in die homologe Reihe der Alkansäuren gehören, wird die Summenformel in der Form C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH angegeben. Die Ölsäure ist einfach ungesättigt, ihre Summenformel folgt der Form C<sub>n</sub>H<sub>2n-1</sub>COOH. Die Citronensäure gehört nicht in diese Reihen, daher folgt ihre Summenformel nicht dieser Systematik.

#### 4.2.2 Spracharbeit im Chemieunterricht

Die Spracharbeit im Unterricht wird durch die Zielvorgabe, das Erreichen der Bildungssprache CALP, determiniert. Bei der Zielvorgabe stellt sich die Frage nach ihrer sprachlichen Natur bzw. anders formuliert: Worin besteht der Unterschied zwischen BICS und CALP im Chemieunterricht?

Ein hervorstechendes Merkmal, das allen Fachwissenschaften gemein ist, ist die Verwendung von Fachbegriffen.

Die chemische Fachsprache ist aus dem Wesen der Chemie selbst erwachsen. Nach Johnstone lässt sich die Natur der Chemie in drei Formen<sup>27</sup> einteilen, die sich nicht hierarchisch einordnen lassen, die sich aber alle drei gegenseitig bedingen. Sie lassen sich am besten in einem richtungslosen Kreises darstellen[60]:



**Abbildung 7:** Die drei Formen der Chemie nach Johnstone [60]

Es zeigt sich also, dass die Fachsprache vor allem durch einen Wechsel dieser Formen geprägt ist, da die modellhaften Darstellungen, vor allem durch die Verwendungen von Symbolen und Formeln einen eigenen Bereich der Fachsprache darstellen, der die Chemie von anderen Fachwissenschaften abgrenzt. Da diese Darstellungen in sich auf Modellvorstellungen beruhen und den Lernern das Denken in verschiedenen Abstraktionsniveaus abverlangen, sollen sie Abschnitt 4.2.2.3 genauer betrachtet werden. Die Fachsprache ist jedoch sinnlos, wenn sie nicht in einem kontextuellen Zusammenhang verwendet wird. Daher ist es zunächst vonnöten die Grundlagen der inhaltlichen Arbeit im Chemieunterricht darzustellen.

<sup>27</sup> Johnstone beschreibt sein Modell zur Natur der Chemie “[...] that it exists in three forms [...] No one form is superior to each other” [60] p. 3.

#### 4.2.2.1 Erwerb der *Scientific Literacy* als Bildungskonzept

Im Rahmen der durch schulische Bildung zu erwerbenden naturwissenschaftlichen Grundbildung spricht man auch von *Scientific Literacy*, wobei dieser Begriff mehr als nur rein sprachliche Kompetenzen beinhaltet. Im ursprünglichen Sinne beschreibt *Literacy* die individuellen Fähigkeiten zu lesen und zu schreiben. Diese Bezeichnung wurde im Laufe der Neuausrichtung der schulischen Bildung nach der Veröffentlichung der Ergebnisse der ersten PISA-Studie direkt aus dem angloamerikanischen Bildungskontext übernommen. Eine direkte wortwörtliche Übersetzung des Begriffs *Literacy* ins Deutsche wurde dabei nicht vorgenommen [61]. Inhaltlich wird dieser Terminus mit einer kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Bildung gefüllt, insgesamt werden *naturwissenschaftliche Grundbildung* und *Scientific Literacy* in den allgemein verbindlichen Bildungsstandards synonym verwendet und definiert als die Fähigkeit der Schüler...

„...Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen.“ [62, p. 6]

Die fachsprachlichen Fähigkeiten müssen daher neben den fachinhaltlichen Fähigkeiten als gleichberechtigte Partner vermittelt werden [63]. Naturwissenschaftliche Bildung ist demnach eine ganzheitliche Bildung, die als übergeordnetes Ziel die Erziehung der Schüler zu mündigen Bürgern innehat, sodass eine Teilhabe an der demokratischen Gesellschaft mit ihren Entscheidungsprozessen ermöglicht wird. Der Unterricht muss verschiedene Dimensionen gleichermaßen bedienen, er muss kognitive, kommunikativ-diskursive, reflexive und methodische Kompetenzen fordern und fördern. Der Sprache kommt dabei als Medium zum Erkennen, Verarbeiten und Verstehen eine zentrale Rolle zu [61].

Da schulisches Lernen einen Kompetenzerwerb darstellt, werden während des Lernprozesses Veränderungen an der kognitiven Tiefenstruktur (vgl. Abb. 5) vorgenommen. Es ist wichtig, die Schüler als Handelnde zu betrachten, die ausgeübten Handlungen im Chemieunterricht sind zweckgerichtet, wobei der Erwerb der naturwissenschaftlichen Grundbildung das übergeordnete Handlungsziel darstellt. Aus dem jeweils situativen Unterrichtskontext ergeben sich dann weitere kleinschrittig formulierte Handlungsziele, z.B. der Erwerb des Konzepts der Neutralisationsreaktion. Begründet auf die Theorie des Konstruktivismus, angelehnt an die Erkenntnisse von Piaget [50], ist das Handeln in drei Schritte gegliedert:

- 1) Die Situation wird basierend auf die sinnlichen Wahrnehmungen konstruiert.
- 2) Die Situation wird mithilfe der zur Verfügung stehenden Kompetenzen (Schemata) interpretiert.
- 3) Die Handlung erfolgt daraus mit spezifischen Erwartungen auf den Ausgang.

Basiskonzepte, die die grundlegenden fachlichen Konzepte umfassen, leiten den individuellen Zugang zu einer Disziplin. Die Kernlehrpläne nennen als Basiskonzepte *Struktur der Materie*, *Energie* und die *chemische Reaktion* [10] [42]. Diese Konzepte entwickeln sich schrittweise, z.B. innerhalb des Basiskonzepts *Struktur der Materie* entwickelt sich das Teilchenmodell ausgehend vom Dalton'schen Atommodell in ein differenziertes Kern-Hülle-Modell, so dass Unterschiede zwischen Atomen, Ionen und Molekülen erklärt werden können [10] [42].

#### 4.2.2.2 Förderung der sprachlichen Kompetenzen

Sprachförderung ist eine zentrale Aufgabe jeglichen Unterrichts, sodass für die Sprachentwicklung der Schüler jedes Unterrichtsfach und folglich jeder Lehrer eine Mitverantwortung trägt [64]. Für den BU lässt sich daraus wieder auf die gezielte Verwendung beider Sprachen schließen, um die sprachliche Förderung zur geforderten doppelten Diskursfähigkeit angemessen zu berücksichtigen.

Der Lehrer nimmt innerhalb des Unterrichts die Expertenrolle ein. Er muss Lernimpulse geben, damit die Schüler von selbst in die Interaktion über die wissenschaftlichen Phänomene einsteigen. Idealerweise werden dabei sprachliche und senso-motorische Handlungen verknüpft, über die Vernetzung der Handlungsebenen kann ein größerer Lernerfolg erreicht werden. Um entsprechende Lernimpulse zu geben, muss sich der Lehrer einen Überblick über die Denkmuster und Konzepte der Schüler verschaffen, um daran anknüpfend den Unterricht aufzubauen. Der Pädagoge F.A.W. Diesterweg (1790-1866) stellte dazu folgende Forderung auf:

„Beginne den Unterricht auf dem Standpunkte des Schülers, führe ihn von da aus stetig, ohne Unterbrechung, lückenlos und gründlich fort! Der Standpunkt des Schülers ist der Ausgangspunkt. Dieser ist also vor dem Unterricht zu erforschen.“  
[65, p. 226]

Daher ist eine ständige Diagnose der Lernenden notwendig. Sprachanalyse kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

In der Chemie liegt in der Spracharbeit ein besonderes Augenmerk auf der Sicherung von Fachbegriffen und Fachwörtern, die oft aus dem Lateinischen oder Griechischen entlehnt sind. Dazu kommen fachspezifische Textsorten kontinuierlicher und diskontinuierlicher Natur, z.B. Versuchsvorschriften, Protokolle oder Diagramme. Neben der Fachsprache

bedienen sich die Naturwissenschaften im Allgemeinen und die Chemie im Besonderen einer eigenen Grammatik. Diese Grammatik ist im Gegensatz zur Alltagssprache der Schüler differenzierter und verwendet Formen, die den Schüler eher im passiven als im aktiven Sprachschatz zur Verfügung stehen [56].

Die grammatischen Besonderheiten beziehen sich auf die Morphologie, d.h. auf die Wortstruktur und die Syntax, d.h. den Satzbau. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die grammatischen Formen [56]:

<b>morphologische Form</b>	<b>Beispiel<sup>28</sup></b>
Fachbegriffe	Ion, Neutralisation, Hydroxid, Proton
Komposita	Neutralisationsreaktion, Säurerest-Ion, Indikatorfärbung, Reaktionsverlauf, Versuchsaufbau, Metall-Ion
Verben mit Vorsilben	hinzugeben, weiterreagieren
substantivierte Verben	das Eindampfen, das Neutralisieren
Zusammensetzungen mit fachspezifischen Abkürzungen	pH-Wert, H <sup>+</sup> -Ionen
<b>syntaktische Form</b>	<b>Beispiel</b>
verkürzte Nebensätze	Wird festes Natriumhydroxid in Wasser gelöst...
unpersönliche Ausdrucksweisen	Wenn man langsam die Säure hinzu tropft...
Verwendung des Passiv	Die H <sup>+</sup> -Ionen der Säure werden durch die OH <sup>-</sup> -Ionen neutralisiert.
erweiterte Nominalphrasen	Bei der Zugabe von Natronlauge zur sauren Lösung...
komplexe Attribute treten an die Stelle von Attributsätzen	die sich in der Lösung befindlichen Ionen...

**Tabelle 3:** Grammatische Besonderheiten in der Fachsprache Chemie

Die chemische Formelsprache stellt darüber hinaus eine weitere sprachliche Form dar, die mit zusätzlichen Modellvorstellungen auf sub-mikroskopischer Ebene verknüpft ist.

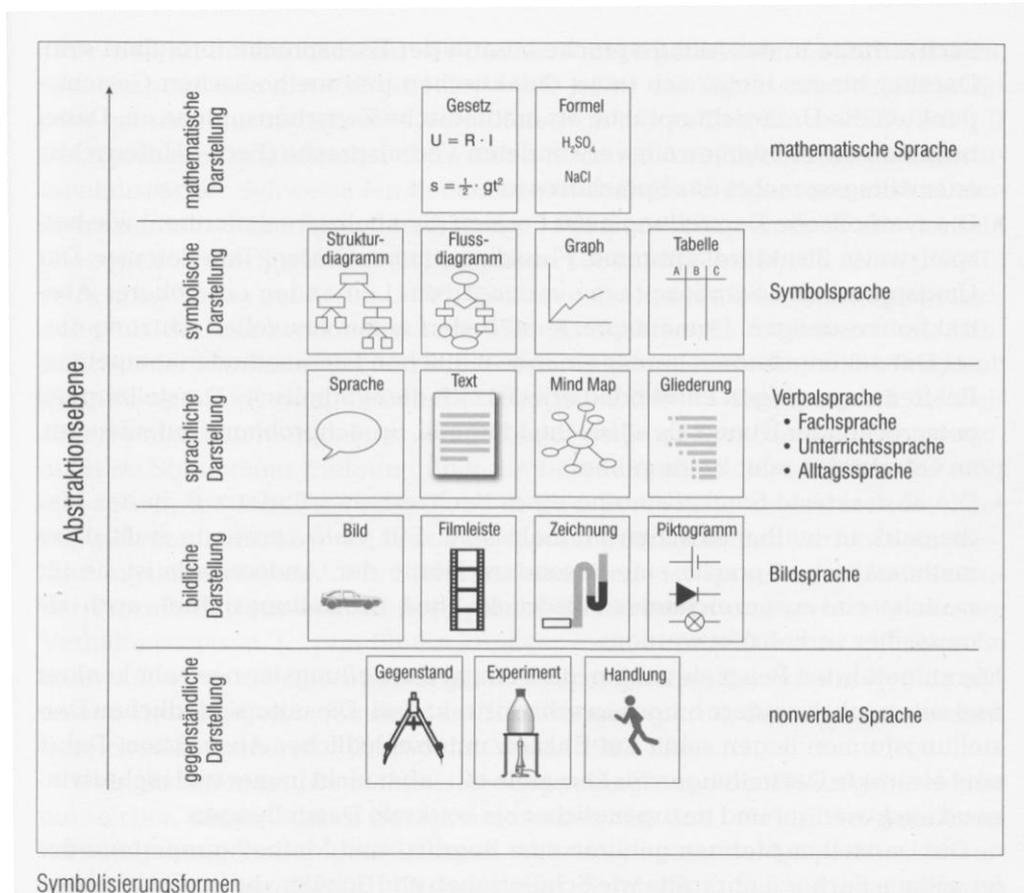
<sup>28</sup> Die Beispiele entstammen aus der vorgestellten Reihe zur Neutralisation.

#### 4.2.2.3 Symbolisierungsformen im Chemieunterricht

Im naturwissenschaftlichen Unterricht bedient man sich verschiedener Darstellungs- und Symbolisierungsformen, die eine unterschiedliche Abstraktion mit sich führen und die einen großen Teil des fachlichen Lernens ausmachen [66]. Diese Formen reichen von gegenständlichen Darstellungen, deren Inhalte nonverbal transportiert werden, bis hin zu abstrakten symbolischen Darstellungen. Zu den gegenständlichen Darstellungen gehört im Chemieunterricht das Experiment. Im BU sollte es, wie im Chemieunterricht überhaupt, eine zentrale Rolle einnehmen, um durch die konkrete Handlung Inhalte „begreifbar“ zu machen. Die bildliche Darstellung ist ebenfalls ein Mittel, Inhalte nonverbal darzustellen. So kann eine Versuchsskizze den Versuchsablauf visualisieren bzw. ein Foto eine Versuchsbeobachtung in der Nachbereitung wieder vor Augen führen.

Die sprachliche Darstellung mündet wieder in die Unterrichtssprache mit den bereits dargestellten Facetten und einer breiten Palette an Textformen. Die Symbolsprache hingegen stellt die fachlichen Inhalte deutlich abstrahiert dar, so dass hierzu methodische Kenntnisse seitens der Schüler notwendig sind. Andererseits kann die symbolische Darstellung das fremdsprachliche Lernen unterstützen, da z.B. grafische Darstellungen eine sprachunabhängige Symbolisierungsform darstellen. Die höchste Ebene an Abstraktion stellt die mathematische Darstellung dar, die sich in der Chemie in der Formelsprache findet. Diese Symbolisierungsform stellt im Prinzip eine eigene Sprache mit einem eigenen Regelwerk dar, welches auf unterschiedlichen Modellen, z.B. Elektronenschalen-Modell und Gesetzen, z.B. Gesetz der Erhaltung der Masse, basiert.

Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die einzelnen Symbolisierungsformen und ihre hierarchische Anordnung in Bezug auf den Abstraktionsgrad. J. Leisen postuliert dazu, dass der Wechsel zwischen den Darstellungsformen das sprachliche Lernen besonders fördert [56].



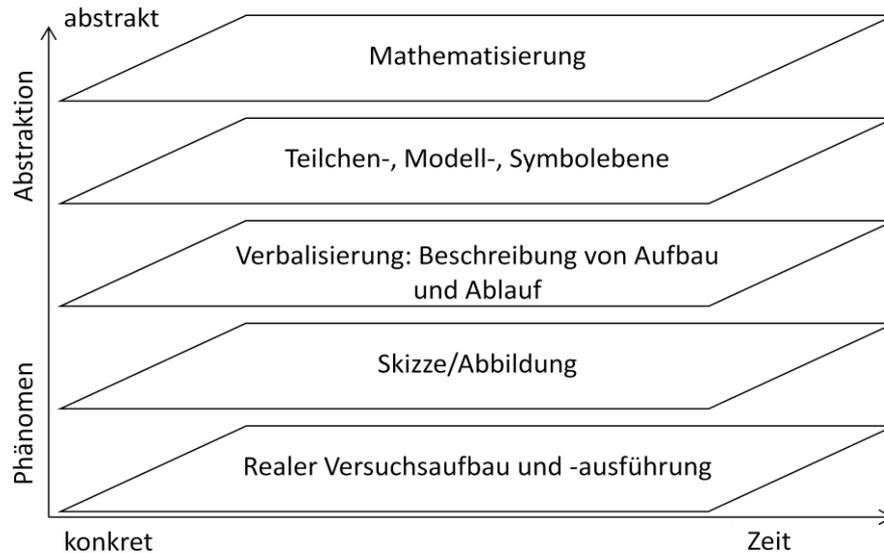
**Abbildung 8:** Symbolisierungsformen im naturwissenschaftlichen Unterricht [66, p. 153]

Das experimentelle Arbeiten wird sprachlich in den Unterricht eingebettet, da die Experimente vorbereitet, begleitet und ausgewertet werden. Im Versuchsprotokoll werden ebenfalls die unterschiedlichen Abstraktionsebenen mit einbezogen, die Symbolisierungsformen bauen dabei aufeinander auf. Das Versuchsprotokoll selbst ist eine eigene Textform, die im schulischen Lernen fast ausschließlich im naturwissenschaftlichen Bereich zur Anwendung kommt. Sie muss entsprechend von den Schülern erlernt werden, wobei gleichermaßen Schreib- und Lesefähigkeiten entwickelt werden müssen.

Die Symbolisierungsformen können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, da sie sich gegenseitig bedingen und ergänzen. So ist beispielsweise die bildliche Darstellung eines Versuchsaufbaus immer verknüpft mit der Durchführung, die verbal formuliert wird und als gegenständliche Handlung mit dem realen Experiment durchgeführt wird. Die realen Beobachtungen, d.h. die konkreten Sinneseindrücke und Messwerte werden anschließend wieder verbalisiert und in der Versuchsauswertung in eine symbolische oder mathematische Darstellung umgewandelt.

Die Symbolisierungsebenen können also anhand einer konkreten Versuchsdurchführung ausgehend vom Phänomen bis hin zur Deutung in Form einer Reaktionsgleichung

durchlaufen werde. Die einzelnen Schritte folgen dabei in einem Bottom-up-Prozess einem steigenden Grad an Abstraktion:



**Abbildung 9:** Abstraktionsebenen in der Chemie nach Leisen [56]

Ein Versuchsprotokoll folgt diesem Stufenschema, wobei die Teilchen- und Symbolebene in der Auswertung mit der Ebene der Mathematisierung verschmelzen.

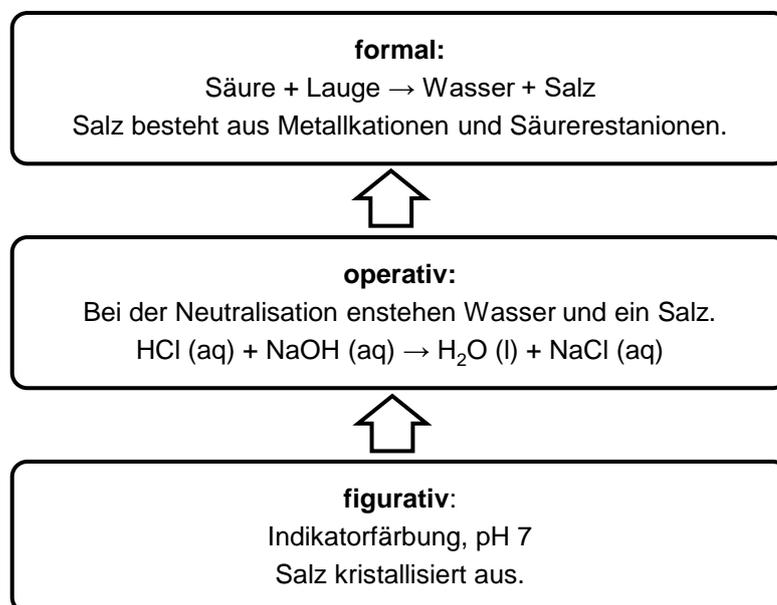
#### 4.2.2.4 Konstruktion von Konzepten in der Chemie

Die Konstruktion von Konzepten in der Chemie leitet sich in erster Linie aus experimentellen Daten und Beobachtungen ab, die laut Lavoisier die „einzige Richterin im chemischen Diskurs“ seien [zit. nach [2, p. 63]]. Fachliche Konzepte entwickeln sich aus den stofflichen Prozessen, die mithilfe von Experimenten erfasst werden.

Auf dieser Grundlage definiert Bonnet [2] verschiedene Ebenen der Abstraktion, die zur Entwicklung von Konzepten führen. Er unterteilt diese in die figurativen Abstraktionen, die sich von den konkreten Beobachtungen ableiten lassen und die operativen Abstraktionen, die sich auf einer weiteren Ebene von den figurativen Abstraktionen ableiten lassen. Bei den Beobachtungen ist man jedoch schon durch vorgegebene Kategorien gesteuert, da Beobachtungen (in der Regel) nicht unspezifisch durchgeführt werden. Für die Schule heißt dies konkret, dass durch Vorgaben (Messgeräte, Indikatoren etc.) die Schüler auf relevante Beobachtungen gelenkt werden. Diese Beobachtungen werden später in erste Hypothesen eingebunden, die dann auf einer weiteren übergeordneten Ebene zu allgemeingültigen Gesetzen und Theorien ausformuliert werden [ebd.]. Bonnets Theorie lässt sich an folgendem Beispiel darstellen:

Die Schüler führen eine Neutralisationsreaktion zwischen Salzsäure (HCl (aq)) und Natronlauge (NaOH (aq)) durch, bei der ein Indikator eingesetzt wird und die Reaktionslösung eingedampft wird. Auf der figurativen Ebene beobachten sie, geleitet durch die Verwendung des Indikators, dass der Farbumschlag bedeutet, dass sich bei der Reaktion ein pH-Wert von 7 einstellt. Der Prozess des Eindampfens leitet sie zu der Beobachtung, dass bei der Reaktion ein salzartiger Stoff entsteht. Auf der operativen Ebene schlussfolgern die Schüler aus ihren Beobachtungen, dass die Reaktionsprodukte Wasser und ein Salz sein müssen, in diesem Fall handelt es sich um Kochsalz. Zu diesem Zeitpunkt wird schon eine Reaktionsgleichung erstellt, d.h. aus den Beobachtungen auf der makroskopischen Ebene wird eine Interpretation in der submikroskopischen Ebene vorgenommen, allgemeinsprachlich formulierbare Vorgänge werden in die Symbolsprache umgewandelt.

Die Ergebnisse, die auf der operativen Ebene formuliert werden, können nun auf einer übergeordneten, formalen Ebene verallgemeinert werden [2]. In diesem konkreten Fall führen sie zur Formulierung der Hypothese, dass bei einer Neutralisation immer Wasser und ein Salz aus den entsprechenden Metallkationen der Lauge und den Säurerestanionen entstehen und dass diese Reaktion auf alle Säuren und Laugen übertragbar ist. Es wird während der Erarbeitung von Konzepten damit ein Bottom-up-Prozess durchlaufen:



**Abbildung 10:** Prozess der Konzeptbildung nach Bonnet [2]

Das Wissen, d.h. die Konzepte und Kompetenzen werden im sprachlichen Diskurs ausgehandelt. Sprache und Interaktion stehen im Zentrum der Wissens- und Begriffsbildung, nehmen also, wie in Abschnitt 3.3 erläutert, eine zentrale Rolle ein. Daraus

lässt sich folgern, dass die intensive Auseinandersetzung mit der Sprache, wie sie im BU stattfindet, zu einer entsprechenden Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten führt.

Die in der Chemie so typische Nomenklatur und Formelsprache mit ihrer künstlichen Kombinatorik ersetzt im fachlichen Diskurs zunehmend die natürliche Sprache. Verwendet man nur die chemische Formelsprache, bleiben Kontexte, die sich aus der Erfahrung der Nutzer ergeben, auf der Strecke. Bildliche und „begriffliche“ Verknüpfungen werden unterdrückt, so dass eine Wissensverknüpfung mit bereits Erlerntem nicht unbedingt erfolgen kann. Die auf Logik aufgebauten Beziehungen zwischen Stoffen und ihren Reaktionen, die durch Reaktionsgleichungen ausgedrückt werden, werden nun zeitlich und räumlich unabhängig erfahren, da der situative Kontext nicht mehr unbedingt gegeben ist.

Es stellt sich dabei die Frage, wie diese fachliche Logik seitens der Schüler konzeptuell verankert ist. Der Gebrauch von Reaktionsgleichungen allein kann hierüber nur wenig Aufschluss geben, da ein korrekter Gebrauch an sich keine Rückschlüsse auf die Herangehensweise zulässt. Fehlerhafte Reaktionsgleichungen können diese Rückschlüsse erlauben, allerdings nur, wenn es sich regelmäßig wiederkehrende Fehler handelt, z.B. ein wiederholtes Weglassen der Klammern in  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Eine sprachliche Begleitung bei der Problemlösung lässt hingegen diese Rückschlüsse zu. Sprachanalyse ist daher ein effizientes Instrument zur Diagnostik. Die Sprachanalyse kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. In Phasen der Einzelarbeit kann die Methode des „lauten Denkens“ verwendet werden, bei der die Schüler jeden Denkschritt entsprechend sprachlich begleiten [67]. Diese Methode ist im Regelunterricht nur begrenzt möglich, da ein Lehrer nur einen Schüler gleichzeitig beachten kann. Eine abgewandelte Möglichkeit stellt eine schriftliche Form dar, bei der die Schüler ihre Denkschritte ausformulieren. Dies erfordert einen größeren Zeitaufwand.

Eine andere Möglichkeit stellt die Analyse der Interaktion innerhalb der gesamten Klasse oder während Gruppenarbeitsphasen dar. Hier können mehrere Schüler gleichzeitig erfasst werden. Allerdings hat auch diese Methode ihre Grenzen, da die Sprechanteile der Schüler innerhalb des Unterrichts zeitlich begrenzt sind. Es ist jedoch im Regelunterricht die Methode der Wahl. Da nun im BU durch die stärkere Reflexion des Sprachgebrauchs Sprache insgesamt bewusster eingesetzt wird (vgl. Abschnitt 2.6.2), sollte die Analyse zu stichhaltigeren Ergebnissen führen als im deutschsprachigen Unterricht. Da es sich um eine Diagnose von Defiziten handelt, stehen Brüche im Kommunikationsfluss im Fokus. Dazu muss jedoch sicher gestellt sein, dass diese Brüche nicht die Folge von allgemeinsprachlichen Defiziten sind. Die Grundlagen und Voraussetzungen im Fremdsprachenlernen und im BU Chemie sollen dazu vorgestellt und diskutiert werden.

### 4.3 Sprachenlernen im fremdsprachlichen Unterricht

Der fremdsprachliche Unterricht zielt auf die Entwicklung einer anwendungsorientierten und funktionalen sprachlichen Kompetenz ab. Diese Kompetenz teilt sich in zwei wesentliche Bereiche auf. Einen Bereich bildet die Sprachproduktion, zu der die mündliche und schriftliche Ausdrucksfähigkeit zählen. Den anderen Bereich bildet die Sprachrezeption, unter die das Hör- und Leseverständnis kontinuierlicher und diskontinuierlicher Texte subsumiert werden. Eine weitere sprachliche Kompetenz ist die Sprachmittlung, zu deren Entwicklung rezeptive und produktive Kompetenzen notwendig sind. Die Schüler entwickeln dabei die Fähigkeit, Inhalte in jeweils der anderen Sprache wiederzugeben [68].

Im Englischunterricht werden diese Kompetenzen im Zusammenhang von „Verwendungssituationen im Alltag, der Aus- und Weiterbildung sowie in Situationen der berufsorientierten Kommunikation“ [ebd., p. 11], entwickelt. In diesem Zusammenhang lässt sich auch die Bedeutung des bilingualen Unterrichts für die Gesamtentwicklung fremdsprachlicher Kompetenzen erkennen, da hier der Spracherwerb für die Schüler in bedeutsamen und authentischen Anwendungssituationen verläuft.

Die Entwicklung der fremdsprachlichen Kompetenz durch den gesteuerten Zweitspracherwerb im Unterricht ist, wie die Entwicklung der Fachsprache, ein fließendes Kontinuum, welches bereits in der Primarstufe einsetzt und bis zum Schulabschluss andauert. Durch die zunehmende Vernetzung und Technisierung mit Englisch als Lingua franca setzt sich die Ausbildung der sprachlichen Kompetenzen in den meisten Fällen auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung und im Alltag fort.

Um die im Kernlehrplan geforderte funktionale und anwendungsorientierte Kompetenz zu entwickeln, werden verschiedene Kategorisierungen vorgenommen bzw. Teilkompetenzen gefördert, die dann in ihrer Gesamtheit zur sprachlichen Fähigkeit der Lernenden beitragen. Zu diesen Teilkompetenzen, die auch zur Entwicklung der Diskursfähigkeit im bilingualen Unterricht beitragen, gehören die kommunikativen Kompetenzen (Sprachproduktion und –rezeption), die Verfügbarkeit sprachlicher Mittel (Grammatik, Wortschatz) und vor allem methodische Kompetenzen, die zu einem großen Teil mit den kommunikativen Kompetenzen kongruent sind, zu denen aber auch weitere methodische Fertigkeiten zur Erschließung und Produktion unterschiedlicher Textformen zählen. Dazu gehören Methoden wie das „quer lesen“, Erstellen von Notizen, Zusammenfassungen und die sprachliche Darstellung mithilfe geeigneter Medien [68] [69].

Neben diesen Kompetenzen spielt im Fremdsprachenunterricht auch die Entwicklung der interkulturellen Kompetenz eine wichtige Rolle. Hierbei sollen die Lernenden ein Verständnis für die Sicht- und Lebensweisen anderer Kulturen erwerben. Die Rolle der

interkulturellen Kompetenz im bilingualen Unterricht im allgemeinen und im bilingualen Chemieunterricht im Besonderen wurde bereits an anderer Stelle diskutiert (vgl. Kapitel 2.5.1) und soll hier nicht noch einmal aufgeführt werden, da der fremdsprachliche Unterricht vor allem die sprachlichen Teilkompetenzen vorbereiten und unterstützen soll. Im Folgenden sollen die einzelnen Teilkompetenzen, die für den bilingualen Chemieunterricht von Bedeutung sind, näher erläutert werden.

#### **4.4 Verfügbarkeit sprachlicher Mittel**

Der Erwerb der sprachlichen Mittel stellt naturgemäß die Grundlage des fremdsprachlichen Lernens dar. Sie bilden das Grundgerüst, auf dessen Basis Sprache funktioniert. Die sprachlichen Mittel untergliedern sich dabei in Grammatik, Wortschatz, Aussprache und Intonation und die Orthographie [68] [69]. Während letzterer Aspekt für den BU nur eine untergeordnete Rolle spielt, da ein großer Teil der Kommunikation mündlich verläuft und die Befolgung der orthographischen Regeln nur bedeutend ist, wenn ohne sie das Textverständnis gehindert wird, spielen die anderen sprachlichen Mittel eine wichtige Rolle. Zu den sprachlichen Mitteln kommen dann die methodischen Kompetenzen, die Sprachstrategien.

Für den BU ist von genereller Bedeutung, zu welchem Zeitpunkt der Spracherwerb im Fremdsprachenunterricht erfolgt, da die Entwicklung der sprachlichen Mittel hierarchisch geordnet ist, so kann z.B. die Formulierung von Bedingungssätzen nicht ohne die entsprechenden Zeitformen erfolgen. Das Conditional I, welches zur Formulierung von Hypothesen notwendig ist, kann erst gebildet werden, wenn die Zeitformen des Simple Present und des will-Futurs beherrscht werden. Bei der Darstellung der sprachlichen Mittel wird daher auch der Zeitpunkt der Einführung im Englischunterricht in Betracht gezogen. Da dabei in den entsprechenden Kernlehrplänen nur die Kompetenzerwartungen am Ende der jeweiligen Progressionsstufen, d.h. am Gymnasium mit G8 am Ende der Jahrgangsstufen 6, 8 und 9 [68] und sowie in der Realschule am Ende der Jahrgangsstufen 6, 8 und 10 [69], erfolgt die Einordnung in Orientierung an jeweils gültigen Schulbüchern der beiden Schulformen.

##### **4.4.1 Grammatik**

Die grammatischen Grundlagen zur Diskursfähigkeit gliedern sich auf in unterschiedliche strukturelle Elemente, die voneinander getrennt betrachtet werden. Es handelt sich dabei um die Verwendung von Zeitformen und den Satzbau. Der Satzbau impliziert jedoch grundlegende Kenntnisse über den Gebrauch der einzelnen Wortarten wie Nomen,

Pronomen, Verben, Adjektive, adverbiale Bestimmungen, Präpositionen und Konjunktionen, da hierdurch das grundlegende Satzgerüst generiert wird. Im Folgenden werden die einzelnen grammatischen Aspekte und ihre Funktion innerhalb des BU Chemie dargestellt.

Grammatische Elemente	Funktion im BU Chemie
Simple Present	Beschreibung naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten, Beschreibung von Daten, graphischer Darstellungen, Zusammenfassungen
Present Progressive	Beschreibung von gerade ablaufenden Vorgängen
will-Future	Vermutungen, Hypothesen, Vorhersagen (Ablauf ist unbekannt)
going to-Future	Versuchsplanungen (Ablauf ist bekannt)
Conditional I	Hypothesen der Form „was wäre, wenn...“
Simple Past	Beschreibung von abgeschlossenen Vorgängen, z.B. Versuchsbeobachtungen im Protokoll
Present Perfect	Beschreibung von abgeschlossene Handlungen mit Auswirkung auf Gegenwart, z.B. Voraussetzungen
Passiv (in allen Zeitformen)	Beschreibung von Vorgängen, z.B. Versuchsvorschriften
Conditional II mit modalen Hilfsverben, z.B. would, should + Infinitiv	Bewertung von Hypothesen nach ihrer Wahrscheinlichkeit
Adjektive, Adverbien	Beschreibung von Stoffen und Vorgängen
Steigerung von Adjektiven und Adverbien	Vergleiche von Stoffen und Vorgängen

**Tabelle 4:** Grammatische Elemente und ihre Bedeutung für den BU

#### 4.4.2 Wortschatz

Generieren die grammatischen Elemente das Grundgerüst, so füllt der Wortschatz dieses Gerüst mit bedeutungstragenden Elementen aus. Die Entwicklung des Wortschatzes ist wie die Grammatik ein kontinuierlicher Prozess, der in einigen Bereichen hierarchisch strukturiert ist. So kann die Bildung von Ordnungszahlen erst nach der Einführung der Grundzahlen erfolgen. Neben dem eigentlichen Fachwortschatz, der durch die Unterrichtsinhalte generiert wird, wird auch ein Grundwortschatz benötigt, durch den die Teilhabe am BU ermöglicht wird, da dieser Grundwortschatz einerseits allgemeine

sprachliche Fähigkeiten gewährleistet, andererseits die Grundlage für Sprachstrategien liefert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die für die Chemie bedeutsamen Wortfelder im Grundwortschatz:

Wortfeld	Bedeutung in der Chemie
Zahlen	Beschreibung von Größen
Buchstabieren	Verwendung der Formelschreibweise
Mengenangaben	Beschreibung von Stoffportionen
Farben	Eigenschaften von Stoffen
Gerüche	Eigenschaften von Stoffen
Eigenschaften wie Aggregatzustände, Oberflächenbeschaffenheit, Strukturen	Eigenschaften von Stoffen
Zustandsverben <sup>29</sup>	Beschreiben von Stoffen und Beobachtungen
Tätigkeitsverben	Beschreiben von Reaktionsabläufen
Verben zur Äußerung von Vermutungen, Meinungen	Aufstellen und Diskussion von Hypothesen
Größen	Umgang mit Messwerten
Diagramme	Beschreiben von Reaktionsverläufen, Änderung von Größen

**Tabelle 5:** Wortfelder und ihre Bedeutung für den BU Chemie

#### 4.4.3 Aussprache und Intonation

Angelehnt an den Kernlehrplan Englisch sollen die Schüler bekannte Aussprachemuster korrekt verwenden, so dass sie, auch wenn ihre Sprache einen hörbaren Akzent aufweist, verstanden werden können. Die Intonation soll von ihnen an das entsprechende Satzmuster, z.B. Aussagesatz oder Fragesatz angepasst werden [68] [69].

Für den BU Chemie ist der Aspekt der Aussprache von Bedeutung, da durch die sprachliche Nähe der beteiligten Sprachen die Aussprache Aufschluss darüber geben

<sup>29</sup> Bei den Zustandsverben und den Tätigkeitsverben geht es nicht nur um die Wortfelder an sich. Ihr Gebrauch impliziert auch die korrekte Verwendung der *Simple* und *Progressive Forms*, sie beinhalten daher auch eine grammtische Dimension.

kann, in welcher Sprache sich der Schüler gedanklich „bewegt“. Beispiele dafür stellen folgende Paare dar:

Deutsch mit Aussprache	Englisch mit Aussprache
Hydroxid [hüdroxied] <sup>30</sup>	hydroxide [haidroxeid]
Chlorid [kloried]	chloride [kloreid]
Calcium [kalzium]	calcium [calssium]
pH [peha]	pH [pi-äitsch]
Neutralisation [neutralisation]	neutralisation [njutrilaisäischen]

**Tabelle 6:** Beispiele für schriftsprachliche Nähe, aber unterschiedliche Aussprache

Bei der Verwendung der Formelschreibweise, bei der Deutsch und Englisch schriftsprachlich identisch sind, kann die sprachliche Umgebung des Schülers allein durch die Aussprache detektiert werden. Als sprachliches Mittel müssen dazu die Schüler über das englische Alphabet verfügen.

#### 4.4.4 Sprachstrategien

Die Sprachstrategien umfassen methodische Kompetenzen seitens der Schüler, die es ihnen ermöglichen, ihre sprachlichen Fähigkeiten in der jeweiligen Situation einzusetzen. Die Kompetenzen in den Bereichen Grammatik und Wortschatz generieren damit die Sprachstrategien. Dazu kommen allgemeine Kompetenzen, die die Schüler in anderen Fächern erworben haben, z.B. Führen einer Diskussion, Erstellen von graphischen Darstellungen, Durchführen einer Recherche etc. Die Sprachstrategien sind daher auch fächerübergreifend zu verstehen. Neben den allgemeinen Strategien existieren auch Fähigkeiten, die für den Umgang mit einer Fremdsprache bezeichnend sind, aber sicherlich auch auf den deutschsprachigen Unterricht übertragen werden können. Dazu zählen beispielsweise Herangehensweisen im Umgang mit Texten. Die folgende Übersicht gibt einen Überblick über die wichtigsten Sprachstrategien:

---

<sup>30</sup> Die Angabe der Aussprache erfolgt normalerweise mithilfe des phonetischen Alphabets. Zum leichteren Verständnis wird die Aussprache nach deutscher Schreibweise angegeben.

<b>Allgemeine Strategien</b>	<b>Bedeutung für den BU Chemie</b>
Bildbeschreibung und -beschriftung	Umsetzen von Text in Bild und umgekehrt, z.B. bei Skizzen zum Versuchsablauf
Umgang mit Diagrammen	Daten in ein Diagramm einsetzen, Messwerte interpretieren
Leseverständnis „reading for gist“	eine Grundidee über den Inhalt eines Textes erhalten
„scanning“ von Texten - Suche nach Schlagwörtern	Thema eines Textes und seine Kernaussagen verstehen
„skimming“ von Texten - Suche nach wichtigen Information	Kernaussagen eines Textes verstehen
Erstellen eines Textes nach einer Vorlage	Erstellen von Versuchsprotokollen
Stichpunkte formulieren	Fachliche Zusammenhänge zusammengefasst darstellen
Inhaltsangaben erstellen	Kernaussagen eines Textes zusammengefasst darstellen
Mind Maps, Concept Maps	Fachbegriffe in Sinnzusammenhänge setzen, Wissen strukturiert darstellen
<b>Fremdsprachliche Strategien</b>	<b>Bedeutung für den BU Chemie</b>
Führen von Vokabellisten und Glossaren	Neuen Wortschatz zugänglich machen und in Sinnzusammenhang setzen
Worterschließungsstrategien: Erfassen unbekannter Wörter aus dem Kontext oder dem Wortstamm	Erschließen neuer Wörter und Wendungen, Erkennen von sprachlichen Zusammenhängen Verknüpfung Formel - Name
Umgang mit dem Wörterbuch, z.B. Kenzeichnung zur Unterscheidung von technischem und allgemeinsprachlichem Wortschatz kennen	Selbständiges Erarbeiten von neuem Wortschatz, Bedeutungen im korrekten Sinnzusammenhang verwenden

**Tabelle 7:** Sprachstrategien und ihre Bedeutung im BU Chemie

#### 4.4.5 Umsetzung der sprachlichen Voraussetzungen im Fach Englisch

Der Kernlehrplan Englisch ist kompetenzorientiert aufgebaut, es werden daher Aussagen zu den Kompetenzerwartungen am Ende der jeweiligen Progressionsstufen (vgl. 4.4.) getroffen. Diese sind jedoch als verbindlich anzusehen und beinhalten konkrete Vorgaben zu grammatischen Elementen, Wortschatz und Sprachstrategien [68], [69].

Es wurde parallel zur Analyse der Lehrpläne ein Abgleich mit Schulbüchern für die entsprechenden Schulformen vorgenommen. Eine Progressionsstufe umfasst zwei Jahre, die Verbindlichkeiten sind jeweils für den Endpunkt dieses Zeitraumes formuliert. Da der Chemieunterricht in Stufe 7 einsetzt, könnten einige sprachliche Fähigkeiten zu diesem Zeitpunkt noch nicht verbindlich eingeführt sein, seitens des Schulbuchs kann dies jedoch schon der Fall sein. In der folgenden Übersicht sind die wichtigsten Voraussetzungen im Vergleich zur Lehrplanvorgabe und den Schulbüchern dargestellt. Innerhalb der Schulbücher ist die Reihenfolge den Lehrern nicht vorgeschrieben, durch den Aufbau der Bücher in einem Spiralcurriculum mit immanenter Wiederholung ist die Erarbeitung der Lektionen in ihrer angebotenen Reihenfolge sinnvoll. Nicht alle Aspekte sind vom Lehrplan als obligat vorgeschrieben, wie die nachfolgende Gegenüberstellung zeigt:

Voraussetzung	Realschule		Gymnasium (G8)	
	Lehrplan	Umsetzung [70]	Lehrplan	Umsetzung [71]
Simple Present	Ende 6	5	Ende 6	5
Present Progressive	Ende 6	5	Ende 6	5
will-Future	Ende 6	6	Ende 6	6
going to-Future	Ende 6	6	Ende 6	6
Simple Past	Ende 6	5, 6	Ende 6	5, 6
Present Perfect	Ende 6	6, 7	Ende 6	6, 7
Conditional I	Ende 8	6	Ende 8	6
Conditional II	Ende 8	7	Ende 8	7
Passiv	Ende 8	8	Ende 8	7
Adjektive	Ende 6	5	Ende 6	5
Adverbien	Ende 6	6	Ende 6	6
clauses of comparison	Ende 6	6 (Adjektive) 6 (Adverbien)	Ende 6	6 (Adjektive) 6 (Adverbien)
Modale Hilfsverben	Ende 8	5 (can, have, must, have to, need), 7 (be able, be allowed, would, should)	Ende 8	5 (can, have, must, have to, need), 7 (be able, be allowed, should, would)

Fortsetzung nächste Seite

Voraussetzung	Realschule		Gymnasium (G8)	
	Lehrplan	Umsetzung [70]	Lehrplan	Umsetzung [71]
Zahlen	Ende 6	5 (0-100, Ordnungszahlen) 6 (Zahlen mit Komma, 0-1000)	Ende 6	5 (0-100, Ordnungszahlen) 6: Zahlen mit Komma, 0-1000)
Maßeinheiten		5 (Geld) 8 (Geschwindigkeit)		5 (Geld) 8 (Geschwindigkeit)
Mengenangaben	Ende 6	5	Ende 6	5
Grundfarben	Ende 6	5	Ende 6	5
Zustandsverben		6 (?)		6 (?)
Meinungsäußerung	Ende 8	6, 7	Ende 8	6
Arbeit mit kurzen Sachtexten	Ende 8		Ende 8	
Beschreiben von Diagrammen		9		
Arbeit mit Tabellen				8
Bildbeschreibung		6, 7		5, 6
Arbeit mit längeren Originaltexten	Ende 8	8	Ende 8	
Erschließen unbekannter Wörter		5 (Kontext), 7 (Relativsätze zur Umschreibung)		5 (Kontext), 6 (Relativsätze zur Umschreibung)
Umgang Wörterbuch	Ende 6 (zweisprachig)	5 (allg.), 7 (thematisch)	Ende 6 (zweisprachig)	5 (allg.), 7 (thematisch)
Mind Maps		5		5
Lesetechniken: „scanning“, „reading for gist“, „skimming“		6 (Scanning, Topic Sentences; Markieren von Textstellen, Strukturieren) 7 (Skimming) 8 (Skimming, Scanning)		6 (Scanning, Topic Sentence, Markieren von Textstellen, Strukturieren)
Stichpunkte erstellen		5, 6		5
Inhaltsangabe	Ende 8	8	Ende 8	8

**Tabelle 8:** Sprachliche Voraussetzungen und die Umsetzung im Englischunterricht

Es zeigt sich, dass die notwendigen Voraussetzungen spätestens am Ende der Klasse 8 eingeführt sind. Mit dem Einsetzen des Chemieunterrichts in Klasse 7 kann also bereits auf eine Reihe von sprachlichen Kompetenzen zurückgegriffen werden. Bei diesem frühen Einsatzzeitpunkt ist allerdings zu beachten, dass der Fremdsprachenunterricht in den Klassen 5 und 6 darauf abzielt, den Schülern eine fremdsprachliche Handlungsfähigkeit im Alltag zu ermöglichen, die Sprache hat demnach eine soziale Funktion und entspricht in ihrer Grammatik und Lexik dem umgangssprachlichen Niveau von BICS. Im Sachfachunterricht werden dem gegenüber Elemente der Bildungssprache CALP gefordert. Neben der Vermittlung des Fachlexikons muss im BU auch strukturelle Arbeit geleistet werden, damit die Schüler über die entsprechenden Sprachelemente in Grammatik, Lexik und Syntax verfügen [72].

## **5 Entwicklung und Durchführung der Studie I**

Im folgenden Abschnitt wird der erste Durchgang der qualitativen Studie vorgestellt [73]. Dazu gehören die Vorüberlegungen, die das Fundament für die Planung und Durchführung darstellen. Es werden dann ausgehend von den Forschungsfragen die Forschungsinstrumente entwickelt. Es erfolgt dann ein Überblick über die Planung der Unterrichtsreihe mit einer Übersicht über die Stundeninhalte. Im Anschluss erfolgen eine Darstellung des Unterrichtsverlaufs mit den Ergebnissen und eine Diskussion in Bezug auf die Forschungsfragen.

### **5.1 Didaktische Vorüberlegungen**

Die zu entwickelnde Unterrichtsreihe sollte mehreren Ansprüchen genügen:

- 1) Innerhalb der Einheit sollten unterschiedliche Kompetenzen entsprechend der Vorgaben durch die Kernlehrpläne zur Anwendung gelangen [10] [42]. Neben den prozessbezogenen Kompetenzen, bei denen das experimentelle Arbeiten im Mittelpunkt stehen sollte, sollten vor allem die Basiskonzepte *Struktur der Materie* und *Chemische Reaktion* fokussiert werden. Durch das Einbeziehen des experimentellen Arbeitens sollten die Schüler ihre Beobachtungen auf makroskopischer Ebene auf die sub-mikroskopische Ebene übertragen. Dies erfordert das Durchlaufen mehrerer

Abstraktionsniveaus (vgl. 4.2.2.3, Abb. 7), wobei das Arbeiten mit Modellvorstellungen aufgrund der in den Kapiteln 3 und 4 erarbeiteten Hypothesen in einen besonderen Fokus gerückt wird.

2) Die Unterrichtseinheit sollte experimentorientiert sein, so dass die Schüler ausreichend Gelegenheit zum eigenständigen Handeln erhalten. Die damit verbundene Gruppenarbeit führt dann entsprechend zu Phasen des Sprachwechsels und der daraus hervorgehenden Diagnosemöglichkeit durch den Vergleich des Sprachgebrauchs.

3) Die Einheit sollte in einer Klassenstufe durchgeführt werden, in der der Spracherwerb im Englisch so weit fortgeschritten ist, dass den Schülern die notwendigen sprachlichen Handlungsmuster zur Verfügung stehen, so dass das Unterrichtsgespräch nicht durch defizitäre Sprachkenntnisse gehemmt wird.

4) Die Einheit sollte gleichermaßen im Gymnasium und in der Realschule durchgeführt werden, wobei in beiden Schulformen die fachlichen Inhalte im selben Lernjahr Chemie im Lehrplan verortet werden sollten, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Nach dem Vergleich der Kernlehrpläne Chemie für Gymnasium [10] und Realschule [42] stellten sich die Inhaltsfelder *Saure und alkalische Lösungen* (Gymnasium) und *Säuren, Laugen, Salze* (Realschule) als besonders geeignet heraus. In beiden Schulformen ist das Inhaltsfeld im 3. Lernjahr angesiedelt, welches der Klasse 9 entspricht. Bei genauerer Betrachtung der zu vermittelnden fachlichen Konzepte zeigt sich, dass diese in beiden Schulformen annähernd gleich sind:

Einordnung KLP	Gymnasium [10]	Realschule [42]
Umgang mit Fachwissen	Säuren als Stoffe einordnen, deren wässrige Lösungen Wasserstoff-Ionen enthalten.	Beispiele für saure und alkalische Lösungen nennen und ihre Eigenschaften beschreiben.
Erkenntnisgewinnung <i>Säuren und Laugen</i>	Die alkalische Reaktion von Lösungen auf das Vorhandensein von Hydroxid-Ionen zurückführen. Den Austausch von Protonen als Donator-Akzeptor-Prinzip einordnen.	Säuren bzw. Basen als Stoffe einordnen, deren wässrige Lösungen Wasserstoff-Ionen bzw. Hydroxid-Ionen enthalten. Mit Indikatoren Säuren und Basen nachweisen und den pH-Wert von Lösungen bestimmen. Stoffmengenkonzentrationen an einfachen Beispielen saurer und alkalischer Lösungen erklären.

Fortsetzung nächste Seite

Einordnung KLP	Gymnasium [10]	Realschule [42]
<p>Umgang mit Fachwissen</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p><i>Neutralisation</i></p>	<p>Ionen in sauren und alkalischen Lösungen</p> <p>Neutralisation</p> <p>Protonenaufnahme und Abgabe an einfachen Beispielen</p> <p>stöchiometrische Berechnungen</p>	<p>Neutralisation mit dem Prinzip Protonenakzeptor und -donator erklären.</p> <p>Neutralisationen mit vorgegebenen Lösungen durchführen.</p> <p>Unter Verwendung von Reaktionsgleichungen die chemische Reaktion bei Neutralisationen erklären und die entstehenden Salze benennen.</p> <p>Die Salzbildung bei Neutralisationsreaktionen an Beispielen erläutern</p>
<p>Umgang mit Fachwissen</p> <p>Erkenntnisgewinnung</p> <p><i>Wasser</i></p>	<p>Kräfte zwischen Molekülen als Van-der-Waals-Kräfte, Dipol-Dipol-Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen bezeichnen.</p>	<p>Wasser als Lösungsmittel</p> <p>Die räumliche Struktur und den Dipolcharakter von Wassermolekülen mit Hilfe der polaren Elektronenpaarbindung erläutern.</p> <p>Wasserstoffbrückenbindungen</p>
<p>Kommunikation</p> <p><i>Modelle</i></p>	<p>Stoffe durch Formeln und Reaktionen durch Reaktionsgleichungen beschreiben.</p> <p>Zusammensetzung und Strukturen verschiedener Stoffe mit Hilfe von Formelschreibweisen darstellen.</p> <p>Teilchen zur Visualisierung modellhaft darstellen (z. B. Kugelteilchen oder andere Modelle)</p>	<p>Unter Verwendung von Reaktionsgleichungen die chemische Reaktion bei Neutralisationen erklären und die entstehenden Salze benennen</p> <p>Modelle, auch in formalisierter oder mathematischer Form, zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage verwenden.</p>
<p>Erkenntnisgewinnung</p> <p><i>Experimentelles Arbeiten</i></p>	<p>Schüler führen qualitative und einfache quantitative Experimente und Untersuchungen durch und protokollieren diese.</p> <p>Sie stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und grenzen Alltagsbegriffe von Fachbegriffen ab.</p>	<p>Untersuchungen und Experimente selbständig, zielorientiert und sachgerecht durchführen und dabei mögliche Fehlerquellen benennen</p> <p>Aufzeichnungen von Beobachtungen und Messdaten bezüglich einer Fragestellung interpretieren, daraus qualitative und einfache quantitative Zusammenhänge ableiten und diese formal beschreiben</p>

**Tabelle 9:** Vergleich der fachlichen Konzepte innerhalb der Vorgaben durch den KLP

Der Vergleich zeigt, dass vor allem auf der sub-mikroskopischen Ebene gleiche Inhalte durch die Lehrpläne obligat vorgegeben sind. Dabei handelt es sich um Wasserstoff- und

Hydroxid-Ionen als zentrale Bausteine von Säuren und Laugen in wässriger Lösung. Des Weiteren stellt die Darstellung der Neutralisation verschiedener Säuren und Laugen in Form von Reaktionsgleichungen einen zentralen Aspekt dar. Als Vorwissen sind in beiden Schulformen die Unterschiede zwischen Elektronenpaarbindungen und Ionenbindungen von den entsprechenden Lehrplänen vorgegeben [10] [42].

Innerhalb des Inhaltsfeldes bietet sich die Neutralisation als fachlicher Schwerpunkt an, da sich hier das experimentelle Arbeiten in Form von Schülerexperimenten durchführen lässt und die zu verwendenden Stoffe (verdünnte Säuren und Laugen mit  $c \leq 2\text{mol/L}$ ) entsprechend der Vorgaben im Schülerexperiment verwendet werden dürfen [74]. In der Klasse 9 sind in beiden Schulformen auch die allgemeinen fremdsprachlichen Voraussetzungen für den BU erfüllt (vgl. 4.1.), da diese als Kompetenzerwartungen für das Ende der Stufe 8 in den entsprechenden Kernlehrplänen formuliert sind [68] [69]. Die Neutralisationsreaktion spielt im Alltag eine wichtige Rolle, so dass sich nach der Erarbeitung der fachlichen Inhalte zur Festigung leicht Anknüpfungspunkte finden lassen, z.B. die Verwendung von Antacida bei Sodbrennen.

## 5.2 Schulische Rahmenbedingungen

Zur Untersuchung wurden folgende Klassen ausgewählt:

Klasse	Abkürzung	Anzahl Lernende	Wochenstunden Chemie	Lernjahr Chemie	Lernjahr Englisch <sup>31</sup>
Realschule, Wahlpflichtfach Chemie <sup>32</sup>	RS	16	3	3	5
Gymnasium, naturwiss.Zweig	GYM-NW	27	3	4	5
Gymnasium	GYM	28	2	3	5

**Tabelle 10:** Übersicht über die ausgewählten Klassen

In allen Klassen wurde der Unterricht als Doppelstunde (GYM) bzw. als Doppelstunde und eine Einzelstunde (RS, GYM-NW) pro Woche erteilt. In allen Stunden stand jeweils ein Chemiefachraum zur Verfügung. Bilinguale Erfahrung hatte keine der Lerngruppen. Zur Vorentlastung wurde daher vor dem Modul eine Einführung in den BU geplant, wobei

<sup>31</sup> Hier werden nur die Lernjahre in der Sekundarstufe betrachtet, Unterricht in der Primarstufe bleibt unberücksichtigt.

<sup>32</sup> In der Realschule NRW kann Chemie ab der Klasse 7 als Wahlpflichtfach gewählt werden. Es zählt als Hauptfach, in dem auch Klassenarbeiten geschrieben werden.

auch der notwendige Fachwortschatz eingeführt wurde. In allen Klassen wurde vor der Durchführung des BU eine Hospitationsphase von 2-3 Unterrichtsstunden durchgeführt, um einen Überblick über die Lerninhalte, die im Zusammenhang mit dem Thema Säuren und Laugen bisher erarbeitet worden waren, zu erhalten.

Eine Durchführung der Reihe als rein deutschsprachige Version in einer weiteren Klasse der Stufe wurde nicht vorgesehen, da zum einen die Neutralisation als Unterrichtsthema von der Verfasserin dieser Arbeit in mehreren Klassen durchgeführt wurde und die hier erstellte Unterrichtsreihe grob dieser Unterrichtserfahrung entspricht. Die Hospitationsphase diente als Grundlage der Auswertung des BU, denn dort wurden der Umgang mit Begriffen und den zugrunde liegenden Konzepten erfasst. Somit lagen die notwendigen Vergleichsdaten vor.

Es wurde allerdings zusätzlich eine Hospitation in einer durchgängig bilingual unterrichteten Klasse durchgeführt. Dabei handelte es sich um eine Gymnasialklasse im 9. Schuljahr, welche seit der 7. Klasse im Fach Chemie bilingual unterrichtet wird. Die Unterrichtssprache ist Englisch. Die Hospitation erfolgte innerhalb einer Unterrichtsreihe zur Neutralisation.

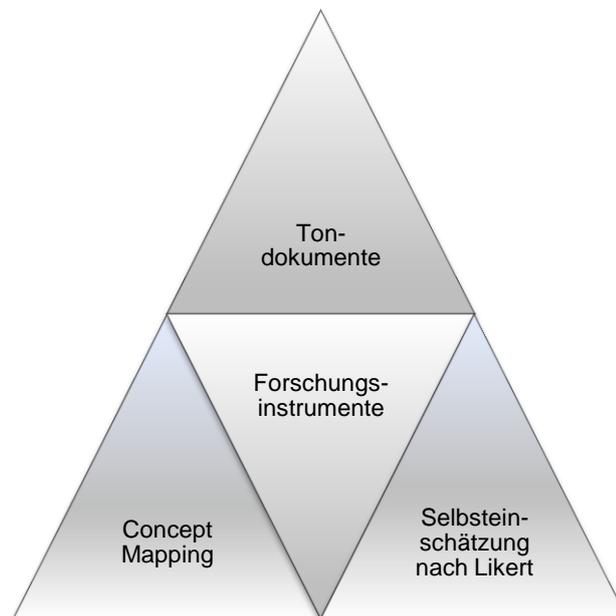
### **5.3 Forschungsfragen**

Fasst man alle Vorüberlegungen zusammen, so kann folgende übergeordnete Forschungsfrage formuliert werden: Kann der bilinguale Unterricht mit seiner sprachlichen Herausforderung an die Lernenden dazu beitragen, dass er durch Sprachreflexion und Sprachanalyse auf fachlicher Ebene als Diagnoseinstrument bezüglich der kognitiven Verarbeitung fachlicher Inhalte genutzt werden kann? Dieser zentrale, aber weit gefasste Aspekt sollte an folgenden Forschungsfragen untersucht werden:

- 1) Inwiefern nutzen die Lernenden die Formelschreibweise auf der Ebene der abstrakten sprachunabhängigen Darstellung, d.h. wie umfassend kann die Formelschreibweise die fachlichen Inhalte in beiden Sprachen für die Lernenden begreiflich machen?
- 2) Inwiefern kann der Sprachwechsel in Gruppenarbeitsphasen Grundlage für eine weitere Analyse des Fachverstehens sein, da der Sprachgebrauch Deutsch – Englisch verglichen werden kann?
- 3) Inwiefern gibt es Unterschiede in der fachlichen Herangehensweise seitens der Schüler zwischen den Schulformen Gymnasium und Realschule?

## 5.4 Forschungsinstrumente

Zur Untersuchung der Forschungsfragen und der damit verknüpften Hypothesen wurden drei Forschungsinstrumente gewählt, die sich im Gesamtbild folgendermaßen darstellen:



**Abbildung 11:** Übersicht über eingesetzte Forschungsinstrumente

Da im Fokus vor allem die Analyse der Unterrichtsgespräche auf Sachebene stand, war die Aufzeichnung der Unterrichtskommunikation das entscheidende Instrument. Hierbei gab es zwei Interaktionsebenen zu beachten. Einerseits standen die Gespräche in im gesamten Klassenplenum im Fokus der Beobachtung. Die Aufzeichnung geschah mithilfe eines Tablets und eines geeigneten Programms, welches es erlaubte, später einzelne Abschnitte für die nachfolgende Transkription kenntlich zu machen. Gewählt wurde dazu das Programm *Recordium*. Neben der Aufzeichnung der gesamten Klasse sollten in Phasen von Gruppen- und Partnerarbeit auch einzelne Gruppen aufgezeichnet werden. Dazu wurden einzelne Aufzeichnungsgeräte (Tablet, Mobiltelefone mit Sprachaufzeichnung) verwendet, die eine digitale Speicherung erlauben. In den Gruppenarbeitsphasen wurde einerseits die gesamte Klasse, aber auch jeweils drei Gruppen nach Zufallsprinzip aufgezeichnet. Bei Partnerarbeit wurden 4 Paare zufällig ausgewählt. Die Transkription ausgewählter Abschnitte erfolgt später nach der Gesprächsanalytischen Transkription (GAT-Methode)<sup>33</sup> [75]. Neben der digitalen Aufzeichnung wurden nach jeder Stunde auch Gedächtnisprotokolle verfasst.

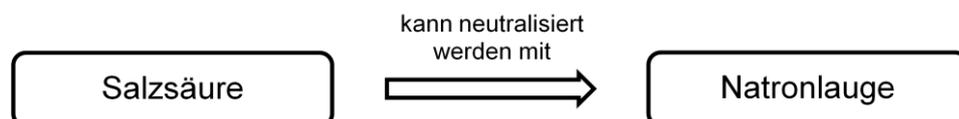
<sup>33</sup> Eine schriftliche Genehmigung seitens der Erziehungsberechtigten zur anonymisierten Veröffentlichung der Daten wurde vorab eingeholt.

Bei der Transkription werden folgende Zeichen verwendet:

Zeichen	Bedeutung
(-)	kurze Pause, ca. 0,2 - 0,5 s
(--)	mittlere Pause, ca. 0,5 - 0,8 s
(---)	längere Pause, ca. 0,8 - 1,0 s
(x s)	Pause über 1 s, x = Pausenlänge in s
[...]	Annotation durch die Autorin

**Tabelle 11:** Transkriptionszeichen nach GAT

Die Methode des Concept Mapping stellte ein weiteres Instrument dar. Eine Concept-Map wird in der Literatur auch als *Begriffslandkarte* [19, p. 194] bezeichnet. Sie sind im englischsprachigen Raum deutlich weiter verbreitet als in Deutschland, wo in der Didaktik die Methode der Mind Maps bevorzugt wird. Concept Maps stellen Wissensstrukturen dar, indem Begriffe, die sog. *Knoten* mithilfe von Relationen, die durch beschriftete Pfeile dargestellt werden, zu einem Netzwerk zusammengesetzt werden<sup>34</sup>. Die Relationen, die als Einfach- oder Doppelpfeile dargestellt werden können, werden dabei auch als *Kanten* bezeichnet und sollen eine eindeutige Zuordnung der Begriffe zueinander erlauben. Die kleinste Einheit einer Concept Map, d.h. zwei Knoten, die über eine Kante verbunden sind, wird als *Proposition* bezeichnet. Das folgende Beispiel stellt eine solche Proposition dar:



**Abbildung 12:** Beispiel einer Proposition innerhalb einer Concept Map

Concept Maps sind durch die Verwendung der Relationen aussagekräftiger als Mind Maps. Im Gegensatz zu ihnen müssen Concept Maps nicht hierarchisch strukturiert sein [76]. Durch die Propositionen, die nach ihrer fachlichen Richtigkeit kategorisiert werden können, lassen sie sich zur Wissensdiagnose einsetzen. Dazu bietet sich eine Bandbreite von Möglichkeiten an. Die Schüler können einerseits nach Vorgabe eines zentralen Begriffes die Concept Map völlig frei erstellen, andererseits können alle Knoten vorgegeben werden, so dass nur noch die Kanten beschriftet werden müssen [ebd.].

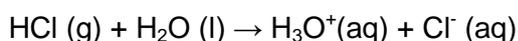
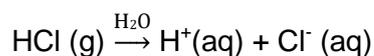
<sup>34</sup> Im Anhang (11.1) sind ein Beispiel einer Concept Map, die den Schülern zu Verfügung gestellt wurde, sowie Beispiel für Concept Maps, die von den Schülern verfasst wurden, dargestellt.

Die Schüler stellten zu Beginn der Einheit und nach der Einheit eine Concept Map auf. Dies erfolgte jeweils anonymisiert. Dazu wurde für jeden Schüler ein individueller Code verwendet, der für alle Concept Maps gleich war, so dass diese jeweils zum Vergleich zugeordnet werden konnten. Die Abfrage durch die Concept Maps sollte nicht einem klassischen Pre- und Post-Test-Design folgen, da dies nicht Teil der zentralen Fragestellung war. Die Concept Maps zu Beginn und zu Ende des BU lassen sich wie folgt darstellen:

	Concept Map vor BU	Concept Map nach BU
fachliche Inhalte	Säuren, Laugen	Neutralisationsreaktion
zentraler Begriff als Rahmenvorgabe	zwei Begriffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Säure</li> <li>• Lauge</li> </ul> Beide Einzelaspekte sollten durch einen zentralen Begriff verbunden werden.	Neutralisation
inhaltliche Vorgaben	zu verwendende Begriffe: Salzsäure, Natronlauge, Ionen, pH-Wert, Indikator, Wasserstoff, Hydroxid	keine Vorgabe von Begriffen
Sprache	deutsch	englisch (nach Möglichkeit) deutsch (als Alternative)

**Tabelle 12:** Concept Maps vor und nach dem BU im Vergleich

Wie an den dargestellten Unterschieden zu erkennen ist, verfolgten beide Concept Maps demnach ihre eigene Aufgabe. Vor dem BU ging es primär darum, die bereits erarbeiteten Lerninhalte zu erfassen. Die vorgegebenen Begriffe, die Kernkonzepte aus den entsprechenden Inhaltsfeldern abbilden, sollten verknüpft und damit gefestigt, aber auch überprüft werden. Ziel war es, einen Überblick über das Maß und Niveau der Verknüpfung zu erhalten, um ein Fundament für den folgenden Unterricht zu erstellen. Hierbei sollten auch Unterschiede zwischen den Lerngruppen erfasst werden, die für den folgenden Unterricht von Bedeutung sein konnten. Ein Beispiel dafür wäre die Herangehensweise an die Dissoziation<sup>35</sup> bzw. Protolyse von Säuren in wässriger Lösung. Hier sind je nach didaktischer Reduktion, wie am Beispiel von Salzsäure (HCl) zu sehen ist, zwei grundsätzliche Möglichkeiten denkbar:



<sup>35</sup> In dieser Arbeit wird der Begriff *Dissoziation* verwendet, da entsprechend der KLP [10] [42] zunächst das Arrhenius-Konzept und nicht das Brønsted-Konzept verwendet wird.

Die Vorgaben orientierten sich dabei an den Begriffen, denen im BU eine zentrale Bedeutung zukommen sollte. Die Concept Map diente daher als Ergänzung zur Hospitationsphase. Die zu verwendende Sprache war Deutsch, da bis zu diesem Zeitpunkt noch kein englischsprachiger Chemieunterricht durchgeführt worden war. Keine der Klassen war bisher an das Arbeiten mit Concept Maps gewöhnt, sondern hatte nach eigener Auskunft nur mit Mind Maps gearbeitet. Daraus ergab sich die Notwendigkeit zuerst eine Einführung dieser Methode durchzuführen. Dies erfolgte am Beispiel von Wasser als zentralem Begriff<sup>36</sup>.

Die Concept Map nach dem BU diente zur Erfassung der Verarbeitungstiefe der fachlichen Inhalte. Dazu wurde nur das zentrale Thema vorgegeben, da dessen Schreibung im Englisch und Deutschen identisch ist, konnte die Anbindung in beiden Sprachen geschehen. Die Wahlmöglichkeit der verwendeten Sprache geht einher mit dem Aspekt, dass BU in erster Linie Sachunterricht ist und zur Bewertung die fachlichen Inhalte herangezogen werden und nicht die Beherrschung der Fremdsprache [7].

Die Auswertung der Concept Maps sollte durch Menge der Verknüpfungen (Knoten und Kanten) [77] und einer Einordnung der verwendeten Abstraktionsebene(n) der Propositionen, z.B. eine Differenzierung zwischen Beschreiben auf phänomenologischer Ebene, der Nennung von Fachbegriffen oder Verwendung einer Formel/Reaktionsgleichung erfolgen (vgl. Abb. 9).

Als drittes Forschungsinstrument wurde eine Abfrage nach *Likert* gewählt (vgl. 11.5). In dieser Abfrage ging es um eine Selbsteinschätzung der Schüler zu den sprachlichen Aspekten des BU, z.B. zu Schwierigkeiten im Umgang mit der Fremdsprache, aber auch zu dem Umgang mit Formeln und Reaktionsgleichungen und der damit verknüpften mentalen Repräsentation. Die Schüler erhielten dazu einen Fragebogen mit neun Aussagen (vgl. Anhang). Die Skala dazu umfasste fünf Abstufungen und reichte von „1 = stimme nicht zu“ bis „5 = stimme vollkommen zu“. Diese Abfrage sollte völlig anonymisiert verlaufen.

In der Hospitationsphase wurde der Unterricht ebenfalls phasenweise aufgezeichnet. Daneben wurden die entsprechenden Arbeitsmaterialien, die von den Lehrern verwendet wurden, gesammelt. Es wurde Einblick in Schüleraufzeichnungen genommen, um einen Überblick über alle Inhalte, die bisher zu Säuren und Laugen erarbeitet wurden, zu erhalten.

---

<sup>36</sup> Das entsprechende Arbeitsblatt findet sich im Anhang (11.1.1).

## 5.5 Unterrichtsplanung

Die konkrete Planung der Unterrichtsreihe orientierte sich an den übergeordneten Lernzielen, schulischen Rahmenbedingungen und der Vorgabe, die verschiedenen Sozialformen zu kombinieren.

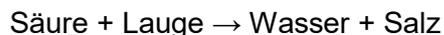
### 5.5.1 Übergeordnete Lernziele

Im Folgenden werden die kognitiven Lernziele dargestellt. Die affektiven Lernziele, die z.B. das kooperative Arbeiten in Gruppen einschließen, werden hier nicht weiter erläutert, da im Rahmen dieser Arbeit das Augenmerk auf den kognitiven Lernziele und den damit verbundenen Kompetenzen liegt. Affektive Lernziele stellen immer einen wichtigen Bereich dar und sollen daher im Rahmen dieser Arbeit auch als selbstverständlich angesehen werden. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass jede einzelne Klasse ein eigenes soziales Gefüge besitzt und daher affektive Lernziele für jede Klasse auch individuell erarbeitet werden müssen.

Aus den Vorgaben der Kernlehrpläne [10] [42] ergeben sich als übergeordnete Lernziele:

Die Schüler

- erklären, dass die wässrige Lösung einer Säure Protonen ( $\text{H}^+$  (aq)) und die einer Lauge Hydroxidionen ( $\text{OH}^-$  (aq)) enthält;
- erklären am Beispiel von Bromthymolblau, dass mithilfe von Farbumschlägen von Indikatoren saure, alkalische oder neutrale Lösungen nachgewiesen werden können;
- beschreiben die Neutralisation als eine chemische Reaktion zwischen einer Säure und einer Lauge, die nach folgender allgemeiner Reaktionsgleichung abläuft:



- erklären, dass bei der Neutralisation die Protonen und Hydroxidionen zum Wasser reagieren und das Salz aus den Metallkationen der Lauge und den Säurerestanionen entsteht;
- können die allgemeine Reaktionsgleichung auf verschiedene Säuren und Laugen übertragen.

Diese übergeordneten Lernziele sollten die Schüler auf Deutsch und auf Englisch leisten können, wobei im Englischen das Augenmerk vor allem auf der inhaltlichen Richtigkeit liegt. Die sprachliche Richtigkeit ist zweitrangig, solange sprachliche Fehler das inhaltliche Verständnis nicht hindern. Es war geplant, Fehlerkorrekturen nur vorzunehmen, wenn auftretende Fehler das inhaltliche Verständnis beeinträchtigen. Dabei sollte zwischen

grammatischen Fehlern und Wortschatzfehlern unterschieden werden. Der Fachwortschatz sollte nach entsprechender Einführung in beiden Sprachen adäquat verwendet werden. Bei Ähnlichkeiten in der Schreibweise von deutschen und englischen Begriffen, z.B. *die Neutralisation* (D) - *the neutralisation* (E) oder *Hydroxid* (D) - *hydroxide* (E), sollte auf die korrekte Aussprache geachtet werden, damit die Begriffe der korrekten Sprache zugeordnet werden können, damit die bilinguale Diskursfähigkeit ausgebildet wird. Die Schüler sollen also mit dem Begriff auch die Aussprache dem entsprechenden mentalen Wörterbuch zuordnen.

### **5.5.2 Überblick über die gesamte Unterrichtsreihe**

Aus den Lernzielen und der zeitliche Vorgabe ergibt sich im Überblick folgender Verlauf für die Unterrichtsreihe:

Stunde	Thema	Inhalt	Experiment/Medium
Vorarbeiten	Einführung bilingualer Unterricht Lernvoraussetzungen	Erarbeitung Fachwortschatz	Wortliste
1	Einführung in die Neutralisation	Wiederholung: individuelles Wissen zu Säuren und Laugen <i>Acids and alkalis: A simple mixture?</i> Reaktion von Salzsäure mit Natronlauge in Mischungsexperimenten; Reaktion einer äquimolaren Mischung mit Magnesium	Concept Map Mischungsexperimente mit Salzsäure und Natronlauge
2	Die Neutralisation: Hypothesen zum Ablauf	Versuchsbeobachtungen und Auswertung zu Mischungsexperimenten (Stunde 1) Hypothesenbildung zum Reaktionsverlauf Reaktionsgleichung: Neutralisation	Arbeitsblatt zum Experiment Tafelbild
3	Die Neutralisation: eine chemische Reaktion	<i>The neutralisation reaction – the products</i> Nachweis der Neutralisation als chemische Reaktion über die Reaktionswärme und Isolierung von Salz als Reaktionsprodukt	Experiment zur Messung der entstandenen Reaktionswärme, Eindampfen der Reaktionsmischung zur Gewinnung von Salz
4	Die Neutralisation auf Teilchenebene  Ausweitung auf weitere Säuren und Laugen	Auswertung der Schülerexperimente, Betrachtung der Neutralisation auf Teilchenebene mit beteiligten Ionen; Formulierung der Reaktionsprodukte; allgemeine Reaktionsgleichung  Anwendung der Neutralisationsreaktion auf weitere Beispiele → Erstellen von Reaktionsgleichungen mit mehrprotonigen Säuren	Arbeitsblatt zu Experimenten Tafelbild  Think-Pair-Share
5	Zusammenfassung Stoffmengen – das Mol	Partnerübung: Tandembogen zur Neutralisation Textarbeit: <i>Comparing amounts of substances</i>	Tandembogen, Partnerarbeit Arbeitsblatt
6	Abschlussuntersuchung	<i>Concept Map: Neutralisation</i> Fragebogen ( <i>Likert-Skala</i> ) zum BU Chemie	Concept Map Fragebogen

Tabelle 13: Verlauf Unterrichtsreihe Studie I

Innerhalb der Reihe widmen sich fünf Unterrichtsstunden der Erarbeitung der fachlichen Inhalte. Die sechste und letzte Stunde dient der Abschlussbefragung, wobei die Concept Map dabei auch der Wiederholung und Festigung dient, da die Schüler ihr Wissen strukturiert darstellen, wobei die Verknüpfung der Inhalte eine wichtige Rolle spielt.

Im Folgenden werden nun Beobachtungen und die entsprechenden Ergebnisse vorgestellt.

## 5.6 Hospitationsphase

Für die Hospitationsphase wurden Leitfragen erstellt, die dazu dienen sollten, gezielt Aspekte aus dem Unterricht zu erfassen, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Klassen zu gewährleisten. Zu den einzelnen Fragen sollten bei der Hospitation differenzierte Antworten gefunden werden:

- Welche Säuren, Säurerestionen und Laugen sind mit Namen und Formelschreibweise eingeführt worden und werden im Unterricht verwendet?
- Liegen die Namen und Formeln in schriftlicher Form vor, z.B. als Aufzeichnung im Schülerheft oder im Schulbuch?
- Werden gleichzeitig zu Reaktionsgleichungen in Formelschreibweise auch Wortgleichungen aufgestellt?
- Werden die Lernenden zum selbständigen Aufstellen von Reaktionsgleichungen, z.B. in Einzel- oder Gruppenarbeitsphasen angehalten?
- In welcher Form sind die Schüler an Experimente im Unterricht gewöhnt, wie selbständig können sie experimentieren?

### 5.6.1 Beobachtungen im Unterricht

Es zeigte sich, dass bei den fachlichen Inhalten in allen Klassen eine ähnliche Herangehensweise gewählt wurde. Es wurden innerhalb des Themenfeldes zunächst Säuren und ihre Eigenschaften erarbeitet, bevor dann die Laugen und ihre Eigenschaften im Fokus standen. Die Ionenbindung und Salze waren vor diesem Inhaltsfeld erarbeitet worden. Den Schülern stand für den Unterricht und die häusliche Nacharbeitung ein Schulbuch der entsprechenden Schulform zur Verfügung<sup>37</sup>, im Unterricht wurde allerdings nur in der Gruppe RS das Buch genutzt. Hierbei ging es vor allem um die Erarbeitung von fachlichen Inhalten mithilfe von Informationstexten, die in Einzelarbeit oder auch

---

<sup>37</sup> Gymnasium: Chemie heute SI, Gesamtband, Braunschweig: Schroedel.

Realschule: umwelt: Chemie, 9/10, Stuttgart: Klett.

gemeinsam gelesen wurden. Hausaufgaben wurden in den Klassen GYM und RS gestellt, sie wurden allerdings nur von etwa der Hälfte der Schüler bearbeitet.

Schülerexperimente waren fester Bestandteil im Unterricht aller drei Klassen. Die Schüler waren durchweg in der Lage nach einer vorgegebenen Versuchsvorschrift mit Skizze den entsprechenden Versuch selbständig in Kleingruppen durchzuführen. In den Klassen GYM und GYM-NW gab es fest eingeteilte Kleingruppen, in der Gruppe RS nicht. In den Gymnasialgruppen war dadurch die Versuchsdurchführung geordneter. Versuchsprotokolle wurden in Gruppenarbeit oder innerhalb der gesamten Klasse angefertigt. Der Aufbau der Protokolle war gleich. Zu den Versuchen wurden jedoch nur Aufbau und Durchführung vorgegeben, gezielte Auswertungsfragen wurden nicht gestellt, diese ergaben sich erst im Unterrichtsgespräch.

Der Umgang mit Reaktionsgleichungen wurde in den Gruppen etwas unterschiedlich gehandhabt. In den Klassen GYM und GYM-NW wurden in den Reaktionsgleichungen durchgängig die Aggregatzustände angegeben, in der Gruppe RS wurden sie nicht verwendet. Es zeigte sich in dieser Gruppe auch, dass dadurch Unsauberkeiten im Umgang mit der Fachsprache auftraten. Die Begriffe Natriumhydroxid (korrekterweise anwendbar für NaOH (s)), und Natronlauge (nur korrekt für NaOH (aq)) wurden synonym für beide Zustandsformen des NaOH verwendet, der Unterschied zwischen den beiden Begriffen war den Schülern nicht bewusst, eine Korrektur durch die Lehrkraft erfolgte nicht.

Wortgleichungen wurden in der Regel nur zur Einführung einer neuen Reaktion verwendet, bei Transferaufgaben wurde nur die Reaktionsgleichung angegeben. In Versuchsprotokollen wurden unter dem Abschnitt *Auswertung* die Reaktionen schriftlich erläutert. In diesen Texten wurden dann die Namen der beteiligten Stoffe verwendet. Wenn in Reaktionsgleichungen Teilchen als Ionen dargestellt wurden, wurden die Gleichungen auch als *Ionengleichungen* benannt, d.h. wenn  $\text{HCl (aq)}$  als  $\text{H}^+ \text{(aq)} + \text{Cl}^- \text{(aq)}$  dargestellt wurde.

In verschiedenen Übungsformen wurde auch immer wieder das Aufstellen von Reaktionsgleichungen eingefordert. Die Schüler bearbeiteten diese Aufgaben in Einzel- oder Partnerarbeit, sie ließen sich im Allgemeinen auf die Aufgabenstellung ein. Es zeigten sich allerdings in allen Gruppen teilweise Schwächen bei der Verwendung und Bedeutung der Indizes innerhalb von Formeln. Wertigkeiten wurden nicht sicher beherrscht, so musste in der Gruppe GYM-NW der Lehrer einschreiten, als die Formel für Calciumhydroxid aufgestellt werden sollte:

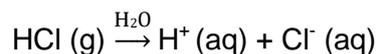
- S: „Ist das jetzt OH zwei minus (-) oder zwei OH minus<sup>38</sup>?“
- L: „In Formeln wird nicht rumgefummelt. OH minus ist so.“

Die pH-Wert Skala von 0-14 wurde in allen Gruppen verwendet. Im beobachteten Unterricht wurden nur die Bereiche sauer (pH < 7) und basisch bzw. alkalisch (pH > 7) betrachtet. Die Abhängigkeit des pH-Werts von der Konzentration der sich in Lösung befindlichen H<sup>+</sup>-Ionen wurde nur in der Klasse GYM-NW anhand eines Schülerexperiments mithilfe einer Verdünnungsreihe erarbeitet. Hierbei wurde auch der quantitative Zusammenhang ermittelt.

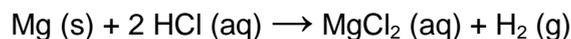
### 5.6.1.1 Vorwissen zum Thema Säuren

Für die Säuren ließen sich folgende gemeinsame Grundlagen feststellen:

- In wässrigen Lösung spalten Säuren H<sup>+</sup>-Ionen ab. Es wurde in allen Gruppen dieselbe didaktische Reduktion vorgenommen. Beispiel:



- In wässrigen Lösungen färben Säuren Universalindikator rot-pink, der pH-Wert ist kleiner als 7.
- In wässrigen Lösungen leiten Säuren den elektrischen Strom.
- In wässrigen Lösungen reagieren Säuren mit unedlen Metallen, dabei entsteht Wasserstoff, der mit der Knallgasprobe nachgewiesen werden kann. Beispiel:



- Wässrige Lösungen von Säuren zeigen eine ätzende Wirkung.

In allen Gruppen waren folgende Säuren mit ihrer Summenformel, ihrem Namen und dem Säurerest-Ion bekannt:

Säure	Formel	Säurerest-Ion	Formel
Salzsäure	HCl	Chlorid	Cl <sup>-</sup>
Schwefelsäure	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Hydrosulfat Sulfat	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Kohlensäure	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Hydrogencarbonat Carbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Salpetersäure	HNO <sub>3</sub>	Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>

**Tabelle 14:** Übersicht bekannte Säuren für alle untersuchten Klassen

<sup>38</sup> Es wurde hier die Frage nach der Schreibweise OH<sup>2-</sup> oder 2 OH<sup>-</sup> gestellt.

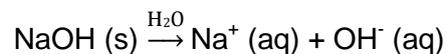
Aus den Säurerest-Ionen wurden mit entsprechenden Metallkationen Salze gebildet und benannt. Grundlage der Salzbildung war hier jeweils die Reaktion zwischen der entsprechenden Säure und dem elementaren Metall (s.o.). Die Salzbildung und ihre Benennung waren in verschiedene Übungen eingebaut, bei denen Einzel- oder Partnerarbeit gefordert war und die Schüler jeweils die Formelschreibweise und die korrekte Benennung verwenden sollten.

In der Gruppe GYM waren die Namen und Formeln Bestandteil eines Tests, der von der Lehrkraft selbst als „Vokabeltest für Chemie“ benannt wurde. In der Klasse RS war vor der Hospitationsphase eine Klassenarbeit<sup>39</sup> zum Thema Säuren und ihre Eigenschaften mit dem Schwerpunkt Kohlensäure und ihre Salze geschrieben worden. In allen Gruppen waren die Namen und Formeln der bekannten Säuren als Aufzeichnung im Heft oder als Arbeitsblatt in schriftlicher Form vorhanden.

### 5.6.1.2 Vorwissen zum Thema Laugen

Zu den Laugen ließ sich folgendes Vorwissen in allen drei Gruppen feststellen:

- Laugen sind die wässrigen Lösungen von Metallhydroxiden. Beim Lösevorgang werden die Ionen hydratisiert: Beispiel:



- Die Formel eines Hydroxids lässt sich mithilfe des Periodensystems aufstellen, da hier die Ladung des Metallions ablesbar ist und die Anzahl der Hydroxidionen dem entsprechen muss, um eine neutrale Gesamtladung zu erreichen. Es können die Formeln der Hydroxide der Elemente der ersten drei Hauptgruppen gebildet werden, wenn ein Periodensystem zur Verfügung steht.

Beispiel: Calcium (Ca) steht in der 2. Hauptgruppe, es bildet ein  $\text{Ca}^{2+}$ -Ion, die Formel von Calciumhydroxid ist dementsprechend  $\text{Ca(OH)}_2$ .

- Laugen in wässriger Lösung färben Universalindikator grün bis blau, der pH-Wert ist größer als 7, Phenolphthalein färben sie pink.
- Laugen zeigen eine ätzende Wirkung.

In allen Gruppen waren Natriumhydroxid (NaOH) als Feststoff und die entsprechende Natronlauge bekannt, ebenso Calciumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) und die entsprechende wässrige Lösung, die allerdings mit ihrem Trivialnamen als Kalkwasser bezeichnet wurde.

---

<sup>39</sup> Da es sich um einen Wahlpflichtkurs an der Realschule handelte, ist Chemie ein Hauptfach, in dem pro Halbjahr 2-3 Klassenarbeiten mit 45 min Dauer geschrieben werden.

## 5.6.2 Concept Maps

### 5.6.2.1 Durchführung

Zur Einführung in den Umgang mit Concept Maps wurde den Schülern eine kurze Erläuterung mithilfe eines konkreten Beispiels gegeben<sup>40</sup>. Im Anschluss daran erhielten sie folgende Aufgabenstellung auf einem vorbereiteten Arbeitsblatt<sup>41</sup>:

*Erstelle zwei Concept Maps, die sich jeweils um die zentralen Begriffe „Säure“ und „Lauge“ aufbauen!*

*a) Verwende folgende Begriffe: Salzsäure - Natronlauge - Ionen - pH-Wert - Indikator - Wasserstoff - Hydroxid. Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.*

*b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die Du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.*

*c) Finde einen zentralen Begriff, mit dem man die Concept Maps verbinden kann!*

Die Schüler hatten 15 min Zeit zur Verfügung. Durch den Hinweis, dass die Concept Maps völlig anonym erstellt werden und nur zur Auswertung in Bezug auf die Studie dienen und der Lehrer keine Einsicht erhält, sollte sichergestellt werden, dass jeder Schüler allein arbeitet. Es war in allen Klassen während der Arbeitszeit leise, allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Schüler voneinander abgeschrieben haben.

Anzahl abgegebener Concept Maps:

RS: 13

GYM-NW: 27

GYM: 27

Bei allen Concept Maps waren die beiden einzelnen Maps erstellt worden.

### 5.6.2.2 Aufgabenstellung

Die vorgegebenen Begriffe beziehen sich auf Inhalte, die in allen Klassen während der Hospitationsphase verwendet wurden. Sie beziehen sich auf unterschiedliche Abstraktionsebenen. Der Begriff *Indikator* bezieht sich auf eine gegenständliche Darstellung, da mit ihm konkret experimentiert wurde. Es kann aus den Beobachtungen allerdings auch auf die symbolische oder mathematische Ebene geschlossen werden, da jeder Farbe, also dem konkreten Sinneseindruck, ein Zahlenwert, der *pH-Wert* zugeordnet werden kann. Diese beiden Begriffe können also miteinander verknüpft werden. Auf der

---

<sup>40</sup> siehe Anhang (11.1.1)

<sup>41</sup> siehe Anhang. Hier finden sich Beispiele von Concept Maps, die die Schüler erstellten (11.1.2).

mathematischen Ebene kann dem pH-Wert eine konkrete Konzentration an  $H^+$ -Ionen zugeordnet werden. Da allerdings nur in der Gruppe GYM-NW der mathematische Zusammenhang in Ansätzen erarbeitet worden war<sup>42</sup>, konnte diese Darstellungsleistung nicht erwartet werden.

Die Begriffe *Salzsäure* und *Natronlauge* können ebenfalls einerseits auf der Ebene der gegenständlichen Darstellung verknüpft werden, da die Schüler mit diesen Stoffen im Unterricht experimentiert haben. Sie können andererseits auch auf der mathematischen Ebene in ihrer Formelschreibweise dargestellt werden. Die Formelschreibweise kann auch auf die Begriffe *Wasserstoff* und *Hydroxid* angewendet werden, um diese Begriffe weiter zu erläutern. Somit können die Modellebene der Teilchenvorstellung und die mathematische Ebene der konkreten Formel (vgl. Abb. 9) mit einbezogen werden.

Der Begriff *Wasserstoff* wurde bewusst sehr offen in Bezug auf die Interpretation gewählt, der er den Schülern während der Hospitationsphase in unterschiedlicher Form begegnet war, einmal in elementarer Form in der Reaktion zwischen Säuren und unedlen Metallen und andererseits gebunden in den Säuren selbst, hier aber auch in einer kovalenten Bindung in der reinen Säure oder als Ion nach der Dissoziation der Säure in wässriger Lösung. Da auch Ionen im gesamten Inhaltsfeld in verschiedenen Zusammenhängen auftauchten, ist hier nur dieser Begriff vorgegeben, die Verknüpfung soll von den Schülern selbst kommen. Der Verzicht auf Formeln in der Aufgabenstellung soll den Schülern die Möglichkeit geben, diese selbst zu ergänzen. Wären die Formeln vorgegeben, könnte nicht überprüft werden ob ein Wissen auf der Symbolebene oder der mathematischen Ebene vorliegt.

### 5.6.2.3 Auswertung der Einzelaufgaben

Zur Auswertung wurden bei den jeweiligen Kategorien die prozentualen Anteile der Schülerantworten in Bezug auf die jeweilige Gruppe ermittelt. Da Unterschiede zwischen den Gruppen mithilfe der Concept Maps festgestellt werden sollten, wird jede Gruppe einzeln betrachtet. Die Angabe von absoluten Zahlen für die Schülerantworten erscheint vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Kohorten nicht sinnvoll.

Insgesamt sollen die Concept Maps nur einen Überblick über die Lernvoraussetzungen der Gruppen geben, daher wird keine statistisch belastbare Auswertung vorgenommen. Ziel ist es, Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Gruppen festzustellen.

---

<sup>42</sup> Es wurde der Zusammenhang Sprung pH-Wert um 1 - Konzentration an  $H^+$ -Ionen um Faktor 10 verändert erarbeitet. Der mathematische Zusammenhang  $pH = -\log[H^+]$  wurde nicht genannt, da Logarithmusfunktionen lt. Kernlehrplan Mathematik keinen Inhalt der Klasse 9 (oder früher) darstellen.

Die folgende Tabelle stellt die Verwendung der einzelnen Begriffe (Aufgaben a, b<sup>43</sup>) dar:

Begriff	RS [%] <sup>44</sup>		GYM-NW [%]		GYM [%]	
	korrekt	falsch	korrekt	falsch	korrekt	falsch
Salzsäure	92	-	83	7	96	-
Natronlauge	92	-	78	-	93	-
pH-Wert	100	-	96	4	63	4
Indikator	62	23	93	7	70	15
Ionen	69	15	74	4	59	11
Wasserstoff	23	23	85	11	70	19
Hydroxid	38	31	74	0	41	41
Verwendung Formeln	-		44		44	

**Tabelle 15:** Ergebnisse Concept Map nach der Hospitationsphase

Es zeigte sich, dass vor allem Begriffe, die eher auf der phänomenologischen Ebene angesiedelt sind, von den Schülern adäquat zugeordnet werden können. Die Verknüpfung, die für Natronlauge und Salzsäure in den meisten Fällen vorgenommen wurde, ist die Einordnung der Stoffe in die jeweilige Stoffgruppe der Säuren oder Laugen. Der pH-Wert wurde in erster Linie als Stoffeigenschaft definiert, bleibt also auch auf der phänomenologischen Ebene. In der Gruppe GYM-NW gaben allerdings 63 % der Schüler für Säuren und Laugen die entsprechenden pH-Wert-Bereiche an. Dies lässt sich vermutlich auf das Experiment zur Konzentrationsabhängigkeit des pH-Wertes zurückführen.

Es konnte ein Unterschied zwischen den Schulformen bei der Verwendung der Begriffe *Hydroxid* und *Wasserstoff* festgestellt werden. Die Realschüler verwendeten die Begriffe mit einer höheren Fehlerquote. Der Begriff *Wasserstoff* wurde auch deutlich seltener verwendet. Dies kann daran liegen, dass die letzten Stunden vor diesem Test sich thematisch mehr mit den Laugen beschäftigten, d.h. die Nachhaltigkeit des Lernens war nicht gegeben.

Auffällig ist der Unterschied zwischen den Schulformen bei der Verwendung von Formeln. Während die Realschüler keine Formeln verwendeten, war es bei den Gymnasiasten knapp die Hälfte der Schüler. Bei den Formeln wurden in den meisten Fällen Hydroxid

<sup>43</sup> a) Verwende folgende Begriffe: Salzsäure - Natronlauge - Ionen - pH-Wert - Indikator - Wasserstoff - Hydroxid. Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.

b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die Du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.

<sup>44</sup> Für die Bezeichnung korrekt oder falsch wurden die Zuordnung zum zentralen Begriff und eine eventuelle Beschriftung der Verbindung gewertet. Da nicht alle Schüler alle Begriffe verwendeten, ergibt die Gesamtzahl nicht immer 100 %.

und Wasserstoff mit den jeweiligen Ionen näher bezeichnet, die Formeln NaOH und HCl waren ebenfalls häufig vertreten, hier wurden auch in den meisten Fällen die korrekten Aggregatzustände verwendet. Man kann also davon ausgehen, dass in diesem Bereich eine Verknüpfung zwischen Namen und Formel gegeben ist, d.h. ein Übergang zwischen sprachlicher und symbolischer Darstellung.

Bei der Nennung von zusätzlichen verwendeten Begriffen waren die verwendeten Begriffe relativ weit gestreut. Sie bezogen sich dabei aber in erster Linie auf beobachtbare Eigenschaften wie ätzend oder die Farbe des Universalindikators oder auf die Verwendung der Stoffe, z.B. bei der Herstellung von Laugengebäck oder als Reinigungsmittel. Die Gruppe GYM, die kurz zuvor einen Film über die Verwendung von Laugen gesehen hatte, stellte deutlich häufiger die Verwendung dar. Insgesamt blieben die zusätzlichen Begriffe hauptsächlich auf der phänomenologischen Ebene, die auch umgangssprachlich beschrieben werden kann.

Der jeweilige zentrale Begriff zur Verbindung der beiden Concept Maps (Aufgabe c<sup>45</sup>), wurde zu einem großen Teil den vorgegebenen Begriffen entnommen. Manche Schüler konnten keinen gemeinsamen Begriff finden, während andere Schüler mehrere Begriffe fanden.

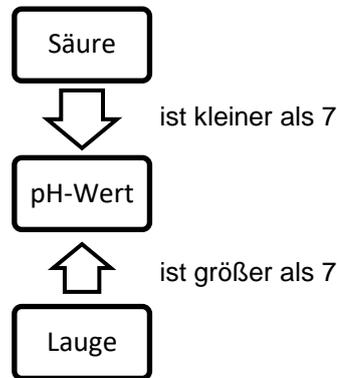
Begriff	RS [%] <sup>46</sup>	GYM-NW [%]	GYM [%]
Indikator	31	52	44
pH-Wert	7	67	23
ätzend	-	7	4
Ionen	-	33	4
in wässriger Lösung	8	11	7
flüssig	-	-	7
Verwendung in Lebensmitteln	-	-	4
chemische Bindung	-	-	7
Wasserstoff	8	-	-
heben sich gegenseitig auf	-	4	-
Chemie	8	-	4
ohne zentralen Begriff	46	15	41

**Tabelle 16:** Zentrale Begriffe zur Verbindung der Concept Maps Säure und Lauge

<sup>45</sup> Finde einen zentralen Begriff, mit dem man die Concept Maps verbinden kann!

<sup>46</sup> Da nicht alle Schüler einen Begriff nannten, bzw. Mehrfachnennungen möglich waren, ergibt die Gesamtsumme jeder Spalte nicht 100 %.

Es zeigt, dass die Schüler vor allem den pH-Wert bzw. den Nachweis durch Indikatoren mit Säuren und Laugen verknüpfen. In Bezug auf den pH-Wert waren typische Beschriftungen der Kanten „besitzen einen messbaren“, „haben einen bestimmten“. Häufig wurde die Beschriftung der Kanten auf den pH-Bereich bezogen, so dass die Propositionen folgendermaßen aussahen:



**Abbildung 13:** Beispiel für eine Proposition mit pH-Wert als verbindenden Begriff

Insgesamt sind die verwendeten Begriffe hauptsächlich auf der phänomenologischen Ebene. Der Begriff *Indikator* wurde mit den entsprechenden Färbungen von Universalindikatorlösung verknüpft bzw. durch „kann nachgewiesen werden durch“. Die Klasse GYM-NW nennt auch *Ionen* als zentralen Begriff, die Verknüpfung erfolgt hier über die Ionen, die sich in der wässrigen Lösung befinden. In dieser Klasse wurde insgesamt sehr viel Wert auf Ionengleichungen gelegt, so dass die Ionen hier präsent waren.

In der Klasse GYM-NW konnten anteilig mehr Schüler einen zentralen Begriff finden als in den anderen Klassen. Die Verknüpfung der beiden Stoffklassen, die im Unterricht separat behandelt wurden, hat hier noch nicht stattgefunden obwohl in allen Klassen die pH-Skala behandelt wurde und Indikatoren im Schülerversuchen eingesetzt wurden.

## 5.7 Beobachtungen und Ergebnisse

Bei den Stundenplanungen wird die zugrundeliegende Verlaufsplanung, wie sie für alle Klassen vorgesehen war, dargestellt. Abweichungen von der Planung und Variationen zwischen den Klassen werden, wenn sie für die Auswertung von Bedeutung sind, entsprechend dargestellt und erläutert. Innerhalb jeder Stunde ist im Klassengespräch seitens der Lehrkraft zunächst Englisch als Unterrichtssprache angedacht. Die Schüler wurden ermutigt, ebenfalls die englische Sprache zu verwenden. Allerdings konnten sie auch ins Deutsche wechseln, wenn sie selbst im Englischen den Inhalt nicht ausdrücken

konnten. Dies entspricht den Vorgaben zum BU [7], dass die fachliche Leistung im Vordergrund stehen soll.

Die Arbeitsmaterialien waren jedoch komplett in Englisch erstellt worden<sup>47</sup>. Sie konnten jedoch zur Vorentlastung Vokabelhilfen enthalten. Versuchsvorschriften folgten jeweils derselben Gliederung: einleitender Text - *Materials* - *Procedure* - *Observations* - *Hints for your conclusion*. Unter dem zuletzt genannten Aspekt waren für die Schüler Auswertungsfragen zu finden, die ihnen helfen sollten ihre Beobachtungen in eine Richtung zu leiten, sodass sie die Auswertung möglichst selbständig vornehmen konnten. Die feste Strukturierung gab damit auch eine sprachliche Orientierung vor, die für die Schüler im Sachunterricht insgesamt als Erleichterung empfunden wird, da sie einer Anleitung bedürfen das korrekte sprachliche Register zu verwenden. Beobachtungen orientieren sich hier an der Umgangssprache BICS, da hier konkrete Sinneseindrücke gefordert sind, während sich die Auswertung an der Bildungssprache CALP orientiert [72].

Tafelbilder waren bilingual geplant, um den Transfer zwischen den Sprachen zu erleichtern. Hiermit sollte die Entwicklung der Schriftsprache in beiden Sprachen gefördert werden. Den Schülern sollten damit auch Sprachbausteine an die Hand gegeben werden, die sie in ihrer eigenen Sprachproduktion verwenden. Dieses geschieht im Sinne des sogenannten *Scaffoldings*, einer sprachlichen Unterstützung, die die vorhandenen Defizite in der Fremdsprache aufgreift. Dazu ist von Lehrerseite eine vorherige Sprachreflexion notwendig, um die notwendigen Scaffolding-Maßnahmen zu antizipieren und in den Unterrichtsmaterialien umzusetzen, so dass die Arbeit im Unterricht nicht gehemmt wird [72].

In Gruppenarbeitsphasen wurde erwartet, dass die Schüler Deutsch sprechen, da dies die natürliche Unterrichtssituation darstellt (vgl. 2.6.2). zusätzlich gibt dies den Schülern Gelegenheit fachliche Inhalte auf Deutsch zu erörtern und innerhalb dieser Kommunikation erste Ansätze zur Deutung vorzunehmen [48].

Vor der eigentlichen fachlichen Erarbeitung wurde eine kurze Einführung in den BU durchgeführt, da dies für alle Schüler ein neues Konzept darstellte. Die Einführung sollte dazu dienen, die Erwartungen an die Schüler zu formulieren und gleichzeitig eventuelle Hemmschwellen abzubauen, da es durch den Anspruch fachliches und sachliches Lernen von vornherein durch eine befürchtete Überforderung seitens der Schüler zum Aufbau einer Abwehrhaltung kommen könnte. Hierbei stand im Vordergrund, dass die Bewertung der Schüler auf rein fachlicher Ebene erfolgt, die englische Sprachleistung zusätzlich nur positiv in die Bewertung einbezogen wird. Die Rolle der Fehlerkorrektur durch den Lehrer

---

<sup>47</sup> Die Arbeitsmaterialien befinden sich im Anhang (11.3).

wurde erläutert. Die Schüler sollten dadurch ermutigt werden, Englisch als Kommunikationsmittel zu verwenden. Die Bedeutung der englischen Sprache innerhalb der Naturwissenschaften wurde dargestellt.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Einstieg	Was ist bilingualer Unterricht? Verdeutlichung des Aspekts bilingual = zweisprachig	Lehrervortrag	
Erarbeitung I	Beidseitige Erwartungen an den bilingualen Unterricht; Klärung von offenen Fragen seitens der Schüler; Abbau von Vorbehalten seitens der Schüler	Unterrichtsgespräch	
Erarbeitung II	Einführung des für die UE notwendigen Fachwortschatzes; Herausarbeiten von sprachlichen Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen D/E; Verdeutlichung der Rolle der Formelsprache als sprachliche Universalie	Lehrervortrag	AB <i>Wortliste</i> <sup>48</sup> OH- Projektor

**Tabelle 17:** Übersicht Vorarbeiten

Die Schüler erhielten zur sprachlichen Vorentlastung eine Wortliste (Deutsch - Englisch) mit dem notwendigen Fachwortschatz. Die Liste bezog sich dabei auch auf die in der Hospitationsphase gemachten Beobachtungen. So wurde in der Gruppe RS bei der Einführung der Wortliste auch die Verwendung der Aggregatzustände innerhalb von Reaktionsgleichungen erläutert und am Beispiel von Natriumhydroxid NaOH (s) und Natronlauge NaOH (aq) unter Verwendung der beteiligten Stoffe gezeigt. Die Wortliste wurde im Verlauf der Unterrichtsreihe ergänzt, neue Vokabeln wurden dabei in Deutsch und Englisch an der Tafel notiert und von den Schülern übernommen.

### 5.7.1 Stundenverlauf Stunde 1

Diese Stunde stellte den Einstieg in die Thematik der Neutralisation dar. Da in allen Klassen die entsprechenden Grundlagen vorhanden waren, konnte die Stunde wie geplant durchgeführt werden.

---

<sup>48</sup> siehe Anhang (11.3.1)

Phase	Inhalt	Methode	Medien <sup>49</sup>
Einstieg	Erstellen einer Concept Map zu den zentralen Begriffen „Säure“ und „Lauge“ mit vorgegebenen Begriffen; Finden eines zentralen Begriffs, der „Säure“ und „Lauge“ verbindet	Einzelarbeit	AB <i>Concept Map</i>
Problem-gewinnung	Was passiert, wenn man Säuren und Laugen zusammen gibt? Addieren sich die Eigenschaften?	Unterrichts-gespräch	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>
experimentelle Problemlösung	Mischungsversuche mit HCl (aq) und NaOH (aq) in unterschiedlichen Anteilen unter Zugabe von Bromthymolblau als Indikator; Herstellen eines äquimolaren „Gemischs“ und Reaktion dessen mit Mg (s); Sammeln der Beobachtungen auf den Arbeitsblatt	Gruppen-arbeit	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i> Experimente
Problemlösung	Sammeln der Versuchsbeobachtungen	Unterrichts-gespräch	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>

**Tabelle 18:** Verlaufsplanung 1. Stunde<sup>50</sup>

Den Einstieg stellte die unter 5.6.2 vorgestellte Concept Map dar. Neben dem Sammeln der Lernvoraussetzungen diente sie dazu, dass die Schüler sich auf die Grundlagen der Säuren und Laugen rückbesinnen. Im Anschluss erfolgte ein Schülerexperiment zur Neutralisation am Beispiel von Salzsäure und Natronlauge.

### 5.7.1.1 Experimenteller Einstieg zur Neutralisation

Zentraler Aspekt bei diesem Einstieg war die Fragestellung, ob sich die Eigenschaften, vor allem die ätzende Wirkung, addieren, wenn man eine Säure und eine Lauge zusammen gibt, es sich dabei also um ein Gemisch handelt, oder ob es zu einer Reaktion kommt, bei der sich Produkte mit neuen Eigenschaften ergeben.

Im Experiment wurden Salzsäure und Natronlauge gleicher Konzentration in verschiedenen Volumenanteilen zusammen gegeben. Zu jedem Gemisch und den beiden

<sup>49</sup> Alle Arbeitsmaterialien befinden sich im Anhang (11.3).

<sup>50</sup> Es werden hier gekürzte Stundenverläufe dargestellt, die die relevanten Informationen zur Auswertung der Unterrichtsbeobachtungen beinhalten. Detaillierte Planungen, die auch die Zeiteinteilung der einzelnen Stunden darstellen, befinden sich im Anhang (11.2).

Reinstoffen wurde Bromthymolblau als Indikator gegeben<sup>51</sup>. Es wurden folgende Beobachtungen erwartet:

V (HCl (aq)) in mL	V (NaOH (aq)) in mL	Farbe Indikator
1	3	blau
1	2	blau
3	1	gelb
2	1	gelb
1	1	grün

**Tabelle 19:** Erwartete Versuchsbeobachtungen zum Einstiegsexperiment

Im zweiten Versuchsteil sollte zunächst ein definiertes Volumen an Salzsäure mit äquimolarer Natronlauge neutralisiert werden. Zu dieser Lösung sollte ein Stück Magnesiumband gegeben werden. Hierbei wurde erwartet, dass zur Neutralisation das gleiche Volumen an Natronlauge benötigt wurde, welches an Salzsäure vorgelegt wurde. Diese Bestimmung konnte allerdings nur ungenau vorgenommen werden, da die zur Verfügung gestellten Pipetten nicht genau ablesbar waren. Es handelte sich hierbei nur um eine halbquantitative Bestimmung.

Am Magnesiumband sollte nur eine sehr schwache Reaktion stattfinden. Diese sollte durch Bildung von kleinen Gasblasen und einer Blaufärbung des Indikators direkt am Magnesiumband sichtbar werden. Als Erdalkalimetall reagiert Magnesium mit Wasser:



Diese Reaktion ist im Vergleich zur Reaktion von Magnesium mit Säuren sehr schwach, so dass der Unterschied in der Reaktivität gut zu beobachten ist [78].

### 5.7.1.2 Unterrichtsbeobachtungen Stunde 1

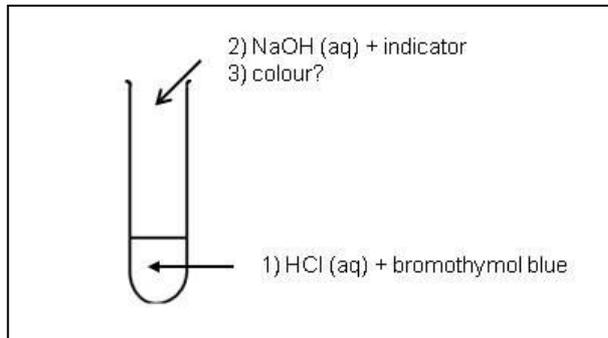
Im Rahmen der Forschungsfragen wird in der Darstellung der Beobachtungen und der Diskussion der Unterricht in den einzelnen Phasen getrennt betrachtet.

<sup>51</sup> Bromthymolblau besitzt einen Umschlagbereich von pH 6 - 7,6. Im sauren Bereich ist er gelb, im basischen Bereich blau. Im Umschlagsbereich ist Bromthymolblau grün gefärbt [84].

<sup>52</sup> Die Löslichkeit des  $\text{Mg(OH)}_2$  in  $\text{H}_2\text{O}$  beträgt bei Raumtemperatur 0,03 g/L [78], es gilt daher als annähernd unlöslich, da aber durch den Indikator  $\text{OH}^-$ -Ionen nachgewiesen werden, liegt es auch zum Teil dissoziiert vor.

### 5.7.1.3 Experimentelles Arbeiten

Es zeigte sich, dass die Schüler zusätzlich zur Versuchsvorschrift eine weitere Erläuterung benötigten. Dies geschah in Form einer Verlaufsskizze, die neben dem Versuchsaufbau auch Hinweise zur Durchführung enthält. Diese Skizze wurde an der Tafel erstellt.



**Abbildung 14:** Verlaufsskizze zur Einführung der Neutralisation

Die Schüler konnten mithilfe der Skizze den Versuch entsprechend umsetzen. Ein Unterschied zwischen den Schulformen war hierbei nicht zu beobachten. Bei den Mischungsexperimenten wurden die Beobachtungen entsprechend den Erwartungen erhalten. Eine Ausnahme stellte dabei das Verhältnis Säure:Lauge = 1:1 dar. Durch die Ungenauigkeit der Pipetten wurde hier entweder die Farben Gelb oder Blau erreicht. Eine grüne Farbe konnte bei keiner Gruppe beobachtet werden.

Im zweiten Versuchsteil konnte beobachtet werden, dass ein Großteil der Schüler sehr sorgfältig arbeitete. Sie versuchten durch tropfenweise Zugabe der Lauge den Zeitpunkt des Farbumschlags genau zu erreichen. Dies gelang nicht im ersten Versuch, so dass meist zu viel Lauge hinzugegeben wurde. Die Schüler versuchten dann, dies durch Zugabe von Säure auszugleichen. Da dies auch nicht auf Anhieb gelang, wurde wieder Lauge hinzugegeben usw. Dadurch konnte das genaue Volumenverhältnis nicht bestimmt werden. Es zeigte sich aber, dass die Schüler das zugrundeliegende Prinzip der Neutralisation so verstanden hatten, dass sie es im Experiment umsetzen konnten. Eine Erläuterung auf Teilchenebene erfolgte hier noch nicht. Die Gesprächsanalyse ergab, dass die Schüler während des Experiments das Volumen an Lauge bzw. Säure diskutierten, welches zum Erreichen der grünen Farbe notwendig war.

Die Zugabe von Magnesiumband ergab erwartungsgemäß keine Reaktion bzw. nur eine leichte Gasentwicklung. Dies entsprach nicht unbedingt der Erwartungshaltung der Schüler, vor allem nicht in den Gruppen GYM und GYM-NW, in denen die Reaktion von Säuren mit unedlen Metallen in der Hospitationsphase als Wiederholung thematisiert

worden war. Es wurde allerdings noch nicht zum Anstoß genommen, eine Deutung der Vorgänge auf Teilchenebene innerhalb der Kleingruppen vorzunehmen.

#### 5.7.1.4 Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase

In den Gruppenarbeitsphasen wurde erwartungsgemäß Deutsch gesprochen. Es zeigten sich allerdings Auffälligkeiten im Sprachgebrauch. Es kam hierbei bei der Verwendung von Stoffnamen zu einer Durchmischung der Sprachen. Alle Chemikalien waren auf Englisch beschriftet, d.h. das Etikett enthielt neben den notwendigen Sicherheitshinweisen in Form der entsprechenden Piktogramme den englischen Namen und die Formel der Verbindung, z.B. Hydrochloric Acid HCl (aq). Über die Formel sollte die Übertragbarkeit zwischen den Sprachen gewährleistet werden, da diese im vorherigen Unterricht zusammen mit den entsprechenden Stoffnamen (Salzsäure bzw. Natronlauge) verwendet wurden und auch in den Concept Maps nebeneinander genutzt wurden.

In der Gruppenarbeitsphase konnten folgende Sätze bzw. Dialoge beobachtet werden:<sup>53</sup>

- a) S1: „Gib mir die *Hydrochloric Acid*.“
- b) S1<sup>54</sup>: „Wir brauchen fünf Milliliter *Sodium Hydroxide Solution*.“
  - S2: „(-- ) Was?“
  - S1: „*Sodium Hydroxide*, (-) das NaOH.“

Offensichtlich erfolgte hier die Orientierung am realen Gegenstand (Etikett), der vorher zusammen mit der Formel erlernte deutsche Name wurde nicht verwendet. Dieses Phänomen konnte durchgehend beobachtet werden.

Auch in Gesprächen mit der Lehrkraft konnte dies beobachtet werden:

- S1: „Wo finde ich die (-- ) *Hydrochloric Acid*?“
- L: „It's here. Put some of it into the beaker and take it to your group.“
- S1: „Ah (-- ) okay. Thank you. “

Dieser Dialog zeigt einerseits, dass auch hier die Orientierung am Etikett bzw. an der Terminologie der Versuchsvorschrift erfolgt und die Verknüpfung zwischen Formel und deutschem Namen nicht in der Form für den Schüler verfügbar ist, dass er seinem eigenen Sprachgebrauch entsprechend darüber verfügen kann. Er hätte sonst entweder den Begriff *Salzsäure* oder die Formel *HCl* mit deutscher Aussprache verwenden müssen.

---

<sup>53</sup> Englischsprachige Begriffe bzw. Begriffe, die englisch ausgesprochen wurden, sind kursiv gesetzt.

<sup>54</sup> Die Nummerierung S1, S2 findet jeweils innerhalb einer Gesprächssituation statt. S1 impliziert nicht, dass es sich immer um denselben Schüler handelt.

Andererseits zeigt dieser Dialog auch, dass die Schüler bereit waren, sich auf die neue fremdsprachige Situation einzulassen. Obwohl der Dialog auf Deutsch begann, konnte der Schüler auf die englischsprachige Auskunft adäquat reagieren und auf Englisch antworten. Es konnte auch beobachtet werden, dass die Schüler ihre Versuchsbeobachtungen auf Englisch notierten. Dies wurde auch in den Arbeitsgruppen diskutiert:

- a) S1: „Nummer Eins, das war (--) hier. Also *blue*.“  
S2: „Nummer Zwei ist dann auch *blue*?“  
S1: „Ja, aber Nummer Drei ist *yellow*.“
- b) S1: „Magnesium (--) da passiert nichts. Wie schreiben wir das?“  
S2: „*Magnesium doesn't* reagiert (4 s) *react*.“  
S3: „Das ist gut. *It doesn't react*.“

Der Grundwortschatz, den die Schüler zur Bewältigung der Anforderungen benötigten, war demnach vorhanden. Die Schüler halfen sich in den Gruppen gegenseitig, wenn sprachliche Schwierigkeiten auftraten.

Aus den gemachten Beobachtungen lassen sich folgende Ergebnisse formulieren:

- 1) Die Lernenden orientieren sich an der jeweiligen Situation und den gegebenen realen Stoffen und Namen.
- 2) Die deutschen Fachtermini sind bei den Lernenden nicht mit der jeweiligen Formel verknüpft, sie werden nur verwendet, wenn sie situativ vorgegeben sind. Das Konzept Name – Formel, das sich unter der in den geforderten Kompetenzen des Umgangs mit Fachwissen und der Kommunikation von fachlichen Inhalten subsumieren lässt [10] [42], ist in diesem Zusammenhang noch nicht entwickelt.

Der Sprachwechsel im BU eröffnete hier eine Möglichkeit, einen Einblick in die kognitiven Fähigkeiten der Schüler zu nehmen. Diese Möglichkeit erlaubt der rein deutschsprachige Unterricht nicht. Es kann nicht erkannt werden ob die Schüler diese Verknüpfung zwischen Namen und Formel bereits vollzogen haben oder ob es sich hierbei um ein reines Ablesen handelt, wenn eine entsprechende Quelle zur Verfügung steht.

### 5.7.1.5 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Nach dem Experiment wurden jeweils zum Abschluss der Stunde die Versuchsbeobachtungen gesammelt und an der Tafel festgehalten. Diese stellen die Grundlage für die Deutung in der Folgestunde dar.

Während der Darstellung der Versuchsbeobachtungen wurde in allen Gruppen durchgängig Englisch gesprochen. Es wurden hierbei die englischen Namen der beteiligten Stoffe verwendet, die entsprechenden Formeln wurden ebenfalls englisch ausgesprochen. Insgesamt war die Ausspracheleistung in allen Gruppen gut, Begriffe wie *acid und base* wurden korrekt ausgesprochen, bei *hydrochloric* oder *hydroxide* konnte zu Beginn beobachtet werden, dass die Silbe *hy* wie [hü] ausgesprochen wurde, dies könnte durch die sprachliche Nähe zum deutschen Begriff *Hydroxid* entstanden sein. Grammtische Fehler traten häufig in Form von Fehlern im Tempusgebrauch oder fehlerhafter Verwendung von Adjektiven und Adverbien auf. Diese behinderten jedoch nicht das inhaltliche Verständnis.

Ein Teil der Schüler beschränkte sich auf Einwortsätze, d.h. es wurden die beispielsweise nur die Farben des Indikators genannt. Dieses Phänomen kann aber auch im deutschsprachigen Unterricht beobachtet werden. Auf eine generelle Einstellung der Schüler gegenüber dem BU oder fehlende fremdsprachliche Kompetenz kann daraus nicht geschlossen werden.

In allen drei Gruppen wurden die Beobachtungen an der Tafel gesammelt. Sie konnten vollständig dargestellt werden. Es wurde anschließend im Tafelbild eine Zuordnung der Farbe der Lösungen zum pH-Wert vorgenommen, wobei die Kategorisierung nur im Bereich  $\text{pH} < 7$  entspricht einer Gelbfärbung,  $\text{pH} = 7$  entspricht Grünfärbung und  $\text{pH} > 7$  entspricht einer blauen Farbe. Das Tafelbild wurde nur in Englisch verfasst, da durch die Hospitationsphase eine entsprechende Zuordnung auf Deutsch vorausgesetzt werden konnte. Die Zuordnung der pH-Bereiche zu den entsprechenden Farben konnte auch im Gespräch komplett auf Englisch vollzogen werden.

V (HCl) in mL	V (NaOH) in mL	colour indicator	pH-value
1	3	blue	> 7
1	2	blue	> 7
3	1	yellow	< 7
2	1	yellow	< 7
1	1	yellow-green	7

**Tabelle 20:** Tafelbild zur Versuchsbeobachtung

### 5.7.2 Stundenverlauf Stunde 2

In dieser Stunde stand die Auswertung der Versuche aus der vorhergehenden Stunde im Mittelpunkt. Nach der Zusammenfassung der Beobachtungen als Einstieg sollte dann mithilfe der Auswertungsfragen auf dem Arbeitsblatt zum Versuch, welches die Schüler in der vorigen Stunde erhalten hatten, ein Erklärungsansatz zu den Vorgängen bei der Neutralisation gefunden werden. Hierbei war zunächst eine phänomenologische Erklärung erwünscht. Mögliche Reaktionsprodukte sollten formuliert werden.

Wasser als Reaktionsprodukt sollte dabei im Fokus stehen, dazu sollte der neutrale pH-Wert als grundlegende Beobachtung herangezogen werden. Es war die Formulierung von Hypothesen geplant, die dann zu den Experimenten der Folgestunde, in denen die Reaktion genauer untersucht werden sollte, hinführen sollten.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Erarbeitung I	Deutung der Versuchsbeobachtungen auf phänomenologischer Ebene: Korrelation zwischen Indikatorfarbe und pH-Wert Bearbeitung der Auswertungsfragen	Partnerarbeit Unterrichtsgespräch	Tafelbild <i>AB Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>
Erarbeitung II	Hypothesenbildung: Entstehen einer neutralen Lösung, da zwischen HCl (aq) und NaOH (aq) eine Reaktion stattfindet, da ätzende Wirkung verschwindet. Wasser wird als mögliches Produkt genannt. Wiederholung der Reaktion zwischen Magnesium und Säuren	Unterrichtsgespräch	Schülerheft Tafelbild
Ergebnissicherung Transfer	Hypothesen zu weiteren Reaktionsprodukten Nachweismöglichkeiten	Unterrichtsgespräch	

**Tabelle 21:** Verlaufsplanung 2. Stunde

Diese Stunde gab Möglichkeiten für die Schüler beide Unterrichtssprachen zu verwenden. In der Einstiegsphase war Englisch als Arbeitssprache geplant, da es sich um die Wiederholung bekannter Aspekte mithilfe von schriftlichen Aufzeichnungen handelte. In der Partnerarbeit, die im Fokus der Erarbeitungsphase stand, musste erwartet werden, dass die Schüler Deutsch miteinander sprechen. In den Phasen des Unterrichtsgesprächs sollte bei der Besprechung der Auswertungsfragen Englisch gesprochen werden. Für die Phase der Hypothesenbildung waren Deutsch und Englisch angedacht, da hier durch die

neu zu erarbeitenden Inhalte das Fachvokabular in beiden Sprachen dargestellt werden musste.

### 5.7.2.1 Auswertungsfragen

zu den Experimenten der 1. Stunde wurden folgende Auswertungsfragen formuliert:

- a) What will happen if you mix yellow and blue solutions of water colours from a paint box? Compare with your observations from E1<sup>55</sup>.

Diese Frage soll darauf hinleiten, dass es sich bei dem Zusammengeben von Säuren und Laugen nicht um simple Gemische handelt, bei denen die Durchmischung einen rein physikalischen Vorgang darstellt. Der Vergleich mit Wasserfarben aus dem Tuschkasten soll dies verdeutlichen. Bei dem Mischen von Wasserfarben handelt es sich um einen physikalischen Vorgang. Die Pigmente werden homogen vermischt, bei Blau und Gelb entsteht als Mischfarbe immer ein grüner Farbton, der je nach den beteiligten Farbanteilen eine eher blaue oder gelbe Schattierung aufweist.

Im vorliegenden Experiment sieht es anders aus. Es kommt zur Reaktion zwischen den  $H^+$ -Ionen, die die Gelbfärbung des Indikators hervorrufen und den  $OH^-$ -Ionen, die die blaue Färbung verursachen. Da in den Telexperimenten entweder Säure oder Lauge im Überschuss hinzugegeben werden, liegen nach der Reaktion entweder  $H^+$ -Ionen vor, was zur Gelbfärbung führt oder  $OH^-$ -Ionen, die zur Blaufärbung es Reaktionsgemisches führen. Nur im Verhältnis der Ionen von 1:1 kommt es zum grünen Farbton.

- b) Why do you think was it quite difficult to get a green solution in E2?

Diese Frage ist als Erweiterung zur ersten Frage gedacht, da sie genau auf den Aspekt des äquimolaren Verhältnisses zwischen  $H^+$ -Ionen und  $OH^-$ -Ionen hinführt. Die Schüler haben selbst im Versuch erlebt, wie schwierig es war, exakt das Verhältnis 1:1 herzustellen.

- c) Choose one of the following statements and give a reason for your answer.

A mixture of an acid and an alkali is

- more corrosive
- less corrosive

than the acid or alkali alone.

Diese Auswertungsfrage dient zur Deutung der Reaktion der neutralisierten Lösung mit Magnesium. Die Schüler kennen die Reaktion zwischen Säuren und unedlen Metallen, die

---

<sup>55</sup> Die Bezeichnungen E beziehen sich auf die Experimente in den Arbeitsmaterialien (vgl. 11.3.2).

deutlich heftiger verläuft als in diesem Fall. Es wird hier an das Vorwissen der Schüler angeknüpft. Da die Schüler die Frage zunächst in Partnerarbeit bearbeiten sollen, wird erwartet, dass der Vergleich zur Reaktion von Säuren mit unedlen Metallen vollzogen wird. Insgesamt gesehen führt die Frage hin zur Neutralisation, bzw. dass kein Mischungsvorgang sondern eine Reaktion zwischen Säure und Lauge vorliegt.

### **5.7.2.2 Unterrichtsbeobachtungen Stunde 2**

Insgesamt konnte die Stunde wie geplant durchgeführt werden. Der Einstieg mithilfe der Wiederholung der Beobachtungen konnte in allen drei Klassen zügig durchgeführt werden. Da den Schülern ihre Aufzeichnungen zur Verfügung standen, konnten sie die Beobachtungen auf Englisch darstellen.

### **5.7.2.3 Gesprächsanalyse Partnerarbeit**

Wie erwartet, sprachen die Schüler in dieser Phase Deutsch miteinander. Die Übertragung der englischsprachigen Fragestellung ins Deutsche bereitete ihnen keine Probleme. Ein Teil der Schüler konnte zunächst keine Übersetzung für den Begriff *corrosive* finden. Ein Verweis auf die Vokabelliste sorgte für Abhilfe.

Im Gegensatz zur Experimentierphase wurden nicht die Verbindungsamen verwendet, sondern nur die allgemeinen Bezeichnungen *Säure* und *Lauge*. Einzelne Schüler verwendeten ihre Aufzeichnungen aus den vorherigen Stunden und stellten mit deren Hilfe einen Vergleich zur Reaktion von Säuren mit unedlen Metallen an. In dieser Phase wurden die deutschsprachigen Verbindungsamen verwendet, da die Einträge in den Aufzeichnungen nur auf Deutsch verfasst waren.

Ein Großteil der Schüler hingegen konnte zunächst nicht die Verbindung zwischen der Reaktion von Magnesium mit der neutralisierten Lösung und der Reaktion zwischen Säuren und unedlen Metallen herstellen. Sie bezogen sich in ihren Diskussionen nur auf ihre Beobachtungen und argumentierten, dass kaum eine Reaktion stattgefunden hätte. Das Gemisch müsste also weniger ätzend sein. Sie blieben hier auf der phänomenologischen Ebene, eine Erklärung auf Teilchenebene fand nicht statt.

### **5.7.2.4 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch**

Bei der Diskussion wurden verschiedene Erklärungsansätze offeriert. Diese bezogen sich auf die phänomenologische Ebene, indem der Schluss gezogen wurde, dass ein pH-Wert von 7 bedeutet, dass keine Säure oder Lauge mehr vorhanden sein kann. Während der Diskussion wurde zunächst versucht, Englisch zu sprechen, so dass Schüler, die die Fremdsprache verwenden wollten, bevorzugt wurden. Zum Abschluss wurden

deutschsprachige Äußerungen zugelassen um allen Schülern die Möglichkeit zur Beteiligung zu geben.

Bei der Darstellung und Diskussion möglicher Erklärungsansätze wich ein Teil der Schüler ins Deutsche aus. Seitens der Lehrkraft wurde nur Englisch gesprochen. Die Reaktionen der Schüler gab Anlass zur Annahme, dass sie die Inhalte verstanden. Dies ließ sich vor allem in Dialogsituation festmachen, da die Äußerungen inhaltlich im entsprechenden Sinnzusammenhang standen.

Im Englischen wurde versucht, einen entsprechenden Ausdruck zu finden, der Begriff *neutralisation* war noch nicht eingeführt. Es wurden Ausdrücke verwendet wie „they fight each other“, „they are the same now“, „it is neutral pH, acid and alkali are gone“, „they are like water“. Es zeigte sich das Bestreben der Schüler, ihre Vermutungen in Worte zu packen, wobei sie auf der phänomenologischen Ebene bzw. einer bildlichen Ebene blieben, wie der Ausdruck „they fight each other“ zeigt. Der Vergleich mit Wasser zeigt, dass auch hier bekannte Stoffe zum Vergleich herangezogen werden.

Die Auswertung wurde anhand der Auswertungsfragen für diesen Versuch geleitet. Hierbei wurden die Fragen a) und b) (s.o.) zusammengefasst. Die Schüler verwendeten hierbei durchgängig die Begriffe *to mix* und *mixture*, wie sich an Aussagen wie „You have to mix it perfect<sup>56</sup> to get green.“ Diese Begrifflichkeit kann durch die Aufgabenstellung im Arbeitsmaterial selbst generiert worden sein, da sie im Einleitungstext und in der Durchführung verwendet wurden. Dadurch kann den Schülern ein rein physikalischer Vorgang suggeriert worden sein und nicht die chemische Reaktion, die eigentlich eingetreten ist. Es zeigt sich hier, dass die Schüler sich an den vorhandenen Materialien und dem damit verknüpften Wortschatz orientieren, da ihnen eventuell im Englischen die entsprechenden Begriffe im spontanen Sprachgebrauch nicht geläufig sind. Andererseits ist die sprachliche Nähe des korrekten Begriffs *Reaktion* zu *reaction* offensichtlich. Es hat hier anscheinend noch keine Umwälzung der Inhalte auf Teilchenebene stattgefunden, die Schüler orientieren sich an der phänomenologischen Ebene der Versuchsdurchführung und der Beobachtung.

Im Deutschen wurde dann Wasser als mögliches Produkt genannt, wobei der Weg dorthin offen gelassen wurde. Der Vorgang wurde hierbei noch nicht auf die Teilchenebene gebracht, H<sup>+</sup>-Ionen und OH<sup>-</sup>-Ionen wurden nicht genannt. Der Begriff *Neutralisation* wurde in dieser Phase vereinzelt genannt, „Säure und Lauge neutralisieren sich, es entsteht

---

<sup>56</sup> Diese Aussage stellt ein Beispiel für einen grammatischen Fehler dar, der das inhaltliche Verständnis nicht beeinträchtigt. Es müsste korrekterweise lauten: „You have to mix it *perfectly* to get green.“ Der Fehler wurde daher nicht korrigiert.

Wasser“. Diese Hypothese wurde jeweils als Arbeitsgrundlage für die Folgestunde festgehalten.

Die Reaktion zwischen der neutralisierten Lösung und Magnesium wurde dahingehend gedeutet, dass entsprechend der Auswertungsansätze zu den Mischungsexperimenten keine Säure mehr vorhanden war, die mit dem Magnesium hätte reagieren können. Eine leichte Reaktion wurde interpretiert, dass das Reaktionsgemisch nicht perfekt war, so dass noch etwas Säure übrig war, die reagieren konnte. Die Indikatorfärbung wurde nicht interpretiert, ein Vergleich zur Reaktion von Alkalimetallen mit Wasser, die anhand des Beispiels Natrium in allen Klassen durchgeführt worden war, fand nicht statt. In dieser Phase kam es in den Gruppen RS und GYM zu einem Gesprächsabbruch, die Interpretation der Beobachtung konnte in Englisch nicht gegeben werden. Dies lag allerdings nicht am Wortschatz, sondern, wie ein Wechsel ins Deutsche zeigte, an fehlenden Konzepten, die die Beobachtungen hätten erklären können. Ein Verweis auf bekannte Reaktionen, die im Verlauf des vorhergehenden Unterrichts gemacht wurden, führte zu der Erkenntnis, dass eben keine Säure mehr vorhanden sein konnte. In der Gruppe GYM-NW konnte dieser Erklärungsansatz deutlich schneller gefunden werden.

Um zur nächsten Stunde eine Überleitung zu finden, wurde am Ende noch einmal die Hypothese aufgegriffen, dass Wasser entsteht. Es wurde nach weiteren Produkten gefragt, es wurde dabei, wenn keine Hypothesen genannt wurden, zunächst auf den Säurerest hingewiesen. Hier wurde die These aufgestellt, dass sich dieser in Lösung befindet:

L: „Can you explain what happens to the acid residue?“

[Hier entstand in der Regel eine Pause. Da angenommen wurde, dass der Begriff *acid residue* nicht direkt ins Deutsche übertragen wurde, wurde eine Paraphrasierung vorgenommen, die die Teilchenebene mit einbezog]:

L: „You used hydrochloric acid, so you have chloride ions, Cl minus, in your solution. Can you explain what happened to them?“

S1: „It must be there, it can't go.“

S2: „The chloric is not water (--). We have water, but the chloric is there (-) in the water.“

L: „You mean the chloride ions are still in the solution?“

S2: „Yes, in the solution.“

Interessant ist hier der Sprachgebrauch. S2 verwendet den Begriff *chloric* anstelle der korrekten Form *chloride*. Es ist anzunehmen, dass hier die Bezeichnung aus dem Begriff *hydrochloric acid* abgeleitet wurde, also wieder aus der Situation entstanden ist. Ein Transfer aus dem erlernten deutschen Begriff *Chlorid* fand hier anscheinend nicht statt.

Der Vergleich zwischen Deutsch und Englisch zeigt, dass im Deutschen teilweise bereits der Fachbegriff genannt wird, im Englischen versuchen die Schüler diesen zu umschreiben, da er nicht zu ihrem aktiven Wortschatz gehört, da die Sprachstrategie ein Adjektiv (neutral) zu nominalisieren (Neutralisation) oder in eine Verb umzuformen (neutralisieren) nicht für den spontanen Gebrauch zur Verfügung steht. Durch die Umschreibungen kann der Ansatz gefunden werden, eine Definition zu finden, die den Vorgang der Neutralisation letztendlich beschreibt. Diese Situation kann zur Ausschärfung der Fachsprache beitragen, wie es bereits in früheren Forschungsansätzen vermutet wurde [27].

Es zeigte sich in dieser Phase, vor allem in der Gruppe RS, dass sich teilweise die Beteiligung der einzelnen Schüler am Unterrichtsgespräch im Vergleich zum deutschsprachigen Unterricht verändert hatte. Ein Schüler (Gruppe RS), der sonst zu den zurückhaltenden Schülern zählte, beteiligte sich auffallend häufig. Er versuchte dabei, immer Englisch zu sprechen. Andere Schüler, die vorher auch durch Zwischenrufe aufgefallen waren, verhielten sich deutlich ruhiger. In dieser Klasse und in der Klasse GYM-NW, die beide von deutlich mehr Jungen als Mädchen besucht wurden, beteiligten sich die Mädchen im Vergleich nun stärker am Unterrichtsgespräch.

Dies bestätigt die These, dass durch den BU Schüler angesprochen werden, die sich vom traditionellen Chemieunterricht weniger angesprochen fühlen, da sie eventuell eine größere sprachliche Neigung aufweisen [17].

### 5.7.3 Stundenverlauf Stunde 3

Ziel dieser Stunde war die Erkenntnis, dass bei der Neutralisation neben Wasser auch das entsprechende Salz entsteht, welches sich aus den Säurerest-Ionen und den Metall-Ionen des verwendeten Hydroxids ergibt. Es sollte ebenfalls gezeigt werden, dass es sich bei der Neutralisation um eine Reaktion handelt und nicht um einen rein physikalischen Vorgang. Diese Aspekte sollten experimentell erarbeitet werden.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Erarbeitung I	Demonstrationsexperiment (Schüler): Messung der Reaktionswärme bei der Neutralisation von Salzsäure (HCl (aq)) und Natronlauge (NaOH (aq)).	Unterrichtsgespräch Demonstrations- experiment	AB <i>The neutralisation reaction</i> Experiment
Erarbeitung II	Die Neutralisation als chemische Reaktion, da exothermer Vorgang	Unterrichtsgespräch	Tafelbild
Erarbeitung III	Nachweis von Salz als Reaktionsprodukt: Eindampfen der Reaktionsmischung als Schülerexperiment	Gruppenarbeit	AB <i>The neutralisation reaction</i> Experiment

**Tabelle 22:** Verlaufsplanung 3. Stunde

Im Anschluss an das Experiment war mithilfe der entsprechenden Auswertungsfragen das Aufstellen der Reaktionsgleichung geplant. Das Mindestziel war hierbei die Wortgleichung:



An dieser Stelle kann im Englischen der Begriff *table salt* für Kochsalz eingeführt werden. Damit kann, wie im Deutschen, die hier vorliegende Reaktion von der allgemeinen Reaktionsgleichung für die Neutralisation abgegrenzt werden, da dort allgemein der Begriff *salt* oder *Salz* verwendet wird. Mit dieser Gegenüberstellung kann eventuell eine Ausschärfung der chemischen Definition von *Salz (salt)* einhergehen, da die Schüler den neuen Begriff *table salt* in ihrem mentalen Lexikon einordnen und dabei für sich neu definieren. Es kann auch sein, dass die Schüler durch den neuen Begriff der Abgrenzung zur allgemeinen Definition mehr Aufmerksamkeit schenken als sie es im Deutschen tun würden, da angenommen werden kann, dass im Deutschen die Begriffe *Salz* und *Kochsalz* im aktiven Wortschatz der Schüler vorhanden sind, wobei der Begriff *Salz* bevorzugt verwendet wird, auch in dem konkreten Fall des Kochsalz NaCl.

### 5.7.3.1 Experimentelle Untersuchung der Neutralisation

Den zentralen Aspekt in dieser Stunde stellt das Experiment dar. Dies erfolgt zweigeteilt. Zuerst wurde in einem Demonstrationsexperiment eine Neutralisation zwischen Salzsäure und Natronlauge, beide mit einer Konzentration von  $c = 2 \text{ mol/L}$ , durchgeführt. Es wurden jeweils 50 mL zusammengegeben. Vorher wurde von beiden Lösungen die Temperatur gemessen, die Temperatur während der Reaktion wurde beobachtet. Als Beobachtungen sollte sich eine deutliche Temperaturerhöhung ergeben, die neben der Temperaturmessung auch am Glas direkt fühlbar war. Es wurde hierbei das Demonstrationsexperiment unter Schülerbeteiligung gewählt, da für eine deutliche Temperaturerhöhung einerseits eine höhere Konzentration der Lösungen und andererseits ein größeres Volumen an Lösungen benötigt werden. Als Experiment in Kleingruppen würde dies zu einer Gefährdung der Schüler führen, wenn etwas verschüttet wird, es wäre auch ein unnötiger Verbrauch an Ressourcen. Viele Schulen verfügen heutzutage über Temperaturmessgeräte, die für Demonstrationszwecke geeignet sind, so dass die Temperaturänderung auch von den hinteren Reihen im Klassenraum beobachtet werden kann.

Im zweiten Teil des Experiments sollte die neutralisierte Lösung in einer Porzellanschale über der Brennerflamme eingedampft werden. Hierzu kann zuerst der pH-Wert der

Lösung bestimmt werden. Nach dem Eindampfen bleibt ein kristalliner Feststoff in der Porzellanschale zurück. Dieser kann unter der Lupe mit Kristallen von Kochsalz ( $\text{NaCl (s)}$ ) verglichen werden, so dass der Feststoff als Kochsalz identifiziert werden kann. Dieser Versuchsteil kann in Kleingruppen als Schülerexperiment durchgeführt werden, da die Schüler in der 9. Klasse im Umgang mit dem Gasbrenner vertraut sein sollten. Außerdem ist der Kristallisationsvorgang optisch ein ansprechender Versuch, der zu einer genauen Beobachtung herausfordert. Beim Eindampfen lassen sich durch das Absinken des Flüssigkeitsspiegels feine kristalline Ränder entdecken. Zusätzlich bilden sich an den Stellen, an denen herausspritzende Flüssigkeit verdampft, ebenfalls Kristallränder. Zum Ende des Eindampfens entsteht plötzlich eine kristalline Kruste, die den ganzen Boden der Schale bedeckt. Dazu ist ein feines Knistern zu hören, da sich unter der Kruste noch Reste der Lösung befinden, die weiter verdampfen. Als Demonstrationsexperiment ist dieser Versuch nicht geeignet, da das Auskristallisieren nur in der Draufsicht erkennbar ist und daher eine Kamera notwendig wäre um die Beobachtungen mithilfe eines Bildschirms sichtbar zu machen. Die in der vorherigen Neutralisation umgesetzte Menge an Lösungen ist ausreichend, so dass sie auf bis zu 10 Gruppen verteilt werden kann. Es ist hierbei nur darauf zu achten, dass die Schüler nicht zu viel Lösung zum Eindampfen verwenden, da sonst der Vorgang zu lange dauert und die Aufmerksamkeit nachlässt. Die Lösung sollte am besten durch den Lehrer verteilt werden, so dass alle Gruppen ungefähr das gleiche Volumen an Lösung erhalten, so dass der Vorgang annähernd gleich lange dauert.

### 5.7.3.2 Auswertungsfragen

In der Auswertungsphase sollte das Ziel sein, die Wortgleichung der Reaktion zu erarbeiten. Der erste Aspekt ist allerdings die Einordnung der Neutralisation als chemische Reaktion, was durch die entsprechende Auswertungsfrage zum Ausdruck gebracht wird:

- a) Explain what the difference in the temperature in E1 means.

Die Schüler wissen, dass eine Reaktion neben dem Teilchenumsatz auch mit einem Energieumsatz des Systems einhergeht. Wird dabei, wie in diesem Fall Energie in Form von Wärme frei, spricht man von einer exothermen Reaktion. Durch die deutlich messbare Wärmeentwicklung sollten die Schüler die Neutralisation als eine exotherme Reaktion einordnen.

Die weiteren Auswertungsfragen, die auf dem Arbeitsmaterial zum Experiment gestellt

wurden, beziehen die Teilchenebene mit ein:

- b)** Suggest a possible compound for the solid residue in E2.
- c)** Look at the ions that are present when you dissolve an acid or an alkali in water and suggest a possible reaction between them which you can explain with your observations:



- d)** Suggest a reaction scheme for the reaction between hydrochloric acid  $\text{HCl} (\text{aq})$  and sodium hydroxide solution  $\text{NaOH} (\text{aq})$ . Write also down the names of all the substances.

Die Schüler werden nun an die komplette Reaktionsgleichung der Neutralisation herangeführt. Aufgabe c) bezieht die die Ionen mit ein, die für die beobachtete Änderung des pH-Wertes in den Versuchen in Stunde 1 verantwortlich sind. Diese Reaktion wird dann auf die Gesamtreaktion erweitert, wobei die Wortgleichung eine wichtige Rolle spielt. Mithilfe der Wortgleichung soll die Verknüpfung zwischen der stofflichen Ebene und der abstrakten Ebene der Modellvorstellungen erleichtert werden. Ausgehend von der Reaktionsgleichung der vorliegenden Reaktion kann dann die allgemeine Reaktionsgleichung zur Neutralisation abgeleitet werden. Ausgehend vom konkreten Experiment durchlaufen die Schüler dabei alle Abstraktionsstufen bis hin zur formalen Symbolebene, die jedoch durch die Wortgleichung parallel verbalisiert wird.

### 5.7.3.3 Experimentelles Arbeiten

Beide Teilexperimente konnten wie geplant umgesetzt werden. Das Schülerdemonstrationsexperiment wurde mit Schülern durchgeführt, die sich freiwillig dazu meldeten. Sie konnten jeweils mithilfe der zur Verfügung gestellten Geräte die Versuchsvorschrift umsetzen. Im Nachhinein wurde eine Ablaufskizze erstellt, damit die Schüler auch zu einem späteren Zeitpunkt den Versuch nachvollziehen konnten. Es wurden folgende Temperaturen gemessen<sup>57</sup>:

$\text{HCl} (\text{aq})$  22 °C

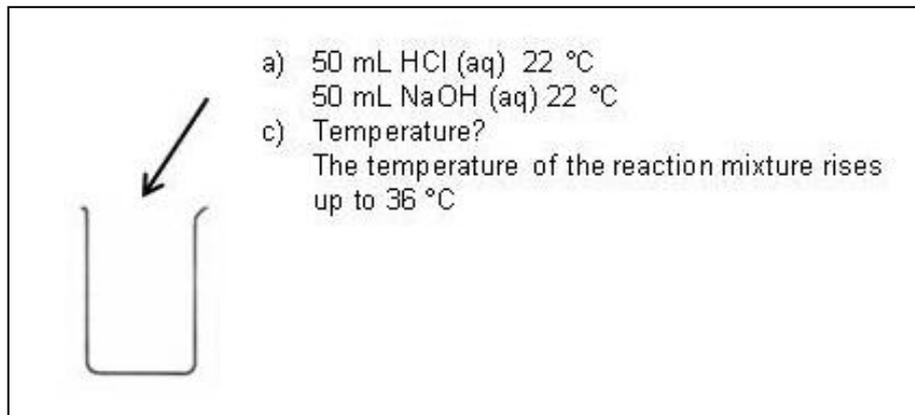
$\text{NaOH} (\text{aq})$  22 °C

Reaktionsgemisch: 36 °C

---

<sup>57</sup> Es werden hier nur die Ergebnisse der Klasse GYM-NW aufgeführt. Sie stehen exemplarisch für alle Gruppen. Die Salzsäure und Natronlauge hatten zum Beginn jeweils die entsprechende Raumtemperatur, insgesamt war jeweils ein Temperaturanstieg von ca. 12 - 15 °C zu beobachten.

Dies entsprach den Erwartungen. Es wurde folgendes Tafelbild dazu erstellt:



**Abbildung 15:** Tafelbild Neutralisation als exotherme Reaktion

Die Schüler konnten das Eindampfen der Lösung selbständig durchführen. Hierbei war keine Ablaufskizze notwendig, den entsprechenden Aufbau kannten die Schüler bzw. konnten ihn aus den gegebenen Geräten nachvollziehen. Die Beobachtungen entsprachen auch hier den Erwartungen. Die Schüler waren von den Vorgängen beim Auskristallisieren so angetan, dass einige von ihnen das Endergebnis mithilfe ihres Mobiltelefons als Bild festhalten wollten. Dies wurde ihnen gestattet.

#### 5.7.3.4 Gesprächsanalyse Demonstrationsexperiment

Von den vorführenden Schülern wurde in dieser Phase Englisch gesprochen. Die Abläufe wurden von ihnen kommentiert, dabei erfolgte eine sprachliche Orientierung an der vorgegebenen Versuchsvorschrift. Der Kommentar musste durch den Lehrer initiiert werden, dies ist allerdings ein Vorgang, der nach eigener Erfahrung auch im rein deutschsprachigen Unterricht erfolgen muss, da sich die Schüler auf die Versuchsdurchführung konzentrieren. Dies ist vor allem der Fall, wenn dies „spontan“ im Unterricht erfolgt. Der Versuch wird den Schülern im Unterricht neu vorgestellt und dann direkt durchgeführt. Eine Vorbereitungszeit ist dabei nicht gegeben, anders als bei einem vorbereiteten Schülervortrag, z.B. in Form eines Referats mit einem Demonstrationsexperiment. Hier kann die sprachliche Begleitung erwartet werden.

Im direkt folgenden Auswertungsgespräch, welches sich auf die erste Auswertungsfrage bezog, wurde von den Schülern die Reaktion als exotherm eingeordnet. Hierbei wurde auch der Begriff *reaction* verwendet. Der folgende Dialog steht exemplarisch für alle Gruppen, da er sich in den Grundzügen in allen Gruppen ereignete:

L: „Can you explain, what the higher temperature means?“

S1: „It’s an *exotherm*<sup>58</sup> (--) exothermic?“ [S1 bricht hier den Satz ab.]

L: „Yes, exothermic is the correct word.“

S1: „It’s an exothermic reaction.“

Dies wurde entsprechend als Ergebnis an der Tafel festgehalten, wobei der Begriff der exothermen Reaktion näher erläutert wurde, damit allen Schülern dies auch auf Englisch zur Verfügung steht:

The neutralisation is an exothermic reaction. That means that during the reaction heat is generated.

Die Definition der exothermen Reaktion wurde ebenfalls mit der Klasse auf Englisch vorgenommen bevor das Ergebnis an der Tafel formuliert wurde. Die Definition wurde von den Schülern entsprechend umschrieben, z.B. „It is warmer“, „there is more heat“. In der Gruppe RS war hierbei die Beteiligung am Unterrichtsgespräch deutlich geringer als in den anderen Klassen. Ein Wechsel ins Deutsche brachte hierbei keine Verbesserung, dies bedeutete, dass den Schülern nicht der englische Wortschatz fehlte, sondern dass die Definition nicht vorhanden war. Dies wäre allerdings auch in einem rein deutschsprachigen Unterricht aufgedeckt worden, wenn dort im Unterrichtsgeschehen der Begriff *exotherm* noch einmal wiederholt worden wäre. Es ist nur fraglich, ob sich der Lehrer die Zeit nimmt, dies zu tun oder ob die Nennung des Begriffes ausreicht um im Unterrichtsgeschehen fortzufahren. Der BU, in dem englischsprachige Fachbegriffe zum besseren Verständnis definiert werden, ergibt hier mehr Möglichkeiten zur Wiederholung und Festigung.

#### 5.7.3.5 Gesprächsanalyse Gruppenarbeit

Die Schüler sprachen in dieser Phase wieder durchgängig Deutsch. Allerdings verwendeten sie für das Reaktionsgemisch teilweise den Begriff *mixture* bzw. war ihnen im Deutschen nicht direkt ein passender Begriff geläufig, wenn sie sich einen Teil der Lösung zum Eindampfen abfüllen ließen:

S1: „Können wir bitte etwas von (--) der (---) äh *reaction mixture* bekommen?“

L1: „Du meinst das Reaktionsgemisch?“

S1: „ Ja, das aus dem Versuch eben.“

---

<sup>58</sup> Zu Beginn verwendeten die Schüler die deutsche Aussprache [exoterm], da ihnen der englisch Begriff nicht geläufig war.

Da hier dem Schüler im Deutschen der Begriff fehlte, erschien es angemessen von Lehrerseite auf Deutsch zu antworten. Da das Tafelbild (s.o.) noch zur Verfügung stand, erfolgte eine Orientierung für den englischen Begriff wahrscheinlich durch die dort verwendeten Begrifflichkeiten. Diese Annahme könnte allerdings nur durch eine Videoanalyse nachgewiesen werden. Es zeigt sich hier, dass einem Teil der Schüler noch nicht klar ist, wie das Reaktionsgemisch korrekt zu benennen bzw., dass sie noch keine Vorstellung entwickelt haben, woraus das Gemisch besteht. Im rein deutschsprachigen Unterricht wäre dies nicht aufgefallen, wenn durch das Unterrichtsgespräch die richtige Terminologie generiert worden wäre und ein Tafelbild analog zu dem hier verwendeten erstellt worden wäre.

Bei der weiteren Versuchsdurchführung wurden von den Schülern teilweise die Geräte nicht korrekt benannt, so wurde der Dreifuß als Ständer bezeichnet, das Keramikdrahtnetz als Netz und Untersetzer. Eine Orientierung an der englischen Versuchsvorschrift war hier nicht zu entdecken, da sich die Schüler mit Umschreibungen zu helfen wussten, die der Funktion der Geräte entsprachen. Dies ist auch im deutschsprachigen Unterricht zu beobachten.

Das Reaktionsprodukt wurde von den Schülern als *Salz* bezeichnet bzw. als *Salzkristalle*. Die Benennung *Natriumchlorid* war nicht zu beobachten. Die Schüler kommunizierten demnach auf der phänomenologischen Ebene.

### 5.7.3.6 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Im Unterrichtsgespräch wurde zunächst wieder nach der Methode vorgegangen zunächst das Gespräch auf Englisch zu führen, d.h. zuerst die Schülermeldungen vorzuziehen, die ihren Beitrag auf Englisch leisten wollten. Deutschsprachige Äußerungen wurden dann danach herangezogen.

Bei der Auswertung erfolgte die Orientierung an den Auswertungsfragen. Die Schüler schlugen dabei Salz („it must be salt“) als Bezeichnung für den kristallinen Feststoff vor (Auswertungsfrage b). Bei der Frage nach einer möglichen Formel wurde es insgesamt schwieriger. In Klasse GYM-NW wurde die korrekte Formel NaCl von einigen Schülern vorgeschlagen. Als Begründung wurde angeführt, dass dies das sei, was noch übrig sei: „It's normal salt,  $NaCl$ <sup>59</sup> (-) because this ähm (--) is left.“ Damit die Schüler der Argumentation folgen konnten, mussten die beteiligten Stoffe in ihrer Ionenschreibweise

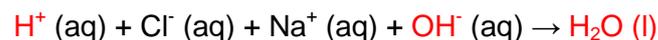
---

<sup>59</sup> Die Formel wurde deutsch ausgesprochen. Vermutlich ist sie dem Schüler im Deutschen deutlich präsenter.

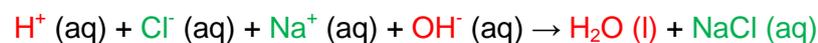
vor Augen geführt werden. Es wurde die Auswertungsfrage c) mit einbezogen und ein Tafelbild erstellt:



Das Tafelbild wurde nun schrittweise ergänzt. Dabei wurde die Aufmerksamkeit der Schüler auf die Ladungen der beteiligten Ionen gelenkt. Es konnte Wasser als erstes Produkt formuliert werden, wobei die beteiligten Ionen farbig markiert wurden. Es konnte daran auch die Änderung des pH-Wertes während der Neutralisation erklärt werden.



Die Schüler konnten nun die übrigen Ionen erkennen und zu Kochsalz ergänzen:



Zusätzlich wurden die Wortgleichungen angegeben:

hydrochloric acid + sodium hydroxide → water + sodium chloride

Salzsäure + Natronlauge → Wasser + Natriumchlorid

Es wurden für das Salz die systematischen Namen verwendet, damit es nicht zur Verallgemeinerung des Begriffes Salz kommt, was zu der Fehlannahme führen könnte, dass in der Chemie mit dem Begriff *Salz* nur das Kochsalz NaCl gemeint sei.

In der Klasse GYM-NW konnte diese Phase in Englisch durchgeführt werden. Erst bei der deutschen Wortgleichung wurde die Sprache entsprechend gewechselt, so dass eine Zusammenfassung auf Deutsch erfolgte. In den Gruppen GYM und RS wurde bei der Erstellung der Ionengleichung ins Deutsche gewechselt, da das Gespräch immer zäher wurde und sich nur sehr wenige Schüler daran beteiligten.

Es zeigte sich in der Gruppe GYM, dass teilweise das englische Vokabular fehlte, da die Schüler auf Deutsch die Argumentation fortführen konnten. In der Klasse RS hingegen zeigte sich bei einem Wechsel ins Deutsche, dass der Gesprächsfaden wieder aufgenommen wurde, es aber zu einem Raten kam, da den Schülern nicht klar war, welche Ionen in der Lösung vorhanden sind und wie diese den pH-Wert beeinflussen. Hier zeigte der Gesprächsabbruch im Englischen auf, dass die notwendigen Konzepte noch nicht vorhanden waren. Wäre die Stunde auf Deutsch durchgeführt worden, so hätte die Methode des Ratens seitens der Schüler zu einem Zufallstreffer (*lucky guess*) führen können, was ein scheinbares Wissen suggeriert, so dass der Lehrer entsprechend mit seinem Unterricht fortfährt.

### 5.7.4 Stundenverlauf Stunde 4

Für diese Stunde war zuerst geplant, ausgehend von den Ergebnissen aller Experimente eine allgemeine Reaktionsgleichung der Neutralisation aufzustellen. Dazu sollte von der phänomenologischen Ebene des pH-Wertes ausgegangen werden. Das vorher untersuchte Beispiel der Neutralisation der Salzsäure mit Natronlauge sollte nochmals in Ionenschreibweise wiederholt werden um daran die allgemeine Neutralisationsgleichung abzuleiten. Im Anschluss sollte diese allgemeine Gleichung auf weiteren Säuren und Laugen übertragen werden. Dazu wurden Beispiele gewählt, die den Schülern aus dem vorangegangenen Unterricht bekannt waren. Im Zentrum der Stunde standen daher die Erarbeitung der Reaktionsgleichung und der Transfer.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Erarbeitung I	Betrachtung der Neutralisation auf Teilchenebene: Erstellen der Reaktionsgleichung: (HCl (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen  Erstellen allgemeine Reaktionsgleichung der Neutralisation als Wortgleichung	Unterrichtsgespräch	Tafelbild
Ergebnissicherung Transfer	Anwendung der Neutralisationsreaktion auf weitere Beispiele – Vervollständigen der Reaktionsgleichungen: $\text{HNO}_3 (\text{aq}) + \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow$ $\text{HCl} (\text{aq}) + \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq}) \rightarrow$ $\text{H}_2\text{CO}_3 (\text{aq}) + \text{LiOH} (\text{aq}) \rightarrow$	Think-Pair-Share	Schülerheft Tafelbild
Erarbeitung II	Erstellen der Reaktionsgleichung (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen	Unterrichtsgespräch	Tafelbild

**Tabelle 23:** Verlaufsplanung 4. Stunde

Als zentrale Methode wurde hier das *Think-Pair-Share* verwendet. Hierbei werden drei Phasen durchlaufen. Zunächst setzt sich jeder einzelne Schüler allein mit der Aufgabe auseinander und entwickelt eine individuelle Lösungsstrategie. Im zweiten Schritt finden sich die Schüler zu Paaren zusammen und tauschen gegenseitig ihre Strategien und Ergebnisse aus mit dem Ziel, eine gemeinsame Lösung zu entwickeln. Im dritten Schritt wird die gemeinsame entwickelte Lösung in Gruppen oder vor der gesamten Klasse präsentiert und aus den so gewonnenen Ergebnissen für die gesamte Gruppe eine gemeinsame Lösung gefunden. Diese Methode hat den Vorteil, dass hierbei individuelle und kooperative Lernformen verknüpft werden. In der kooperativen Phase kommt es durch die Partnerarbeit zu einem intensiven Gedankenaustausch. Jeder Schüler hat somit

die Gelegenheit seinen Gedankengang offen zu legen [79]. Für diese Stunde wird für die dritte Phase (*Share*) das Unterrichtsgespräch mit der gesamten Klasse gewählt.

Das Unterrichtsgespräch rundet die Erarbeitungsphase ab, indem ein gemeinsames Tafelbild erarbeitet wird, welches durch die Verknüpfung der Formelschreibweise mit den entsprechenden Wortgleichungen die unterschiedlichen Abstraktionsebenen verknüpft.

#### 5.7.4.1 Gesprächsanalyse Erarbeitungsphase I

Der Einstieg in die Stunde konnte wie geplant durchgeführt werden. Es handelte sich dabei um eine reine Wiederholungsaufgabe, bei der den Schülern die entsprechenden Aufzeichnungen aus der vorherigen Stunde zur Verfügung standen, so dass diese Phase in Englisch gemeistert werden konnte. In allen Klassen konnten dabei auch Schüler zur Mitarbeit animiert werden, die sich vorher eher zurückgehalten hatten.

In der Folge wurde die allgemeine Reaktionsgleichung erstellt. Dies geschah als Wortgleichung und nicht in der Ionenschreibweise, da die Schüler keine allgemeine Schreibweise für Säurereste oder Metallionen kannten. Dabei wurde durch Abdecken der entsprechenden Elemente erarbeitet, dass bei der Bildung von Wasser (Abdecken des H-Atoms der Säure und des OH der Lauge), der Säurerest und das entsprechende Metall der Lauge übrig bleiben und somit das entsprechende Salz bilden.

Das Tafelbild fasste die Neutralisation zusammen:

The Neutralisation

The neutralisation is a reaction between an acid and an alkaline solution. The products are water and a salt. The reaction is exothermic.

Example:

$$\text{HCl (aq)} + \text{NaOH (aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O (l)} + \text{NaCl (aq)}$$

The general reaction scheme is:

$$\text{acid} + \text{alkaline solution} \rightarrow \text{water} + \text{salt}$$

$$\text{Säure} + \text{Lauge} \rightarrow \text{Wasser} + \text{Salz}$$

$\uparrow$   
 $\text{pH} < 7$

$\uparrow$   
 $\text{pH} > 7$

$\uparrow$   
 $\text{pH} = 7$

**Abbildung 16:** Tafelbild Zusammenfassung Neutralisation

Durch das Einbeziehen des pH-Wertes wird eine Verknüpfung mit der phänomenologischen Ebene geschaffen.

Während dieser Phase wurde zunächst Englisch gesprochen, den Schülern fiel hierbei das Nennen von Wasser als Produkt leicht während das Salz eher Probleme bereitete und erst nach Nachfragen genannt wurde. Es ist dabei auch nicht klar, ob die Schüler dann Salz als Stoffklasse oder Kochsalz als speziellen Fall meinen. Hier ist auch der Unterschied im Gebrauch zwischen Englisch und Deutsch zu beachten. Im Englischen wurde tendenziell die Aussage getroffen: „We get water and salt.“ Die Verwendung von *salt* ohne Artikel kann einen generellen Gebrauch des Wortes, welcher alle Salze umfasst, suggerieren. Es kann aber auch das Salz im Sinne von Kochsalz NaCl gemeint sein, da es als sogenanntes unzählbares Nomen in der Regel ohne Artikel verwendet wird. Es kann zur Generalisierung der Stoffklasse auch die Formulierung *a salt* verwendet werden. Dies entspricht jedoch nicht dem gewohnten Sprachgebrauch der Schüler. Sollte dies beobachtet werden, kann darauf geschlossen, dass der Sprecher tatsächlich die Stoffklasse der Salze meint.

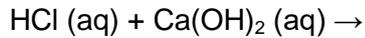
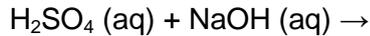
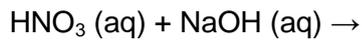
Im Deutschen kann auch der Gebrauch des Artikels ebenfalls unterschiedliche Interpretationen zulassen. Durch die situative Nähe zum konkreten Beispiel, bei dem Kochsalz gebildet wurde, welches im allgemeinen Sprachgebrauch als *Salz* bezeichnet wird, kann der Gebrauch ohne Artikel nur diesen speziellen Fall implizieren oder die Stoffklasse umfassen. Hier kann aber durch den Gebrauch des unbestimmten Artikels *ein Salz* dargestellt werden, dass es mehrere Salze gibt. Der Gebrauch des bestimmten Artikels *das Salz*, der im Englischen nicht üblich ist, weist hingegen nur auf Kochsalz hin. Von Seiten des Lehrers sollte auf einen eindeutigen Sprachgebrauch geachtet werden und daher der unbestimmte Artikel verwendet werden. In der deutschsprachigen Zusammenfassung am Ende dieser Phase wurde durchgängig darauf geachtet.

Da in allen Klassen in der Hospitation beobachtet wurde, dass sie die Namen der Säurereste und damit verbunden auch verschiedene Salze lernen mussten, wurde davon ausgegangen, dass den Schülern der Aufbau eines Salzes aus einem Metall-Kation und einem Säurerest-Anion geläufig war. Aus dem Sprachgebrauch konnte es nicht herausgehört werden.

#### **5.7.4.2 Gesprächsanalyse des Think-Pair-Share**

Obwohl diese Phase aufgrund der verschiedenen Kommunikationsformen in unterschiedliche Abschnitte unterteilt werden kann, zeigt der Unterrichtsverlauf, dass hier diese Phase in ihrer Gesamtheit betrachtet werden muss. In dieser Phase ging es darum zu untersuchen ob die Schüler die Formelsprache sprachlich unabhängig verwenden können, d.h. ob die allgemeine Reaktionsgleichung, die vor allem in Englisch erarbeitet wurde, auf weitere Beispiele übertragen werden kann.

Es wurden dazu den Schülern drei Reaktionsgleichungen zum Vervollständigen gegeben:



Es ergaben sich schon in der Einzelarbeitsphase die ersten Probleme. Einige Schüler konnten Wasser mit seiner korrekten Formel als Produkt formulieren. Sie taten dies sehr zielstrebig, in der Partnerphase, korrigierten einige Schüler ihre Nachbarn: „Da kommt erst mal Wasser hin, hier H zwei O.“ Das bei der Reaktion entstehende Salz bereitete ihnen aber Probleme, so dass der Großteil der Schüler es nicht mit seiner korrekten Formel darstellen konnte. Es gab dabei verschiedene Strategien. Ein Teil der Schüler brach mit Konventionen bei der Erstellung von Reaktionsgleichungen, z.B. Missachten von Wertigkeiten (z.B. wurde NaOH zu NaOH<sub>2</sub>) oder ein Verändern der Säurereste, so dass Formeln passend gemacht wurden. Dieser Aspekt konnte in der Hospitationsphase so nicht beobachtet werden, wobei allerdings beachtet werden muss, dass in dieser Phase andere Reaktionen betrachtet wurden.

Die Verwendung der englischen Sprache stellte viele Schüler vor eine scheinbar unüberwindbare Hürde, die sie davon abhielt, die Aufgabe überhaupt in Angriff zu nehmen. Der folgende Dialog, der sich in der Phase der Einzelarbeit ereignete, in der noch keine mündliche Sprachleistung gefordert war, ist exemplarisch für alle Lerngruppen:

S1: „Das kann ich nicht, das ist auf Englisch!“

L: „Aber Du verwendest doch Formeln und sollst sie zuerst nur wie in unserem Beispiel aufschreiben.“

S1: „Ja (--), aber die sind doch auf Englisch.“

L: „Die Formeln selbst sind nicht auf Englisch, H<sub>2</sub>O ist unabhängig von der Sprache Wasser oder *water*.“

S1: „Ich muss wissen, wie die heißen (-), also, was das ist, (--), das Salz.“

Es zeigte sich, dass die vorher erarbeitete Systematik nicht übertragen werden konnte. Es lässt sich folgendes Ergebnis festhalten: Die Formelschreibweise scheint für die Lernenden noch keine sprachunabhängige Darstellungsform zu sein. Sie machen einen Unterschied zwischen den einzelnen Sprachen, da ihnen offensichtlich eine Verknüpfung zwischen Formel und Name wichtig ist.

Das Ermitteln der richtigen Verbindung erfolgt nicht über die Formel, sondern über den Namen. Eine systematische, sprachunabhängige Herangehensweise über die Abläufe auf

der Teilchen- und Symbolebene erfolgt nicht. Da hier anscheinend die englischsprachigen Mittel fehlen, stellt sich die Frage, warum die Lernenden nicht direkt ins Deutsche wechseln, wo ihnen die Mittel auch durch ihre eigenen Aufzeichnungen zur Verfügung stehen. Stattdessen kommt es im Gegensatz zum deutschsprachigen Unterricht (Hospitationsphase, [29]) zum Abbruch. Dieser Aspekt wurde auch in der Abschlussbefragung zur Selbsteinschätzung aufgenommen (vgl. 5.7.6.2). Es kann auch der Fall sein, dass Stoffe, mit denen die Schüler eine konkrete Vorstellung verbinden, wie z.B. Wasser, leichter in der Formelschreibweise umgesetzt werden können. Es konnte jedenfalls beobachtet werden, dass Wasser in den meisten Fällen als erstes Produkt genannt wurde und auch die Formel korrekt aufgestellt wurde. Dies war auch in den vorangegangenen Unterrichtsgesprächen der Fall.

Da es zu einem Gesprächsabbruch bzw. zu einem Abbruch der inhaltlichen Arbeit kam, wurde der Unterricht auf Deutsch fortgesetzt. In der Analyse der Gespräche auf Deutsch zeigten sich folgende Aspekte:

- a) Die Gruppe GYM-NW war gewohnt, dass in Reaktionsgleichungen die Stoffe mithilfe der entsprechenden Teilchen, also in der Ionenschreibweise dargestellt werden. Die Aufgabenstellung wurde daraufhin geändert, dass die Ausgangsstoffe dementsprechend dargestellt wurden:



Es zeigte sich dabei, dass die Schüler den grundsätzlichen Aufbau von Säuren und Laugen noch nicht verstanden hatten, so dass sie die Ionenschreibweise selbst durchführen konnten. Am Beispiel der Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) wurden die Ionengleichungen mit der Klasse gemeinsam erstellt. Danach konnten deutlich mehr Schüler die Aufgabenstellung bewältigen. Die Schüler hatten insgesamt gesehen also Schwierigkeiten auf der Symbolebene.

- b) Die Schüler versuchen häufig durch Raten die richtige Lösung zu finden. Im Englischen fehlt ihnen dazu der Wortschatz. Im deutschsprachigen Unterricht kann dies dazu führen, dass die Inhalte scheinbar verstanden sind, da beim Raten der Aspekt des *lucky guess* eine wichtige Rolle spielt, der Zufallstreffer, der ein Scheinwissen vortäuschen kann. Durch den BU konnte diese Strategie aufgedeckt werden, da das fehlende Vokabular zum Gesprächsabbruch führte, die Analyse aber dann ergab, dass die Konzepte fehlten. Dieser Aspekt des Ratens wurde in der Abschlussbefragung noch einmal aufgegriffen (vgl. 5.7.6.2).

In der konkreten Situation konnte den Schülern durch ein gemeinsames, kleinschrittiges Erarbeiten der Reaktionsgleichungen geholfen werden. Dazu wurden die

Ionengleichungen aufgestellt und durch ein Kugelteilchenmodell visualisiert. Das Kugelteilchenmodell wurde bei dem Beispiel der Neutralisation der Schwefelsäure mit Natronlauge verwendet. Nach diesen Hilfestellungen konnten die Schüler die weiteren Aufgaben weitgehend selbständig bearbeiten. Hierzu wurde wieder die Methode des Think-Pair-Share angewendet. Das Unterrichtsgespräch, bei dem die Lösung an der Tafel festgehalten wurde, konnte dann auf Englisch durchgeführt werden.

Das Tafelbild zur Neutralisation wurde durch Wortgleichungen in Deutsch und Englisch ergänzt um den Transfer zu gewährleisten. Die Formeln der beteiligten Ionen und Moleküle wurden immer zusammen mit dem englischen Namen genannt, so dass auch hier ein Transfer zwischen den Sprachen vollzogen werden konnte.

Neutralisation of sulfuric acid

When you have sulfuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) in an aqueous solution, you get two  $\text{H}^+$  -ions (protons) from each molecule of  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :

$$\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$$

Each  $\text{H}^+$ -ion needs one  $\text{OH}^-$ -ion (hydroxide ion) to neutralise. The result is water:

$$\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{l})$$

We need two  $\text{OH}^-$ -ions to neutralise  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . We use  $\text{NaOH}$  (sodium hydroxide):

$$2 \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Na}^+ (\text{aq}) + 2 \text{OH}^- (\text{aq})$$

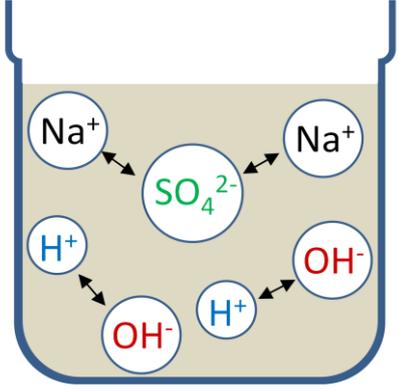
The  $\text{Na}^+$ -ions (sodium ions) and the  $\text{SO}_4^{2-}$ -ions (sulfate ions) form a salt with the formula  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Its name is sodium sulfate.

The reaction equation for the neutralisation of sulfuric acid with sodium hydroxide solution is:

$$\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{aq}) + 2 \text{NaOH} (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{aq})$$

sulfuric acid + sodium hydroxide  $\rightarrow$  water + sodium sulfate

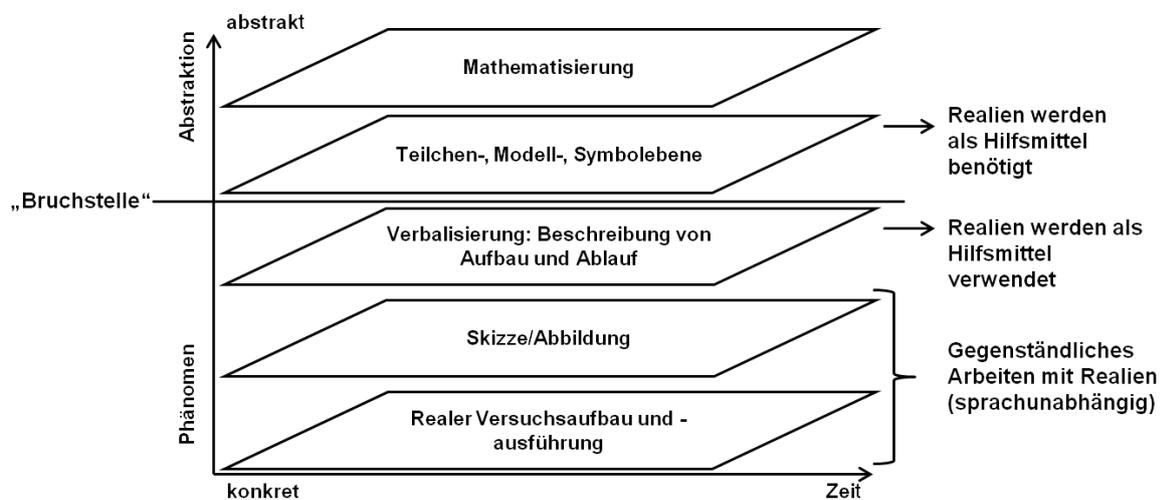
Schwefelsäure + Natronlauge  $\rightarrow$  Wasser + Natriumsulfat



**Abbildung 17:** Tafelbild zur Neutralisation im Kugelteilchenmodell<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Der beidseitig ausgerichtete Pfeil ( $\leftrightarrow$ ) ist in dieser und folgenden Darstellungen nicht mit mesomeren Grenzstrukturen gleichzusetzen, der Rolle, die er normalerweise in chemischen Darstellungen einnimmt. Im hier gezeigten Zusammenhang stellt dieser Pfeil elektrostatische Kräfte zwischen Ionen unterschiedlicher Ladung dar. Da die Schüler den Begriff der mesomeren Grenzstrukturen noch nicht kennen, kann eine Doppeldeutigkeit ausgeschlossen werden.

Es lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Schüler beim Übergang von der konkreten auf die abstrakte Ebene Schwierigkeiten haben. Solange ihnen eine gegenständliche Darstellung zur Verfügung steht, so wie durch ein Experiment, können sie diese sprachunabhängig zur Argumentation nutzen. Sie orientieren sich an den Realien. Dies hatte sich auch schon in den vorhergehenden Stunden, vor allem während der Schülerversuche, gezeigt. Stehen ihnen keine Realien zur Verfügung, so wie im vorliegenden Beispiel, kann die kognitive Leistung (noch) nicht erbracht werden. Betrachtet man die Abläufe anhand der Abstraktionsebene, so kommt es zu einer Bruchstelle zwischen der Verbalisierung konkreter Vorgänge und der Teilchen- und Symbolebene:



**Abbildung 18:** „Bruchstelle“ innerhalb der Abstraktionsstufen [56]

Der Übergang in die sub-mikroskopische Ebene, ein wichtiges Element im Basiskonzept der chemischen Reaktion [10] [42] ist nach diesen Ergebnissen konzeptuell noch nicht verankert. Bei der Identifikation dieses Problems spielte der bilinguale Unterricht insofern eine wichtige Rolle, als dass die englische Sprache den Zugang über die Benennung der einzelnen Stoffe verwehrte und so die Strategie zum Erstellen der Reaktionsgleichung offenbar wurde. Es zeigte sich also, dass die Lernenden noch kein abstraktes Modell entwickelt haben. Hier ist der Sprachwechsel ins Deutsche angezeigt, da die korrekte Bezeichnung der Stoffe und die Ableitung der Namen eine Schlüsselrolle für das strukturelle Verständnis chemischer Vorgänge spielt.

Es zeigte sich aber auch, dass der Einsatz gegenständlicher Darstellung, z.B. durch reale Stoffe, das Verständnis erleichtert, da die Lernenden Namen und Formel mit konkreten Sinneseindrücken und Handlungen (Reaktionen) verknüpfen können. Das Experiment bereitet den Einstieg in die Thematik, es zeigte sich in dieser Analyse jedoch, dass zum

Transfer der gewonnenen Erkenntnis nochmals konkrete Stoffe zur Unterstützung herangezogen werden müssen, um den Lernenden den Sprung in die Ebene der Modelle und Symbolisierungen zu erleichtern.

### **5.7.5 Stundenverlauf Stunde 5**

Diese Stunde diente zur Wiederholung und Zusammenfassung der vorhergehenden Stunden. Dazu wurde die Methode des Tandembogens verwendet, bei dem die Schüler in Partnerarbeit interagieren. Bei dieser Methode erhält jeder Schüler einen Fragebogen. Innerhalb eines Tandems hat jeder Partner seinen eigenen Satz an Fragen mit den dazu gehörigen Antworten, so dass sich die Schüler wechselseitig befragen und direkt die Antworten des Partners kontrollieren können. Tandemübungen sind im Fremdsprachenunterricht eine gängige Praxis, sie lassen sich auch auf andere Inhalte übertragen. Sie bieten den Vorteil, dass die Schüler einen hohen Sprechanteil erhalten [80].

Der verwendete Tandembogen beinhaltete die Schlüsselbegriffe, die für das Verständnis der Neutralisationsreaktion notwendig sind. Ausgehend von phänomenologischen Aspekten wie sauren und basischen Eigenschaften und dem pH-Wert geben die Fragen Raum zu Erläuterungen auf der Teilchenebene. Der Fragebogen mit seinen Antworten ist komplett auf Englisch, da es sich um eine Wiederholung handelt.

Ausgehend von den Neutralisationsexperimenten, die zu Beginn der Unterrichtsreihe durchgeführt wurden, wird der Begriff des Mols eingeführt. Dies geschah mithilfe eines Informationstextes, der mit den Schülern gemeinsam gelesen und besprochen wurde. Dies war geplant in der Form, dass die einzelnen Abschnitte von den Schülern zusammengefasst werden. Zu diesem Informationstext gab es eine entsprechende Aufgabe, die die Inhalte in Form eines Lückentextes zusammenfasste. Für den Lückentext waren keine Begriffe vorgegeben. Die Schüler mussten sie dem Text selbst entnehmen.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Einstieg	Tandembogen zu Schlüsselbegriffen der Neutralisation zur Wiederholung und Festigung der Begriffe	Partnerarbeit	Tandembogen
Problem-gewinnung	Wiederholung Mischungsexperimente (1. Stunde) Wie kann in der Praxis bestimmt werden, wie eine bestimmte Menge Säure durch Laugen-zugabe neutralisiert werden kann?	Unterrichtsgespräch	Schülerheft
Erarbeitung	Einführung des Molbegriffs – Teilchen innerhalb einer Teilchenportion können aufgrund ihrer molaren Masse $M$ und der Masse der Teilchenportion „gezählt“ werden.	Textarbeit Unterrichtsgespräch	AB <i>Comparing amounts of substances</i>
Ergebnis-sicherung	Zusammenfassung Mol und molare Masse	Einzelarbeit Unterrichtsgespräch	AB Comparing amounts of substances

**Tabelle 24:** Verlaufsplanung 5. Stunde

### 5.7.5.1 Gesprächsanalyse Tandemübung

Da den Schülern diese Übungsform unbekannt war, musste sie zuerst erläutert werden. Dies geschah auf Englisch unter Demonstration, wie die Schüler den Bogen zu falten hatten, so dass jeder die entsprechenden Fragen vorliegen hatte.

Die Schüler ließen sich bereitwillig auf die Übung ein. Sie konnten dies gut auf Englisch bewältigen. Sie versuchten grundsätzlich, ihre Erläuterungen auf Englisch vorzunehmen, es wurden auch deutschsprachige Wörter eingestreut, wenn das entsprechende Vokabular fehlte. Die Fragen selbst konnten die Schüler verstehen, dies zeigen die entsprechenden Antworten, die im richtigen Sinnzusammenhang standen. Die Schüler halfen sich gegenseitig im Englischen aus. Dies geschah teilweise durch deutliches Wiederholen eines Wortes oder auch durch Zeigen des Wortes.

Innerhalb der Aufgaben waren Salzsäure und Natronlauge nur in der Formelschreibweise dargestellt. Die Schüler griffen dies auf und verwendeten ihrerseits nur die Formeln im Gespräch, teilweise mit deutscher Aussprache. Die eigentlichen Namen wurden nicht verwendet. Die Schüler orientierten sich an der Vorlage, ein Transfer zwischen Formel und Namen erfolgte nicht.

### 5.7.5.2 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Die Einführung in die Stoffmenge erfolgte über die Wiederholung des Einstiegsversuchs in die Neutralisation. Die Schüler konnten sich gut daran erinnern, wie schwierig es war, durch Zugabe von Natronlauge zu einem vorgegebenen Volumen Salzsäure genau den Umschlagspunkt des Indikators zu erreichen. Dieser Versuch hatte sich durch seinen Anspruch an die sorgfältige Durchführung bei den Schülern eingeprägt. Die Problemstellung der Notwendigkeit der gleichen Menge an Teilchen konnte dadurch gut auf Englisch erarbeitet werden. Der Informationstext wurde dann gemeinsam gelesen, es fanden sich bereitwillig Schüler, die den Text laut in der Klasse lasen und dies auch mit guter Aussprache meisterten.

Die Klasse GYM-NW hatte das Thema „Stoffmenge und Mol“ im 8. Schuljahr bereits schon einmal behandelt. Es fiel dadurch einigen Schülern deutlich leichter dem Thema zu folgen. Es zeigte sich durch Verständnisfragen, die von den Schülern auf Deutsch gestellt wurden, dass im BU ein neues Thema nicht allein auf Englisch eingeführt werden kann mit der Annahme, dass die Schüler dies verstehen und ins Deutsche übertragen, wie es in einigen Bereichen des BU noch immer üblich ist [51]. Vokabelhilfen und Illustrationen zur visuellen Unterstützung helfen nicht immer weiter. Die Schüler haben teilweise das Bedürfnis, einen Text Wort für Wort zu verstehen. Gerade bei Sachtexten ist im Englischen das orientierende Lesen oder das *Scanning* und *Skimming* (vgl. Tab. 7) noch nicht gefestigt, da dazu der entsprechende Fachwortschatz fehlt. Eine Zusammenfassung in Deutsch war hier in allen Klassen notwendig, da die grundlegenden Inhalte noch nicht gefestigt waren und für einen Transfer zu Verfügung standen. Die Schüler konnten die allgemeine Gleichung für eine Neutralisation nennen, aber nicht sicher erklären, was dies auf Teilchenebene bedeutet.

Durch das Zusammenfassen in Deutsch wurde an dieser Stelle eine Paraphrasierung des Textes vorgenommen, da er nicht wörtlich übersetzt wurde. Durch diese Paraphrasierung, die auch durch die Schüler vorgenommen wurde, wurde der Text intensiv bearbeitet. Im Gegensatz zu einem rein deutschsprachigen Text, der ebenfalls vom Inhalt verstanden werden muss und durch Paraphrasieren sprachlich umgewälzt wird, stellt hier die englische Sprache eine zusätzliche Bearbeitungsebene dar. Die Schüler setzen sich intensiver mit dem Text auseinander als es im rein deutschsprachigen Unterricht geschehen würde. Die fachlichen Inhalte werden damit stärker umgewälzt.

Das Thema „Das Mol“ sollte an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden, da es auf den weiteren Unterricht überleitete, in denen die Titration als Anwendung der Neutralisation geplant war. In diesem Zusammenhang spielt die Stoffmenge eine wichtige Rolle und sollte dann durch geeignete Beispiele illustriert werden.

## 5.7.6 Unterrichtsplanung Stunde 6

Diese Stunde diente nur der Abschlussbefragung. Den Schülern wurden dabei zwei Aufgaben gestellt. Zuerst wurde die Concept Map zum zentralen Begriff *Neutralisation* (vgl. Tab. 11) erstellt. Danach erhielten die Schüler den Abschlussfragenbogen zur Selbsteinschätzung, der nach einer Likert-Skala aufgebaut war. Fachliche Inhalte wurden hier in dieser Stunde nicht mehr erarbeitet.

### 5.7.6.1 Auswertung Concept Maps

Für die Concept Map wurde den Schülern nur der zentrale Begriff *Neutralisation* vorgegeben. Diese Formulierung ohne Verwendung eines bestimmten Artikels ließ den Schülern die Arbeitssprache frei, da die Schreibweise des Zentralbegriffs in Deutsch und Englischen identisch ist. Die Aufgabenstellung war auf Englisch formuliert, ließ den Schülern aber die Möglichkeit des Gebrauchs des Deutschen offen:

- a) Make a concept map for the central term "neutralisation".
- b) You can use any word you want. If you don't know an English term, use the German word.

Bei der Auswertung der Concept Maps wurden vor allem betrachtet: Bezug der Begriffe zur Unterrichtseinheit, fachliche Richtigkeit, verwendete Abstraktionsebenen. Bei den Abstraktionsebenen lag der Fokus vor allem auf der Verwendung von Formeln und auf der Ebene der Beschreibung. Es wurde untersucht, ob die Schüler eher die beobachteten Phänomene bei den Experimenten beschreiben oder ob sie sich auf die Ergebnisse und die Reaktion in ihrem Ablauf auf sub-mikroskopischer Ebene beziehen.

Da die Schüler in der Mehrzahl keine eigentlichen Propositionen erstellt haben, da sie Zusammenhänge oft mit den Begriffen direkt nannten, kann eine Auswertung nach Anzahl der Kanten nicht vorgenommen werden. Es war vor der Aufgabe der Aufbau einer Concept Map nicht noch einmal thematisiert worden. Bei vielen Schülern ist das Ergebnis ein Begriffsnetzwerk, bei dem, im Gegensatz zu einer Mind Map, allerdings keine Hierarchisierung unter den angegebenen Begriffen zu erkennen ist. Bei einem Teil der Schüler ist durch Kommentare, die einen Teil der Begriffe begleiten oder verbinden, die *Neutralisation* beschrieben worden. Dies wird in der Auswertung unter dem Begriff *Definition* vermerkt.

Insgesamt werden die Begriffe fachlich korrekt verwendet. Es finden sich nur wenige Fehler, die aber in ihrer Form kein generelles Unverständnis seitens des Schülers suggerieren. So wird beispielsweise der alkalische pH-Bereich von 8-16 angegeben. Dieser Schüler gibt die weiteren pH-Werte für neutral und sauer korrekt an. Ein weiterer

Schüler stellt eine Reaktionsgleichung auf bei, der das Säurerest-Ion als Formel falsch dargestellt, aber die Ladungen und weiteren beteiligten Stoffe richtig angegeben sind und das Grundprinzip der Neutralisation klar erkannt werden kann.

Fast alle Schüler verwenden, zumindest teilweise, die englische Sprache. In der Gruppe RS ist es ein Schüler und in der Gruppe GYM zwei Schüler, die ihre Concept Map nur auf Deutsch erstellt haben. Es zeigt sich also, dass sich die Schüler auf die Verwendung der Fremdsprache einlassen und diese auch verständlich anwenden können.

Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis der Concept Maps, wobei jeweils folgende Anzahl an Concept Maps abgegeben wurde<sup>61</sup>:

RS: 11

GYM-NW: 25

GYM: 27

Begriff <sup>62</sup>	RS [%]	GYM-NW [%]	GYM [%]
Definition	27	40	41
Angabe von Formeln	18	68	30
acid + alkali	45	84	89
pH / pH-value	45	84	15
indicator	27	20	26
water	18	64	41
salt	9	24	30
ions	18	-	-
+ / - , d.h. different	18	-	4
reaction	9	24	59
mixture	-	16	4
alkali dissolved in acid	-	-	26
less corrosive	-	24	11
in aqueous solution	-	28	4
same amount	27	-	-
nur Englisch verwendet	36	52	4

**Tabelle 25:** Auswertung der Concept Maps zum Zentralbegriff Neutralisation

<sup>61</sup> Beispiele für Concept Maps finden sich im Anhang (11.1.3).

<sup>62</sup> Es werden in der Tabelle die englischen Begriffe genannt, da sie von der Mehrzahl der Schüler so verwendet wurden. Dies schließt hier allerdings auch Nennungen auf Deutsch mit ein.

Bei der Auswertung zeigt sich, dass zumindest die Gymnasialklassen das Grundprinzip der Neutralisation soweit verstanden haben, dass sie diese in einer Form eines Zusammenspiels zwischen Säure und Lauge beschreiben können. 40 % der Gymnasialschüler können zur Neutralisation eine adäquate Definition nennen. Der pH-Wert stellt dabei für die Gruppen GYM-NW und RS eine relevante Bezugsgröße dar. Ein Viertel der Schüler bezieht sich auch auf Indikatoren und ihre Farbveränderungen. Sie bewegen sich hierbei klar auf der phänomenologischen Ebene der Beobachtungen in den Schülerexperimenten. Ein Teil der Gymnasialschüler bezieht sich auch auf die Eigenschaften, es wird vor allem genannt, dass die neutralisierte Lösung weniger ätzend wirkt als die Ausgangsstoffe.

Die Einordnung der Neutralisation wird sehr unterschiedlich vorgenommen. In der Gruppe RS benennen sie nur sehr wenige Schüler korrekt als Reaktion, alternative Bezeichnungen werden überhaupt nicht verwendet. In den Gymnasialklassen gibt es ein sehr differenziertes Bild. Insgesamt wird eine Einordnung deutlich häufiger vorgenommen als in der Gruppe RS, wobei allerdings auch rein physikalische Beschreibungen genannt werden. Der Gebrauch des Begriffs *mixture* kann hier wieder durch das Arbeitsmaterial generiert worden sein, auch in den Unterrichtsgesprächen wurde der Terminus *reaction mixture* verwendet. In der Klasse GYM-NW wurde auch der Bezug zum Arbeiten in wässrigen Lösungen häufig genannt.

Ein sehr gespaltenes Bild gibt die Gruppe GYM ab. Eine Mehrheit benennt die Neutralisation als Reaktion, ein Drittel verwendet jedoch physikalische Bezeichnungen. Dabei fällt die Verwendung „an alkali dissolved in an acid“ auf. Dies spiegelt einen starken Bezug zu den durchgeführten Experimenten wider. Hier wurde in der Regel die Säure vorgelegt und dann die entsprechende Lauge zugegeben. Die Schüler lassen sich hier durch ihre konkreten Handlungen im Sprachgebrauch leiten, befinden sich also deutlich auf der phänomenologischen Ebene.

Deutliche Unterschiede gibt es zwischen den Gruppen in Bezug auf die Reaktionsprodukte und die Verwendung von Formeln. Hier schneiden die Gymnasialklassen deutlich besser. Wasser wird allerdings dabei als Produkt häufiger genannt als Salz. Bei der Nennung von Salz bleibt es in vielen Fällen unklar, ob hierbei die Stoffgruppe gemeint ist oder sich der Schüler nur auf Kochsalz (NaCl) bezieht. Ein Schüler schreibt explizit „water and a salt“, durch den unbestimmten Artikel wird hier die Stoffgruppe der Salze impliziert (vgl. 5.7.4.1).

Bei der Verwendung von Formeln werden häufig das Proton, das Hydroxidion und Wasser genannt, sie werden als maßgebliche Beteiligte an der Neutralisation dargestellt, auch in

der entsprechenden Gleichung:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ . In etwa der Hälfte der Fälle, in denen Formeln verwendet werden, werden auch die Formeln der Salzsäure und Natronlauge genannt. Die Schüler befinden sich hierbei einerseits auf der formalen Ebene der Symbole und Modelle, andererseits beziehen sie sich auf die konkreten Stoffe, mit denen sie im Experiment gearbeitet haben. Es kann zum Gebrauch der Formeln festgehalten werden, dass sie fachlich korrekt verwendet werden. Allerdings lässt dies noch keine Aussage darüber zu, ob die Schüler hier eine Reproduktion der gelernten Inhalte vornehmen oder ob sie sich kognitiv auf der formalen Ebene der abstrakten Symboldarstellung befinden. Dazu müsste eine weitere Befragung vorgenommen werden, in der die Schüler losgelöst von den konkreten Beispielen selbständig Neutralisationsreaktionen formulieren, bei denen sie die Reaktionspartner nicht aus dem Unterricht oder dem Alltag kennen.

Es fällt auf, dass die Klasse RS deutlich schlechter abschneidet als die Gymnasialklassen. Dies widerspricht dem Eindruck, der während der Unterrichtsstunden gewonnen werden konnte. Die englische Sprache kann eigentlich nicht als Begründung herangezogen werden, da die Realschüler bei der Concept Map das Englische genauso bereitwillig verwendet haben wie die Gymnasialschüler. Eine Ursache für das schlechtere Abschneiden kann sein, dass sie zu Beginn ein geringeres Vorwissen aufwiesen. Ein Vergleich mit der Concept Map zu Beginn der Unterrichtsreihe zeigt (vgl. Tab. 14), dass auch dort die Realschüler mit den Begriffen *Wasserstoff* und *Hydroxid* weniger korrekt operierten als die Gymnasialschüler. Der Umgang mit Formeln war ebenso deutlich schwächer ausgeprägt. Interessanterweise findet man nur bei der Gruppe RS einige Bezüge zur Stoffmenge, die für sie neu eingeführt worden war. Für die Gymnasialschüler war dieser Aspekt nicht neu, vielleicht ihm wurde daher weniger Beachtung geschenkt.

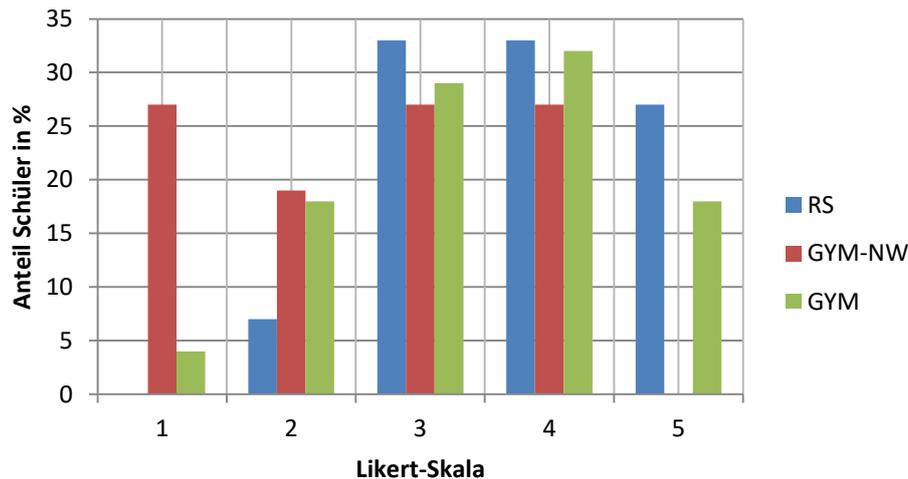
#### 5.7.6.2 Auswertung Fragebogen zur Selbsteinschätzung

Zur Selbsteinschätzung wurden den Schülern acht Aussagen vorgelegt<sup>63</sup>. Diese Aussagen bezogen sich auf den BU mit seinen vermehrten Anforderungen und den Sprachgebrauch im BU. Zu jeder Aussage sollten sie anhand einer Skala von 1 (stimme nicht zu) bis 5 (stimme vollkommen zu) ihre Selbsteinschätzung vornehmen.

Zuerst erfolgte eine Einschätzung des BU in seiner Schwierigkeit, d.h. zur Aussage „Der Unterricht war auf Englisch viel schwieriger als auf Deutsch“:

---

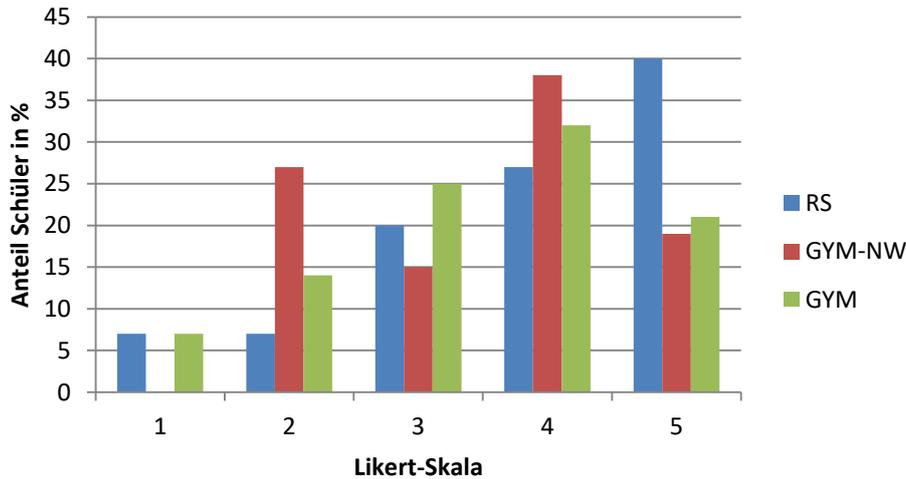
<sup>63</sup> Der Fragebogen befindet sich im Anhang (11.5).



**Abbildung 19:** Selbsteinschätzung „Der Unterricht war auf Englisch viel schwieriger als auf Deutsch“

Es zeigt sich, dass die Gruppen RS und GYM den Unterricht als schwieriger empfanden, in der Gruppe GYM-NW hingegen stimmte über die Hälfte der Schüler dieser Aussage nicht oder nur bedingt zu. Dies kann daran liegen, dass diese Klasse als naturwissenschaftliche Klasse insgesamt leistungsstärker war als die anderen Klassen. Die Concept Maps zeigten bei dieser Klasse einen stärkeren Gebrauch der Formelschreibweise seitens der Schüler. Diese größere Sicherheit im Umgang mit Formeln und eine breitere Erfahrung im experimentellen Arbeiten könnte dazu beigetragen haben, dass der BU für diese Klasse insgesamt keine große Herausforderung darstellte. In der Gruppe RS stimmt die Mehrheit der Aussage insgesamt zu, es gibt aber auch einige Schüler, die durch den BU keine größere Schwierigkeit sahen. Da sich im Vergleich zum Regelunterricht einige Schüler dieser Gruppe deutlich mehr am Unterricht beteiligten, kann mithilfe dieser Daten davon ausgegangen werden, dass sich manche Schüler im Gegensatz zum Regelunterricht durch den BU speziell angesprochen fühlen [17].

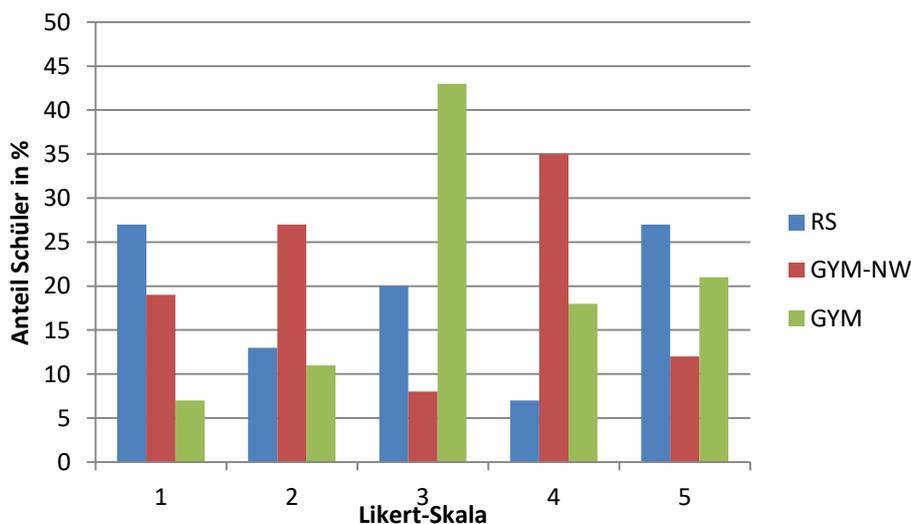
Die Schüler nahmen in Bezug auf die Sprachreflexion innerhalb des BU eine Einschätzung vor: „Ich habe durch die englische Sprache mehr über das, was ich sagen will, nachdenken müssen.“



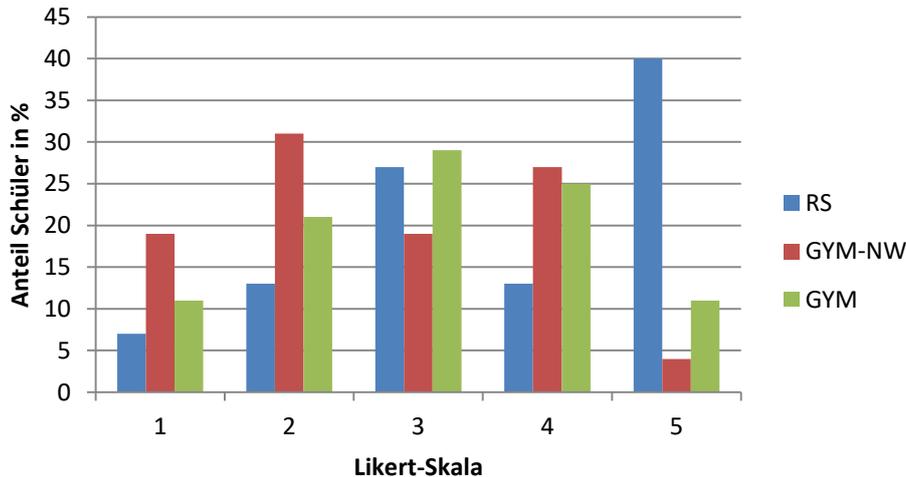
**Abbildung 20:** Selbstschätzung "Ich habe durch die englische Sprache mehr über das, was ich sagen will, nachdenken müssen."

Das Ergebnis zeigt, dass die Sprachreflexion eine Rolle im BU spielt. Hier geben vor allem die Schüler der Klasse RS an, dass sie das Englische zum Nachdenken auffordert. Auch wenn die Schüler aus GYM-NW den BU insgesamt nicht als größere Schwierigkeit sahen, so findet auch bei ihnen Sprachreflexion statt, ebenso wie innerhalb der Klasse GYM. Die These, dass der BU zur Sprachreflexion und damit zu einer vertieften Umwälzung der semantischen Ebene der Begriffe führt [21], kann hiermit untermauert werden.

Die beiden nächsten Aussagen bezogen sich auf das Bestreben, die Inhalte aus dem Englischen direkt ins Deutsche zu übersetzen: „Ich versuchte alles ins Deutsche zu übersetzen“. Damit verknüpft ist die Aussage „Bei Fachbegriffen/Formeln fehlten mir oft die deutschen Begriffe.“



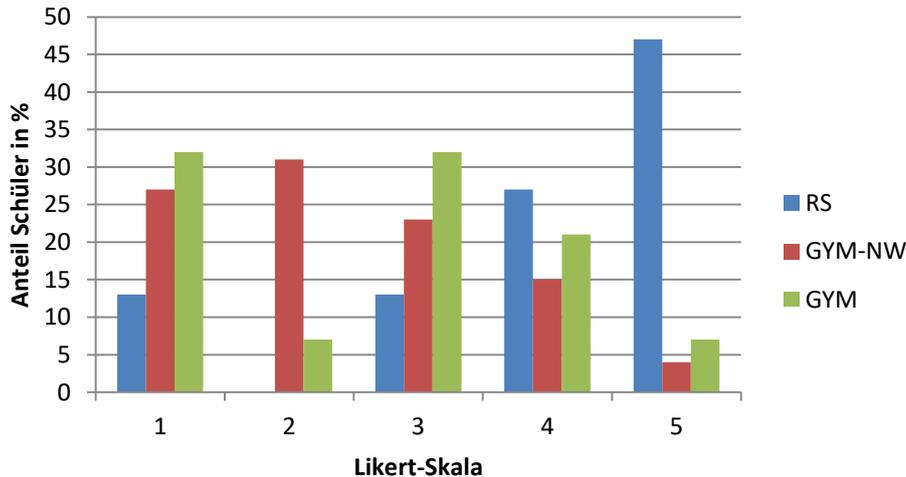
**Abbildung 21:** Selbstschätzung „Ich versuchte alles ins Deutsche zu übersetzen.“



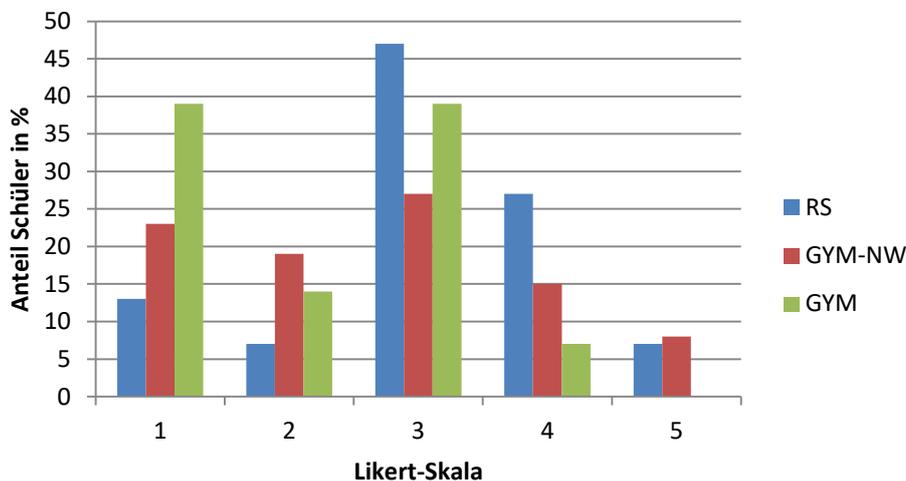
**Abbildung 22:** Selbsteinschätzung „Bei Fachbegriffen/Formeln fehlten mir oft die deutschen Begriffe.“

Bei beiden Aussagen kommt es zu einem sehr gemischten Bild, so dass kein eindeutiger Trend ausgemacht werden kann. Dies kann daran liegen, dass die Aussagen sehr absolut getroffen wurden. Es kann sein, dass sich dadurch die Schüler weniger angesprochen fühlten als bei einer abgemilderten Formulierung „Ich habe oft versucht mir die Inhalte zu übersetzen.“ Das Ergebnis kann aber auch dahingehend gedeutet werden, dass die Schülerschaft in Bezug auf ihre sprachlichen Kenntnisse uneinheitlich ist. Die Gruppe RS setzte sich aus Schülern aus vier verschiedenen Parallelklassen zusammen, so dass auch der Englischunterricht bei den Schülern unterschiedlich ausfiel. Andererseits geben 40 % der Schüler dieser Klasse an, dass ihnen bei Fachbegriffen oder Formeln das deutsche Wort fehlte. Dieses Ergebnis wirft insgesamt neue Fragen auf, denen in weiteren Untersuchungen nachgegangen werden kann. So kann danach differenziert werden, ob es eher Fachbegriffe oder Stoffnamen sind, die den Schülern im Deutschen fehlen oder wann sie das Bedürfnis verspüren, sich Inhalte direkt ins Deutsche zu übersetzen.

Aufgrund der Beobachtungen im Umgang mit Reaktionsgleichungen wurde dies ebenfalls untersucht. Einerseits wurde der Unterschied zwischen Deutsch und Englisch hinterfragt: „Reaktionsgleichungen machten mir auf Englisch mehr Probleme als auf Deutsch. Andererseits wurde auch die Herangehensweise seitens der Schüler betrachtet: „Ich will mir Formeln immer in ein Wort/einen Namen übersetzen unabhängig von der verwendeten Sprache.“



**Abbildung 23:** Selbsteinschätzung „Reaktionsgleichungen machten mir auf Englisch mehr Probleme als auf Deutsch.“

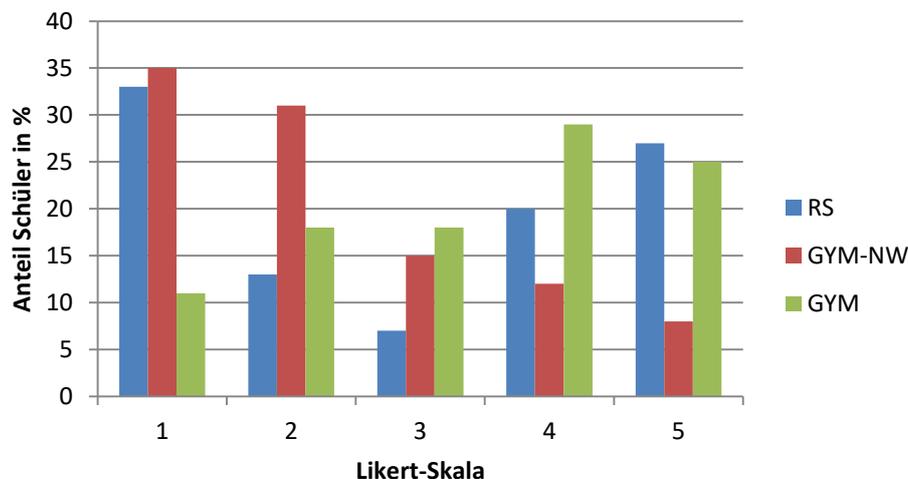


**Abbildung 24:** Selbsteinschätzung „Ich will mir Formeln immer in ein Wort/einen Namen übersetzen.“

Die Frage nach dem Unterschied bei der Sprache für den Umgang mit Reaktionsgleichungen zeigt bei der Gruppe RS klar, dass hier für mehr als die Hälfte der Schüler die englische Sprache ein Hindernis darstellt. In den anderen Klassen gibt es nicht so ein eindeutiges Bild. In der Klasse GYM-NW entspricht dies auch der Beobachtung, dass die Darstellungsform der Reaktionsgleichung ausschlaggebend war für das anfängliche Misslingen. Diese Klasse scheint auch den Namen der Formeln nicht zu benötigen. Dies zeigte sich auch in Concept Maps, Formeln waren dort nicht immer mit Namen verknüpft, die Formeln wurden jedoch im korrekten Kontext verwendet. Der Anteil der Schüler dieser Klasse, der angibt, dass die englische Sprache ein Problem darstellt entspricht auch dem Anteil, der Formeln in Namen übersetzen möchte. Bei der Gruppe RS gibt es diese Entsprechung nicht.

Die Gruppe GYM gibt ein etwas gespaltenes Bild ab. Ein gutes Drittel gibt keine Sprachprobleme an, während ein knappes Drittel diese Probleme nennt. Bei der Methode des Übersetzens geben deutlich mehr Schüler an dies nicht zu tun. Die Schwierigkeiten im Umgang mit den Gleichungen müssen also noch andere Ursachen haben. Dies ist ein Aspekt, der weiter untersucht werden sollte, da auch die Beobachtungen im Unterricht große Probleme im Umgang mit den Reaktionsgleichungen offenbarten.

Da im Unterricht die Methode des Raten genannt wurde, die im deutschsprachigen Unterricht zur Anwendung kommt, sollte dies ebenfalls hinterfragt werden: „Wäre der Unterricht auf Deutsch gewesen, hätte ich öfter versucht, die richtige Antwort zu raten.“

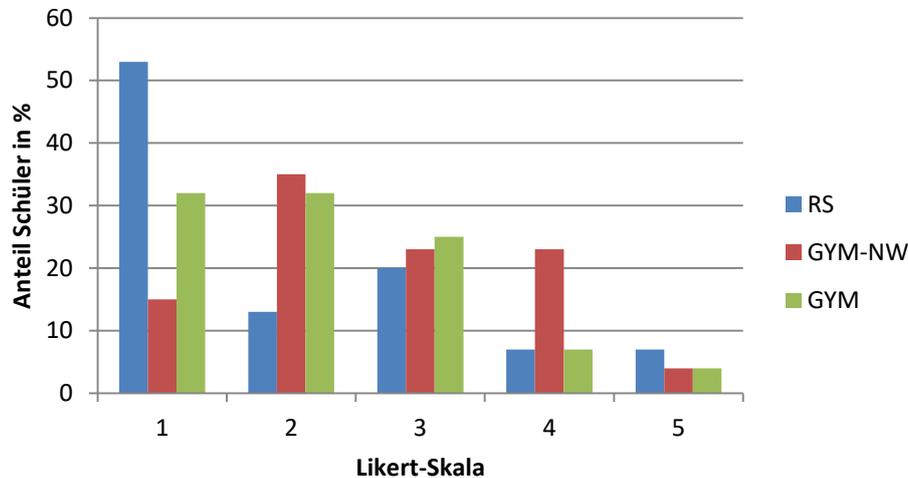


**Abbildung 25:** Selbsteinschätzung „Wäre der Unterricht auf Deutsch gewesen, hätte ich öfter versucht, die richtige Antwort zu raten.“

Es zeigt, dass bei den Klassen RS und GYM insgesamt etwa die Hälfte der Schüler diese Methode verfolgt. In der Gruppe RS gibt aber auch ein Drittel an, dies nicht zu tun. Dies entspricht durchaus dem Eindruck im Unterricht. Es gab einige Schüler, die sehr selbstsicher auftraten, selbst wenn ihre fachlichen Äußerungen nicht korrekt waren. Es kann durchaus sein, dass sie sich fachlich im Recht fühlen und es daher kein Raten ist.

In der Klasse GYM-NW ist das Raten bei über der Hälfte der Schüler nicht das Mittel der Wahl. Dies spiegelt den Aspekt wieder, dass die Klasse im Vergleich leistungsstärker ist. Es kann auch an der Lehrerpersönlichkeit liegen. In den Klassen RS und GYM wurden falsche Aussagen sehr geduldig korrigiert, während in der Klasse GYM-NW dies durchaus auch zu einem sarkastischen Kommentar oder dem Verweis auf das eigenständige Lernen führen konnte. Insgesamt lässt sich sagen, dass das Raten im BU dahingehend eine Rolle spielt, dass durch die Fremdsprache diese Möglichkeit einigen Schülern genommen wird. Als Resultat kann ein Gesprächsabbruch im Unterricht folgen, durch den Schwierigkeiten bei den fachlichen Inhalten aufgedeckt werden können.

Zum Abschluss wurde ein Erkenntnisgewinn für die Schüler durch den BU hinterfragt. Da die Schüler stärker über ihre Aussagen reflektierten, wurde hinterfragt ob dadurch auch Lücken im Deutschen aufgedeckt werden konnten: „Der englischsprachige Unterricht zeigte mir, dass mit manchmal auch auf Deutsch das passende Wort fehlt.“



**Abbildung 26:** Selbsteinschätzung „Der BU zeigte mir, dass mir manchmal auch auf Deutsch das passende Wort fehlt.“

Dieses Ergebnis stellte eine Überraschung dar. In großer Mehrheit stimmten die Schüler gegen diese Aussage. Da die Schüler im Englischen eine Sprachreflexion vornehmen, diese aber im Deutschen keine Unstimmigkeiten zeigt, kann dies zweierlei bedeuten. Einerseits waren die Inhalte den Schülern auf Deutsch vollständig klar, so dass sie aus dem Englischen direkt übertragen werden konnten. Andererseits handelte es sich um komplett neue Inhalte, so dass wenig auf deutschsprachige Ressourcen zurückgegriffen werden musste, sondern auch im Deutschen alles neu gelernt werden musste. Da das Deutsche nicht benötigt wurde, konnten auch keine Lücken aufgedeckt werden.

Es kann auch sein, dass die sprachliche Nähe zwischen Englisch und Deutsch die Inhalte für die Schüler komplett transparent machte. Das experimentelle Arbeiten unterstützte dies noch, da hier die Schüler sprachunabhängig agieren konnten. Dies könnte als Argument für einen rein englischsprachigen Unterricht gewertet werden, der dem Typ nach Diehr entspricht [51]. Allerdings widerspricht diese Interpretation den beobachteten Gesprächsabbrüchen, die zeigten, dass auch auf Deutsch noch Handlungsbedarf bestand. Dieses Ergebnis wirft demnach weitere Fragen auf, die nicht im Rahmen dieser Studie beantwortet werden können.

## 5.8 Hospitation in einer bilingualen Klasse

Es wurde eine Hospitation in einer 9. Klasse durchgeführt, die seit der Klasse 7 im Fach Chemie bilingual unterrichtet wird. Die Unterrichtssprache ist dabei ebenfalls Englisch. Die Klasse gehört zu einem bilingualen Zweig, der BU wurde daher in den Stufen 5 und 6 durch erweiterten Englischunterricht vorbereitet. Das Sachfach, welches im BU unterrichtet wird, erhält eine Wochenstunde mehr um die Inhalte entsprechend kleinschrittiger aufzubereiten bzw. bei Bedarf auf Deutsch zu wiederholen [81].

Während dieser Hospitation, die ebenfalls als Tondokument aufgezeichnet wurde und durch ein Gedächtnisprotokoll ergänzt wurde, sollten Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Sprachgebrauch im Vergleich zu den untersuchten Klassen festgestellt werden.

### 5.8.1 Stundenverlauf

Bei dem besuchten Unterricht handelte es sich um eine Doppelstunde zum Thema der *Säure-Base-Titration*. Die Schüler hatten in den vorhergehenden Stunden die Neutralisation behandelt und kannten die allgemeine Reaktionsgleichung. Sie kannten die Begriffe der *Konzentration* und *Stoffmenge*. In der Stunde wurde zunächst mündlich die allgemeine Reaktionsgleichung der Neutralisation wiederholt. Im Anschluss führten die Schüler in Gruppenarbeit eine Titration von Salzsäure mit Natronlauge durch. Als Indikator wurde Universalindikator eingesetzt. Zur Einführung des Experiments wurde die Versuchsvorschrift als OHP-Folie allen Schülern präsentiert und gemeinsam gelesen. Offene Fragen wurden geklärt. Während des Versuchs stand die Vorschrift den Schülern zur Verfügung. Im Anschluss an den Versuch erfolgte die Auswertung des Versuchs.

Innerhalb der Stunde wurden die Methoden Unterrichtsgespräch, Schülerexperiment in Gruppenarbeit und ein Unterrichtsgespräch durchgeführt. Es wechselten sich dadurch Phasen in Englisch und Deutsch ab. Die Klasse war an das Arbeiten in Kleingruppen gewöhnt und konnte sich schnell in den einzelnen Gruppen einfinden und den Versuch arbeitsteilig durchführen. Sie hielten sich dabei auch an feste Zeitangaben zur praktischen Durchführung und in Gruppengesprächen zur Auswertung.

### 5.8.2 Gesprächsanalyse

Das Unterrichtsgespräch zeigte, dass die Schüler an den BU gewöhnt waren. Die Wortgleichung zur Neutralisation wurde zu Beginn der Stunde genannt. Der Text der Versuchsvorschrift wurde flüssig gelesen, die Fachbegriffe schienen keine Probleme zu bereiten. Es fiel allerdings hier auf, dass die Aussprache von *hydroxide* bei einigen Schülern eine Mischform aus Deutsch und Englisch darstellte. Die Aussprache

[haidroxid], die beim Vorlesen verwendet wurde, fand sich später auch bei anderen Schülern während der Gruppenarbeit. Im späteren Unterrichtsgespräch zeigte sich, dass diese Aussprache auch teilweise vom Lehrer verwendet wurde, die Schüler dies also kopierten. Es zeigte sich aber auch, dass durch Reflexion während des Sprechakts die Aussprache und auch die Wortwahl überdacht wurde:

S1: "A few drops of sodium hydrox (-) drox (4 s) ja of sodium hydroxide to the (3 s) solution."

Hier wird nicht nur die Aussprache von *hydroxide* während des Sprechens überdacht, so dass es zur korrekten Aussprache kommt, sondern auch die Wortwahl zur Bezeichnung des Reaktionsgemischs im Kolben während der Titration. Es zeigt sich auch, dass hier den Schülern die notwendige Zeit zur Sprachreflexion gegeben wird.

Die Schüler waren es auch gewohnt sich gegenseitig bei Wortschatzfragen zu helfen, wie folgender Dialog während des Unterrichtsgesprächs zeigte:

S1: „What’s an (-) Erlenmeyer flask?“

S2: "An *Erlenmeyerkolben*<sup>64</sup>"

Die Zusammenfassung der Versuchsdurchführung konnte von den Schülern flüssig vorgenommen werden. Dabei stand ihnen die Vorschrift zur Verfügung. Insgesamt zeigte sich während der Einstiegsphase eine hohe Bereitschaft der Schüler zur Beteiligung, da sich viele Schüler bei den einzelnen Inhalten meldeten.

Die Experimentierphase konnte wie geplant durchgeführt werden. Die Schüler konnten die Vorschrift umsetzen, da die Apparaturen schon fertig aufgebaut waren. Die Salzsäure wurde vorgelegt. Bei der Durchführung der Titration war einigen Schülern jedoch nicht klar, in welchen Portionen die Natronlauge aus der Bürette zugegeben werden sollte. Durch Unterschiede in der Durchführung (jeweils wenige Tropfen oder 1 mL) war der Zeitbedarf unterschiedlich hoch. Da sich in der Gruppenarbeitsphase an die Versuchsdurchführung das Erstellen des Protokolls innerhalb der Gruppen anschloss, konnten einige Gruppen bereits Überlegungen zur Deutung anstellen.

In der Gruppenarbeitsphase, in der die Schüler durchgängig Deutsch sprachen, war das gleiche Phänomen wie in den untersuchten Klassen zu beobachten. Die Schüler verwendeten die englischen Namen der Stoffe in ihren deutschsprachigen Diskussionen:

S1: „Die *hydrochloric acid* haben wir hier reingetan.“

S2: „Welche Farbe hatte der *universal indicator* am Anfang?“

---

<sup>64</sup> Kursiv gesetzte Wörter zeigen eine jeweils einen Wechsel in der Aussprache an, d.h. Englisch - Deutsch oder Deutsch - Englisch.

Die Chemikalien waren auf Englisch beschriftet, wobei zusätzlich die jeweiligen Formeln angegeben waren. Es erfolgt auch hier eine Orientierung am jeweiligen situativen Kontext. Die Übertragung der Stoffnamen von Englisch nach Deutsch mit der Formel als sprachliche Universalie läuft auch hier nicht ab. Es stellt sich allerdings die Frage, warum der Name des Indikators nicht ins Deutsche übertragen wird, da hier eine große sprachliche Nähe vorliegt: universal indicator - Universalindikator. Das Unterrichtsgespräch ließ auch den Schluss zu, dass die Schüler den Indikator kannten und damit schon mehrmals gearbeitet hatten, da sie einzelnen Farben zuordnen konnten. Es lässt sich daraus schließen, dass im Deutschen eine deutlich geringere Sprachreflexion durchgeführt als im Englischen. Der BU trägt also zur vertieften Sprachreflexion bei, die als Folge eine stärkere sprachliche und inhaltliche Umwälzung der einzelnen Begriffe bei den Schülern bewirkt. Der Sprachgebrauch im Deutschen ist im Vergleich durch Spontaneität und einen vergleichsweise oberflächlichen Sprachgebrauch geprägt.

Im Unterrichtsgespräch zur Versuchsauswertung konnten die Schüler die Vorgänge auf phänomenologischer Ebene sehr anschaulich darstellen. Hier zeigte sich, dass sie durch den durchgängigen BU gegenüber den untersuchten Klassen im Vorteil waren. Die Begriffe für die Geräte und Stoffe konnten sie spontan anwenden. Bei der Beschreibung von Vorgängen war ein zusammenhängender Sprachfluss vorhanden, die Schüler konnten auch komplexere Beobachtungen anschaulich darstellen.

Bei der Deutung der Beobachtungen waren abhängig von Abstraktionsebene Unterschiede zu beobachten. Die verbale Beschreibung konnte von den Schülern sicher geleistet werden. Dies hatte sich auch schon während der Gruppenarbeitsphase angedeutet als die Schüler begannen das Protokoll zu erstellen und einige Gruppen erste Überlegungen zur Deutung anstellten. Sie besprachen diese auf Deutsch und hielten sie schriftlich auf Englisch fest.

Der Ablauf stellte sich wie folgt dar: Die Säure färbt den Indikator rot, durch Zugabe von Lauge kommt es an der Eintropfstelle zur Blaufärbung, Schwenken des Kolbens verteilt die Lauge und die Lösung ist rot gefärbt. Ist mehr Lauge als Säure vorhanden, kommt es zur bleibenden Blaufärbung. Gibt man die Lauge in kleinen Portionen hinzu, kann eine Grünfärbung der Lösung beobachtet werden, dann ist die Säure neutralisiert. Das Ergebnis sind Wasser und Salz. Vor dem Hintergrund der eingesetzten Stoffe kann davon ausgegangen werden, dass hier der ohne Artikel verwendete Begriff *salt* Kochsalz (NaCl) suggeriert. Diese Darstellung wurde komplett in Englisch von verschiedenen Schülern flüssig vorgetragen. Kurze Sprachpausen dienten einer Sprachreflexion.

Nach dieser Darstellung sollte die Reaktionsgleichung erstellt werden. Hier kam es zum abrupten Gesprächsabbruch, es lagen keine Wortmeldungen vor. Daraufhin wurde ins Deutsche gewechselt. Die Schüler äußerten auch hier erst nach einer Pause Vermutungen zur Reaktionsgleichung, die zu Beginn zeigten, dass die Vorgänge auf der formalen Symbolebene nicht nachvollzogen werden können. In dieser Phase konnten die Schüler ihre Vorschläge für Reaktionsgleichungen an die Tafel schreiben, eine verbale Erläuterung wurde nicht gefordert. Erst ein schrittweises Vorgehen mit dem Aufstellen von Ionengleichungen machte die Vorgänge für die Schüler transparenter. Der gesamte Vorgang zeigte allerdings, dass der Grund für den Gesprächsabbruch nicht an der Verwendung der englischen Sprache an sich lag, sondern an den fachlichen Inhalten. Die Schüler konnten den Sprung in die abstrakte Darstellung nicht vollziehen. Es stellt sich aber auch hier die Frage, warum die englische Sprache die Schüler davon abhält, eine Reaktionsgleichung unter ausschließlicher Verwendung von Formeln zu erstellen. Nach dem Wechsel ins Deutsche wurde dies probiert.

## 5.9 Ergebnis Studie I

Ausgehend von den unter 5.3 formulierten Forschungsfragen werden nun die Ergebnisse der ersten Studie zusammengefasst.

Der BU stellt eine sprachliche Herausforderung für die Schüler dar. Dies ist von ihnen in der Selbsteinschätzung zu einem großen Teil bestätigt worden. In diesem Zusammenhang ist vor allem der Aspekt, dass die Schüler vor dem eigentlichen Sprechakt das zu Sagende reflektieren, von Bedeutung. Diese Tatsache macht den BU als Diagnoseinstrument nutzbar. Die Schüler artikulieren weniger „unüberlegte“ Äußerungen. Raten als Strategie steht den Schülern nicht mehr in demselben Maß zur Verfügung wie es im deutschsprachigen Unterricht der Fall wäre. Unterbrechungen im Gesprächsfluss zeigten häufig Schwierigkeiten im kontextuellen Verständnis und weniger mangelnde sprachliche Fähigkeiten. Unter der Voraussetzung, dass den Schülern für den fremdsprachlichen Teil durch unterschiedliches Scaffolding das notwendige Sprachgerüst zur Verfügung gestellt wird [72], zeigt der BU ein großes Potential zur Diagnose der kognitiven Verarbeitung fachlicher Inhalte seitens der Schüler.

In Bezug auf die Forschungsfrage 1<sup>65</sup> kann festgehalten werden, dass ein Teil der Schüler die Formelschreibweise nicht als Mittler zwischen den Sprachen verwenden kann. Sie

---

<sup>65</sup> Inwiefern kann durch den BU gezeigt werden, ob die Lernenden die Formelschreibweise auf der Ebene der abstrakten sprachunabhängigen Darstellung, d.h. kann die Formelschreibweise mit ihrer international verständlichen Symbolik als Sprachmittler dienen?

beziehen sich in ihren Argumentationen auf die konkrete Ebene der beobachtbaren Phänomene. Inhalte, die sie mit ihren eigenen Sinnen erfassen konnten, werden in beiden Sprachen sicher dargestellt. Das Erstellen von Reaktionsgleichungen funktioniert, wenn die Schüler sich die einzelnen Stoffe vorstellen und mit einem Namen verknüpfen können. Eine Reaktionsgleichung, die aus einem selbst durchgeführten Experiment entwickelt wird, konnte nicht auf unbekannte Beispiele innerhalb derselben Stoffklasse übertragen werden. Die Formelschreibweise ist daher kein Sprachmittler, der zur Übertragung der Inhalte im BU beitragen kann.

Die Schüler benötigen zum Arbeiten mit Reaktionsgleichungen konkrete Vorstellungen vom Reaktionsablauf, der durch die Gleichung repräsentiert wird. Der Sprung in das Niveau der abstrakten Operationen an Modellen, Symbolen und Teilchenvorstellungen muss durch beobachtbare Abläufe unterfüttert werden. Die Verbalisierung der Vorgänge spielt dabei ebenfalls eine wichtige Rolle. Es zeigt sich hier die enge Verknüpfung zwischen Denken und Sprache, wie sie in Kapitel 3 diskutiert wurde. Die dort aufgestellte Hypothese, dass die sprachliche Ausdrucksfähigkeit das fachliche Verständnis reflektiert, wird hier bestätigt. Es fiel den Schülern auch bei einem Wechsel ins Deutsche schwer, die Vorgänge auf Teilchenebene adäquat zu beschreiben, weil sie sich diese nicht vorstellen konnten.

Dem Sprachwechsel in Gruppenarbeitsphasen kommt bei der Diagnose eine wichtige Rolle zu (Forschungsfrage 2<sup>66</sup>), da sich durch die sprachliche Durchmischung in den Gruppenarbeitsphasen zeigte, dass die Schüler sich an den Dingen ihrer unmittelbaren Umgebung orientieren, in diesem Fall Beschriftungen auf Chemikaliengefäßen. Gerade in den deutschsprachigen Phasen erscheint der Sprachgebrauch unreflektiert, die Sprachen werden vermischt. Die Schüler nehmen an, dass ihr Umfeld sie versteht, da hier allen die identischen Informationen vorliegen. Diese Vermischung der Sprachen war in den englischsprachigen Phasen nicht beobachtbar, da hier der Sprachgebrauch stärker reflektiert wurde und die Verwendung einzelner deutschsprachiger Wörter als Frage formuliert wurde, so dass eine Hilfestellung erwartet wurde um den korrekten englischen Ausdruck zu finden.

Die Durchmischung der Sprachen zeigte, dass die Schüler noch nicht über die entsprechenden Konzepte verfügen, die zur Vermeidung dessen geführt hätten. Dazu gehört vor allem die Verknüpfung Formel - Stoffname. Dieser Aspekt betrifft wieder den Übergang zwischen der Ebene der Verbalisierung (Stoffname) und der Symbolisierung

---

<sup>66</sup> In welchem Ausmaß kann der Sprachwechsel in Gruppenarbeitsphasen Grundlage für eine weitere Analyse des Fachverstehens sein, da der Sprachgebrauch Deutsch – Englisch verglichen werden kann?

(Formel) und vice versa. Der Fachwortschatz, und dazu gehören die chemischen Formeln, müssen von den Schülern wie Vokabeln gelernt werden. Dazu gehört jedoch nicht nur der strukturelle Aufbau des Begriffs wie die Aussprache und Schreibweise, sondern auch die Einbettung in bereits bestehende Konzepte seitens der Lerner. Gerade diese konzeptionelle Einbettung ist das entscheidende Merkmal beim Erlernen neuer Wörter [82]. Um dies zu erreichen, ist eine Verflechtung von Kontext und Fachinhalt notwendig. Den Schülern muss also Gelegenheit gegeben werden, in Experimenten mit unterschiedlichen Stoffen zu arbeiten, wobei die Verknüpfung Name - Formel ein wichtiger Bestandteil werden sollte. Durch den Umgang mit einer Vielfalt von Stoffen können die Schüler eine Systematik bei der Benennung erkennen und in ihrem mentalen Lexikon entsprechende Verknüpfungen aufbauen. Der Umgang mit den Stoffen gibt den Schülern ebenso Gelegenheit das mentale Lexikon mit konkreten Vorstellungen über die einzelnen Stoffe zu verbinden.

Betrachtet man die Datenlage in Bezug auf Forschungsfrage 3<sup>67</sup>, so kann diese Frage nicht eindeutig beantwortet werden. Im Umgang mit Experimenten, d.h. Umsetzen einer konkreten Versuchsvorschrift bestehen keine Unterschiede zwischen den Schulformen. Die Herangehensweise ist abhängig vom jeweiligen Lernertyp und der Vorbildung. Während einige Schüler eine rein verbale Versuchsvorschrift direkt in konkrete, zielgerichtete Handlung umsetzen können, benötigen andere Schüler Hilfestellungen in Form von Skizzen oder dem konkreten Versuchsaufbau als Demonstrationsobjekt. Die Skizzen können dabei unterschiedlich viele Informationen tragen. Einerseits gibt es die Abbildung des Versuchsaufbaus, der nur die Gräte und ihre Namen umfasst. Andererseits kann diese Skizze weiterentwickelt werden zu einer Versuchsablaufskizze, die neben dem Aufbau kurze Angaben zu den erforderlichen Handlungen macht. Die in dieser Arbeit verwendeten Ablaufskizzen ermöglichten allen Schülern das zielgerichtete Experimentieren, welches die erwarteten Versuchsbeobachtungen hervorrief.

Bei dem Umgang mit den fachlichen Inhalten empfanden die Realschüler den BU als schwieriger. Es zeigte sich aber auch, dass ihnen in der Mehrheit die deutschen Begriffe fehlten, das Englische kann daher nicht unbedingt als Hindernis betrachtet werden. Dieser Aspekt wird zu einem Großteil durch die Vorbildung determiniert. So war den Realschülern die Angabe von Aggregatzuständen in der Reaktionsgleichung unbekannt. Daher fehlten ihnen auch bestimmte Vorstellungen zu den einzelnen Stoffen, während dieses Wissen bei den Gymnasialschülern vorhanden war. Die Realschüler mussten

---

<sup>67</sup> Existieren zwischen den Schulformen im BU Chemie durch eventuelle Differenzen in den fremdsprachlichen Voraussetzungen Unterschiede im Sprachgebrauch seitens der Schüler?

daher, gerade zu Beginn der Reihe, mehr Inhalte neu erlernen. Dies kann zu dem Empfinden der größeren Schwierigkeit geführt haben.

Auf der sprachlichen Ebene waren keine signifikanten Unterschiede zu beobachten. Die Vermischung beider Sprachen in den Gruppenarbeitsphasen war in allen Klassen gleichermaßen zu beobachten. Die Hospitation in einer durchgängig bilingual unterrichteten Klasse zeigte, dass dies auch bei „BU-erfahrenen“ Schülern auftritt. Die Concept Maps zum Ende der Reihe zeigten ebenfalls keine sprachlichen Unterschiede zwischen den Schulformen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass bei entsprechender sprachlicher Vorentlastung BU unabhängig von der Schulform erfolgreich unterrichtet werden kann. Das Vorwissen aus dem Englischunterricht, vor allem das Vorhandensein grammatischer Strukturen, spielt ebenfalls eine große Rolle. Hier gibt es schulformabhängige Unterschiede, die berücksichtigt werden müssen. So werden beispielsweise Passivkonstruktionen im Gymnasium etwa ein Jahr früher im Unterricht thematisiert als in Realschulen (vgl. Tabelle 8).

Im Umgang mit der Formelschreibweise zeigte sich, dass hier die Klasse GYM-NW gegenüber den beiden anderen Klassen einen Vorteil aufwies. Nachdem die für sie gewohnte Darstellungsweise gegeben war, konnte die Mehrzahl der Schüler die geforderte Leistung erbringen. Die beiden anderen Klassen RS und GYM scheiterten gleichermaßen. Für sie stellte die englische Sprache zunächst die Barriere dar, es zeigte sich dann, dass die Konzepte auf der formalen Symbolebene fehlten. Eine stärkere Verknüpfung zwischen den Abstraktionsebenen durch ein Fundament auf den Ebenen der konkreten Handlungen und Verbalisierungen ist die logische Folge.

Als Gesamtergebnis lässt sich festhalten, dass der BU unabhängig von der Schulform durchgeführt werden kann, wenn die Inhalte vom Lehrer vorher sprachlich reflektiert werden, so dass eine angemessene Vorentlastung erfolgt. Die Sprachanalyse im BU liefert wertvolle Einblicke in die Denkweisen der Schüler, so dass der Unterricht entsprechend gestaltet werden kann.

## 6 Entwicklung und Durchführung Studie II

Ausgehend von den Ergebnissen der Studie I wurde der zweite Studiendurchlauf entwickelt. Die Entwicklung und Durchführung folgte den Überlegungen und dem Verfahren, welche in Studie I zur Anwendung gelangten. Es wurden allerdings Modifikationen vorgenommen, die im Folgenden vorgestellt werden. Da die Forschungsinstrumente identisch waren, werden sie hier nicht mehr aufgeführt.

### 6.1 Didaktische Vorüberlegungen

Die grundlegenden Vorüberlegungen entsprechen denen, die bereits unter 5.1. vorgestellt wurden. Dazu sollte die Studie II folgenden Ansprüchen genügen:

- 1) Da die Schüler Schwierigkeiten im Transfer der gemeinsam erarbeiteten allgemeinen Reaktionsgleichung zur Neutralisation auf mehrprotonige Säuren hatten, sollte dieser Inhalt experimentell erarbeitet werden. Damit sollte gewährleistet werden, dass die Schüler für den „Sprung“ in das abstrakte Niveau der Teilchen- und Symboldarstellung ein konkretes Fundament erhalten, so dass Handlung, Beobachtung und Abstraktion miteinander verknüpft werden. Der Bottom-up-Prozess der Konzeptbildung nach Bonnet [2] sollte an einem Schülerversuch komplett durchlaufen werden. Das entsprechende Experiment sollte daher einen konkret beobachtbaren Zusammenhang zwischen der Zahl an Protonen, die von einem Molekül Säure in wässriger Lösung freigesetzt werden, und dem entsprechenden Äquivalent an benötigter Lauge aufweisen.

Die Verknüpfung der Handlung mit den fachlichen Inhalten kommt auch einer zentralen Forderung für den BU nach, nach der der Fachspracherwerb in unterschiedliche Kontexte eingebunden werden muss. Da sie nicht auf muttersprachliche Konzepte zurückgreifen können, ist es wichtig, dass die Schüler interaktiv agieren, so dass es neben der Handlungsorientierung im Experiment auch zu Phasen der Interaktion der Schüler untereinander kommt. Hier kann durch diese Interaktion Bedeutungsaushandlung stattfinden. Konzepte werden generiert [83].

Eine Recherche in entsprechenden Schulbüchern ergab kein passendes Experiment, das direkt übernommen werden konnte. Es musste daher ein neues Experiment konzipiert werden, welches den obigen Anforderungen genügt. Es wird im Abschnitt 6.4.1 konkret vorgestellt.

- 2) In der Unterrichtsplanung sollte der funktionale Sprachwechsel bewusster als in Studie I mit einbezogen werden. Dies sollte vor allem im Hinblick auf die ermittelten Schwierigkeiten im Umgang mit Teilchen- und Modellvorstellungen geschehen. Durch das zusätzlich durchzuführende Experiment ergibt sich dabei bereits eine Möglichkeit für die Schüler die entsprechende Bedeutungsaushandlung innerhalb der Gruppenarbeit vorzunehmen.

Das in Studie I verwendete Prinzip des Think-Pair-Share wird somit in eine spätere Arbeitsphase verschoben. Es erfolgt daher zuerst eine kooperative Lernphase. Dabei wird jedoch die Methode beibehalten, dass das entsprechende Arbeitsblatt zum Experiment in englischer Sprache verfasst wird, da sich diese Methode als praktikabel erwiesen hat, da die Schüler bisher die Experimente entsprechend umsetzen konnten. Die Bedeutungsaushandlung innerhalb der Gruppen wird durch entsprechende Auswertungsfragen gesteuert.

In der Auswertungsphase des Experiments ist es wichtig im Klassengespräch beide Sprachen gezielt zu verwenden, damit die Schüler die Argumentation nachvollziehen können. Das Tafelbild spielt dabei ebenfalls eine wichtige Rolle. Hier sollte die Entwicklung der Reaktionsgleichung im Teilchenmodell dargestellt werden um von der sprachlichen Ebene über die Modelldarstellung auf die formale Ebene der Reaktionsgleichung zu gelangen. Dies entspricht auch der Forderung nach der kontextuellen Einbindung und dem Anspruch der bilingualen Diskursfähigkeit [83].

In einer abschließenden Sicherungsphase werden dann die Inhalte auf weitere Reaktionsgleichungen übertragen. Dies findet wieder nach der Methode des *Think-Pair-Share* statt, so dass zum Abschluss zunächst individuelles und anschließend kooperatives Lernen zur Anwendung gelangen [79].

## 6.2 Schulische Rahmenbedingungen

Es wurden analog zu Studie I drei neue Klassen ausgewählt. Es wurden dazu dieselben Schulen wie in Studie I aufgesucht. Bei den untersuchten Klassen handelte es sich wieder um Klassen im 9. Schuljahr:

Klasse	Abkürzung	Anzahl Lernende	Wochenstunden Chemie	Lernjahr Chemie	Lernjahr Englisch <sup>68</sup>
Realschule, Wahlpflichtfach Chemie	RS-II	21	3	3	5
Gymnasium	GYM-IIa	24	2	4	5
Gymnasium	GYM-IIb	22	2	3	5

**Tabelle 26:** Teilnehmende Klassen an Studie II

Der Unterricht wurde als Doppelstunde bzw. Doppelstunde und Einzelstunde (RS-II) im Chemiefachraum erteilt. Die notwendige Vorentlastung des BU musste auch hier in allen Klassen erfolgen, da keine Erfahrung vorlag. Die Hospitationsphase mit den unter 5.5. dargestellten Fragestellungen wurde auch hier in allen Klassen durchgeführt.

### 6.3 Forschungsfragen

Die in Abschnitt 5.3. formulierten Forschungsfragen waren auch im zweiten Durchlauf gültig. Es fand jedoch eine Erweiterung statt, da in Studie II der Einsatz der gegenständlichen Darstellung zur Unterstützung des Arbeitens auf der Modell- und Symbolebene einen Schwerpunkt darstellte. Daher wurde folgende zusätzliche Forschungsfrage formuliert:

Inwiefern kann der Einsatz einer gegenständlichen Darstellung in Form eines Experiments den Sprung in abstrakte Ebene der symbolhaften Darstellung signifikant erleichtern?

In Bezug auf diese Frage lassen sich folgende Hypothesen formulieren:

- 1) Die Versuchsbeobachtung, die die Grundlage für die Erarbeitung der fachlichen Inhalte liefert, ist sprachlich unabhängig. Sie steht daher in allen Abstraktionsebenen den Schülern zur Verfügung.
- 2) Es kommt zu einer Verknüpfung zwischen Handlung (Experiment) und Inhalt (Reaktionsgleichung). Die Abstraktionsebenen können dadurch leichter ineinander überführt werden.

<sup>68</sup> Hier werden nur die Lernjahre in der Sekundarstufe betrachtet, Unterricht in der Primarstufe bleibt unberücksichtigt.

## 6.4 Unterrichtsplanung

Die Planung erfolgte analog zur Studie I, die dort formulierten Lernziele (vgl. 5.5.1) sind weiterhin gültig. Der Einstieg in den BU wurde nicht verändert, ebenso die Einführung in die Neutralisation und die Erarbeitung der allgemeinen Reaktionsgleichung, da hier bereits ein experimenteller Zugang gewählt worden war und sich dieser als praktikabel erwiesen hatte.

### 6.4.1 Experiment zur Übertragung der allgemeinen Reaktionsgleichung auf weitere Säuren

#### 6.4.1.1 Durchführung und Beobachtung

Die entscheidende Änderung wurde bei der Ausweitung der Neutralisation auf weitere Säuren und Laugen vorgenommen. Hier wurde als zusätzliches Experiment<sup>69</sup> eine vereinfachte Titration durchgeführt. Es wurden dabei gleiche Volumina verschiedener Säuren ( $\text{HNO}_3$  (aq),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq),  $\text{H}_3\text{Cit}$ <sup>70</sup> (aq)) gleicher Konzentration mit  $\text{NaOH}$  (aq) neutralisiert. Die Natronlauge wies dabei dieselbe Konzentration wie die Säuren auf, sie betrug  $c = 0,1$  mol/L. In diesem Konzentrationsbereich sind alle Lösungen im Schülerversuch verwendbar [74].

Bei dem Versuch wurde allerdings nicht der klassische Aufbau einer Titration mit einer Bürette verwendet, sondern eine Eintopfvariante, bei der die Säure, die mit dem Indikator versetzt wurde, jeweils in einem 10 ml-Messzylinder vorgelegt wurde. Dazu wurde die Lauge mittels einer Pipette bis zum Farbumschlag des Indikators hinzugegeben. Das benötigte Volumen konnte so am Messzylinder direkt abgelesen werden<sup>71</sup>.

Es ergibt sich dabei folgende Beobachtung:

Säure	V (NaOH) in mL
Salpetersäure $\text{HNO}_3$ (aq)	1
Schwefelsäure $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq)	2
Citronensäure $\text{H}_3\text{Cit}$ (aq)	3

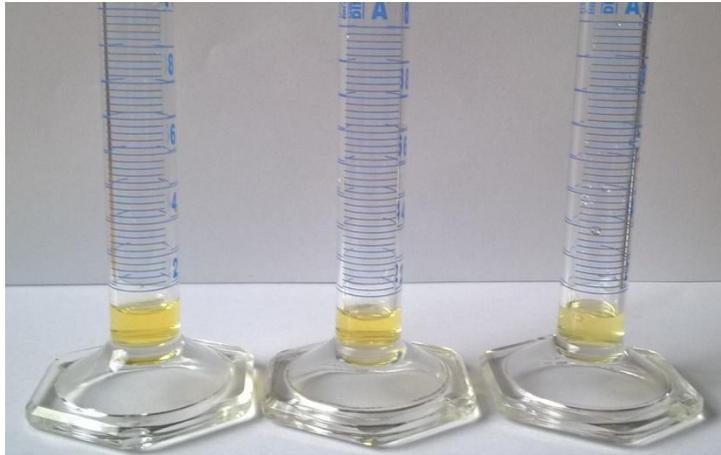
**Tabelle 27:** Beobachtungen zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren

<sup>69</sup> Das entsprechende Arbeitsblatt befindet sich im Anhang (11.4.2).

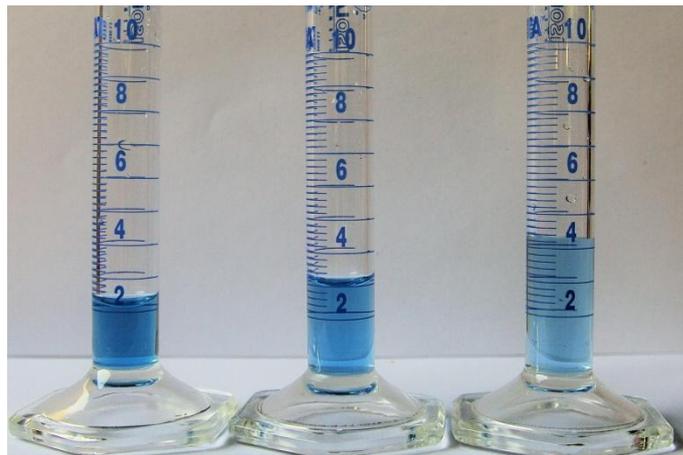
<sup>70</sup> Für die leichtere Lesbarkeit und die Zuordnung der Protonenzahl wird die vereinfachte Formel anstelle der Summenformel  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  verwendet.

<sup>71</sup> Der Fehler, der sich durch die Zugabe des Indikators zur Säure ergibt, ist minimal und kann hier ignoriert werden, da keine quantitative Bestimmung der Konzentration erfolgen soll. Der Versuch ist hinreichend genau, so dass durch sich der Zusammenhang Anzahl Protonen der Säure und Volumen  $\text{NaOH}$  (aq) im mL ergibt.

Der Versuch zeigt dabei gut nachvollziehbar den Zusammenhang zwischen Protonenzahl und dem benötigten Volumen an NaOH (aq) bis zur Neutralisation, wie an folgenden Abbildungen zu erkennen ist:



**Abbildung 27:** Säuren vor der Neutralisation (von links nach rechts:  $\text{HNO}_3$  (aq),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq),  $\text{H}_3\text{Cit}$  (aq))



**Abbildung 28:** Säuren nach der Neutralisation (von links nach rechts:  $\text{HNO}_3$  (aq),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq),  $\text{H}_3\text{Cit}$  (aq))

Als Indikator wurde Bromthymolblau verwendet, da dieser den Schülern aus den vorherigen Versuchen bekannt war. Bromthymolblau besitzt einen Farbumschlag von Gelb nach Blau im pH-Bereich von 6,0 - 7,6 [18]. Der neutrale Bereich der pH-Skala ist damit eingeschlossen.

### 6.4.1.2 Auswahl der verwendeten Säuren

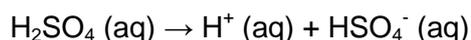
Bei den verwendeten Säuren war es wichtig, dass bei der Neutralisation mit der starken Base NaOH (aq) der Äquivalenzpunkt im Bereich des Umschlagspunkts von Bromthymolblau liegt, damit kein falsches Ergebnis für den Verbrauch ermittelt wird. Somit konnte sicher gestellt werden, dass die erwünschten Ergebnisse von den Schülern erhalten werden konnten. Dazu wurden die  $pK_s$ -Werte der Säuren herangezogen, da diese eine Abschätzung des pH-Wertes am Äquivalenzpunkt erlauben.

Säure	$pK_s$ -Wert
Salpetersäure $HNO_3$	-1,4 [78]
Schwefelsäure $H_2SO_4$	$pK_{s1} = -3$ $pK_{s2} = 1,92$ [18]
Citronensäure $H_3Cit$	$pK_{s1} = 3,14$ $pK_{s2} = 4,76$ $pK_{s3} = 6,39$ [84] <sup>72</sup>

**Tabelle 28:**  $pK_s$ -Werte der verwendeten Säuren

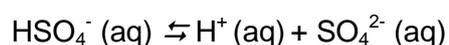
Die Salpetersäure ist eine starke Säure, so dass bei der Umsetzung mit einer starken Lauge wie NaOH (aq) der Äquivalenzpunkt im neutralen Bereich liegt und somit im Umschlagsbereich des Indikators [85]. Der Äquivalenzpunkt ist daher gut sichtbar.

Die Schwefelsäure ist ebenfalls eine starke Säure, die erste Protolysestufe liegt in wässriger Lösung vollständig dissoziiert vor:

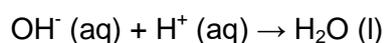


Der erste Äquivalenzpunkt liegt im stark sauren Bereich, d.h. deutlich unter dem Umschlagspunkt des Indikators und kann daher in diesem Versuch nicht beobachtet werden.

Die zweite Protolysestufe gehört mit einem  $pK_s$ -Wert von 1,92 zu den mittelstarken Säuren. Bei der zweiten Protolysestufe erfolgt die Protolyse nicht mehr zu 100 %:



Durch die Zugabe der Hydroxid-Ionen wird das Gleichgewicht gestört, da es zur Neutralisation kommt und die Oxonium-Ionen entfernt werden:



<sup>72</sup> In der genannten Quelle sind die entsprechenden  $K_s$ -Werte vermerkt, die Umrechnung in den  $pK_s$ -Wert erfolgte entsprechend  $pK_s = -\lg K_s$ .

Das Hydrogensulfat-Ion gibt in der Folge ein weiteres Proton ab, da das Gleichgewicht neu eingestellt wird. Das entstehende Sulfat-Ion ist mit einem  $pK_b$ -Wert von 12,08 eine sehr schwache Base. Bei vollständiger Neutralisation kann eine Konzentration  $c(\text{SO}_4^{2-}) = 0,1 \text{ mol/L}$  angenommen werden, der pH-Wert kann mithilfe folgender Gleichung, die für schwache Basen gültig ist, berechnet werden [85]:

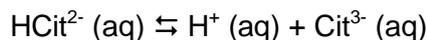
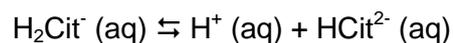
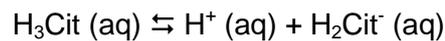
$$pOH = \frac{1}{2} (pK_b - \lg c_0 (\text{Base}))$$

$$pOH = \frac{1}{2} (12,08 - \lg 0,1)$$

$$pOH = 6,54$$

Da gilt:  $pH + pOH = 14$ , kann der pH-Wert entsprechend ermittelt werden. Für die genannten Werte ergibt sich somit ein pH-Wert von 7,46. Dies liegt im Umschlagbereich des Bromthymolblau und der Äquivalenzpunkt kann daher mit dieser Methode bestimmt werden.

Bei der Citronensäure sieht es hingegen anders aus. Als dreiprotonige Säure besitzt sie drei  $pK_s$ -Werte. Die erste Protolysestufe stellt eine mittelstarke Säure dar, während die beiden anderen Stufen zu den schwachen Säuren gezählt werden. Dazu kommt, dass die Citronensäure wie auch andere mehrprotonige Säuren Puffergemische bildet, die den pH-Wert trotz Zugabe von NaOH (aq) konstant halten können, bevor es zu einem plötzlichen Anstieg des pH-Wertes kommt. Da die  $pK_s$ -Werte der Citronensäure nicht weit voneinander entfernt liegen, überlappen sich die einzelnen Protolysestufen, die zum Dihydrogencitrat ( $\text{H}_2\text{Cit}^-$ ), Hydrogencitrat ( $\text{HCit}^{2-}$ ) und zum Citrat ( $\text{Cit}^{3-}$ ) führen. Es liegen daher folgende Gleichgewichtsreaktionen nebeneinander vor:



Durch diese Gleichgewichte bildet die Citronensäure ein Puffersystem, sodass zunächst ein gleichmäßiger Anstieg des pH-Werts zu beobachten ist. Die Bereiche, in denen Citronensäure als Puffer wirksam ist, liegen bei einem pH-Bereich von 1,1 - 4,9 und einem pH-Bereich von 5,0 - 6,6 [86]. Erst bei kompletter Umsetzung hin zum Citrat-Ion ist ein Äquivalenzpunkt zu beobachten. Dabei kommt es zu einem plötzlichen starken Anstieg des pH-Werts. Der pH-Wert am Äquivalenzpunkt lässt sich über den  $pK_b$ -Wert des Citrat-Ions analog zum Sulfat-Ion berechnen. Der  $pK_b$ -Wert des Citrat-Ions beträgt 7,61, demnach gilt:

$$pOH = \frac{1}{2} (7,61 - \lg 0,1)$$

$$pOH = 4,305$$

Der pH-Wert am Äquivalenzpunkt beträgt demnach 9,7. Dies liegt oberhalb des Umschlagbereichs des Bromthymolblaus. Führt man die Reaktion bis zu einem Farbumschlag des Indikators von Gelb nach Grün durch, dann ist der ermittelte Verbrauch an Lauge zu gering. Gibt man jedoch Lauge bis zu einem Farbumschlag nach Blau durch, der oberhalb von pH 7,6 stattfindet [18], liegt man hier jenseits der Pufferbereiche. Hier findet ein starker plötzlicher Anstieg des pH-Wertes statt. Es ergibt sich immer noch ein geringer Fehler, da der Farbumschlag kurz vor dem Äquivalenzpunkt einsetzt und somit ein zu niedriger Anteil an Lauge ermittelt wird. Dieser Fehler ist aber gegenüber den Ungenauigkeiten beim Abmessen der Säure und beim Ablesen des Messzylinders<sup>73</sup> vermutlich zu vernachlässigen, da die praktische Durchführung des Versuchs eine hinreichende Genauigkeit ergab.

Als weitere dreiprotonige Säure wird im schulischen Bereich Phosphorsäure ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  (aq)) verwendet. Diese ist für diesen Versuch aber ungeeignet, da der  $\text{pK}_{\text{s}3}$  für die dritte Protolysestufe bei 12,08 liegt. Der Äquivalenzpunkt liegt daher im stark basischen Bereich, so dass Bromthymolblau als Indikator nicht mehr geeignet ist, da der Farbumschlag deutlich vor dem Äquivalenzpunkt erfolgt. Um durch die Pufferwirkung eine vollständige Umsetzung mit Natronlauge zu erreichen, müsste diese eine deutliche höhere Konzentration als 0,1 mol/L aufweisen. Damit müsste aber auch die Konzentration der Säuren in diesem Versuch erhöht werden<sup>74</sup>, was dazu führen würde, dass sie sich in ihrer Einstufung als Gefahrstoff verändern, so müssen Salpetersäure und Schwefelsäure mit  $c = 0,1$  mol/L nicht als Gefahrstoff gekennzeichnet werden, mit einer Konzentration von 1 mol/L jedoch schon [87].

#### 6.4.2 Überblick Unterrichtsreihe

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die gesamte Unterrichtsreihe für den zweiten Studienverlauf. Die Änderungen, die Gegensatz zu Studie I vorgenommen wurden, sind dabei in Grau unterlegt. Insgesamt wurde die Reihe im Vergleich zum ersten Studiendurchlauf gekürzt, die Textarbeit zum Unterthema *Comparing amounts of substances* und der Tandembogen zur Wiederholung der Inhalte wurden durch die experimentelle Erarbeitung zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren ersetzt.

---

<sup>73</sup> Die Ablesegenauigkeit des Messzylinders durch seine Skalierung beträgt  $\pm 0,05$  mL.

<sup>74</sup> Damit ist aber die Neutralisation der Phosphorsäure durch eine äquimolare Natronlauge wieder nicht möglich.

Stunde	Thema	Inhalt	Experiment/Medium
Vorarbeiten	Einführung bilingualer Unterricht Lernvoraussetzungen	Erarbeitung Fachwortschatz	Wortliste
1	Einführung in die Neutralisation	Wiederholung: Säuren und Laugen <i>Acids and alkalis: A simple mixture?</i> Reaktion von Salzsäure mit Natronlauge in Mischungsexperimenten; Reaktion einer äquimolaren Mischung mit Magnesium	Concept Map Mischungsexperimente mit Salzsäure und Natronlauge
2	Die Neutralisation: Hypothesen zum Ablauf	Versuchsbeobachtungen und Auswertung zu Mischungsexperimenten (Stunde 1) Hypothesenbildung Reaktionsgleichung: Neutralisation	Arbeitsblatt zum Experiment  Tafelbild
3	Die Neutralisation: eine chemische Reaktion	<i>The neutralisation reaction – the products</i> Nachweis der Neutralisation als chemische Reaktion über die Reaktionswärme Isolierung von Salz als Reaktionsprodukt durch Eindampfen Erstellen der allgemeinen Reaktionsgleichung in Formelschreibweise und auf Teilchenebene; allgemeine Reaktionsgleichung	Experiment zur Messung der entstandenen Reaktionswärme,  Eindampfen der Reaktionsmischung zur Gewinnung von Salz Tafelbild
4	Die Neutralisation auf Teilchenebene Ausweitung auf weitere Säuren und Laugen	Neutralisationsexperimente mit mehrprotonigen Säuren im Vergleich Reaktion von Schwefelsäure mit Natronlauge im Teilchenmodell Erstellen Reaktionsgleichungen mehrprotoniger Säuren	Experiment zur Neutralisation von mehrprotonigen Säuren mit Natronlauge Tafelbild  Think-Pair-Share
5	Abschlussuntersuchung	<i>Concept Map: Neutralisation</i> Fragebogen ( <i>Likert</i> -Skala) zum BU Chemie	Concept Map Fragebogen

Tabelle 29: Übersicht Verlauf Unterrichtsreihe Studie II

## 6.5 Hospitationsphase

Die Hospitationsphase erfolgte analog zu Studie I, die unter 5.6 formulierten Leitfragen sind somit weiterhin gültig.

### 6.5.1 Beobachtungen im Unterricht

In der Herangehensweise waren auch hier einige Gemeinsamkeiten feststellbar. Das Inhaltsfeld der Säuren und Laugen wurde ausgehend von den Säuren erarbeitet, in allen Gruppen waren die sauren Eigenschaften am Beispiel von Salzsäure dargestellt worden. Bei den Laugen diente Natronlauge als Beispiel. Das entsprechende Schulbuch stand allen Schülern zur häuslichen Nachbereitung zur Verfügung<sup>75</sup>, im Unterricht selbst wurde es während des Hospitationszeitraums nicht genutzt. Hausaufgaben wurden nur in GYM-IIb gestellt, diese wurden allerdings nur von ca. einem Drittel der Schüler bearbeitet.

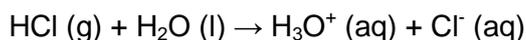
In allen Klassen gehörten nach Aussage der Lehrer Schülerexperimente zum Repertoire, wobei dies in der Gruppe GYM-IIb während der Hospitationsphase nicht beobachtet werden konnte. Dort wurde lediglich ein Lehrer-Demonstrationsexperiment durchgeführt. Dies kann allerdings daran liegen, dass in dieser Phase eine Wiederholung und Festigung der vorangegangenen Inhalte stattfand. Eine Durchsicht von Schüleraufzeichnungen ergab, dass im Vergleich zu den anderen Klassen Schülerexperimente seltener eingesetzt wurden, während Demonstrationsexperimente präferiert wurden. Dies kann eventuell daran liegen, dass die Klasse, zumindest in der beobachteten Phase, im Vergleich zu den anderen Klassen unruhiger wirkte. In der Klasse RS-II nahmen Schülerexperimente, nach Möglichkeit, ca. 30-50 % der Unterrichtszeit in Anspruch. Die einzelnen Kleingruppen wirkten im praktischen Arbeiten routiniert. Dies galt auch für die Klasse GYM-IIa. Hier konnte beobachtet werden, dass die Schüler eine Versuchsvorschrift zügig umsetzen konnten und dass es innerhalb der Gruppen sehr koordiniert zugeht. Versuchsprotokolle mit einer festen Gliederung wurden in allen Klassen angefertigt.

In Bezug auf die Eigenschaften der Salzsäure war in beiden Gymnasialgruppen der Unterschied zwischen Chlorwasserstoff ( $\text{HCl (g)}$ ) und Salzsäure ( $\text{HCl (aq)}$ ) vor allem in Hinblick auf den Bindungstyp erarbeitet worden. Die Protolyse in wässriger Lösung war in Form von Wort- und Reaktionsgleichungen in allen drei Gruppen thematisiert worden. In der Gruppe GYM-IIa wurde jedoch im Gegensatz zu den anderen Klassen diese Reaktion

---

<sup>75</sup> Gymnasium: Chemie heute SI, Gesamtband, Braunschweig: Schroedel.  
Realschule: umwelt: Chemie, 9/10, Stuttgart: Klett.

folgendermaßen formuliert:



Die didaktische Reduktion des durch die Protonierung des Wassermoleküls entstehenden Oxonium-Ions ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) zum Wasserstoff-Ion ( $\text{H}^+$ ) wurde hier nicht vorgenommen. Es wurde in diesem Zusammenhang auch das Donator-Akzeptor-Prinzip verwendet und Säuren als Protonendonatoren definiert. In dieser Klasse wurde, im Gegensatz zu allen anderen Klassen, nicht von der Dissoziation der Säuren in wässriger Lösung, sondern von der Protolyse gesprochen.<sup>76</sup>

In allen Klassen wurden Reaktionsgleichungen in der Regel von Wortgleichungen begleitet. Bei neuen Inhalten erfolgte immer diese Begleitung, in Wiederholungsphasen vor allem in der Klasse GYM-IIa nicht durchgängig. Die Aggregatzustände wurden in allen Klassen in den Gleichungen angegeben. In der Gruppe GYM-IIb wurden für die Säuren auch Lewis-Formeln verwendet, dies war vor allem der Fall, wenn mehrprotonige Säuren dargestellt wurden. In den Übungsphasen wurde in allen Klassen das selbständige Aufstellen von Reaktionsgleichungen eingefordert. Die Schüler ließen sich in Einzel- oder Partnerarbeit auf die Aufgabenstellungen ein, es zeigten sich dabei Schwächen im Umgang mit den Wertigkeiten. In den Gruppen RS-II und GYM-IIb mussten regelmäßig Hinweise zum Ausgleichen von Reaktionsgleichungen gegeben werden. Alle Klassen wurden angehalten in Bezug auf die Bildung von Metallionen das Periodensystem zu verwenden. In der Gruppe GYM-IIb zeigten sich Schwierigkeiten im Umgang dem Elementbegriff, so war beispielsweise die Groß- und Kleinschreibung bei den Elementsymbolen bei den Schülern häufig fehlerhaft<sup>77</sup>. Ebenso wurde bei einer Kleingruppe (4 Schüler) das  $\text{OH}^-$ -Ion mit einem Element gleichgesetzt, da dort für die gesamte Kleingruppe folgende Frage auftauchte:

S: „Wo steht eigentlich OH im Periodensystem?“

In allen Klassen wurde Universalindikator eingesetzt. Dabei wurden vor allem die Bereiche sauer und alkalisch mit den entsprechenden Färbungen betrachtet. In den Unterrichtsgesprächen wurden dabei vorrangig diese beiden Begriffe verwendet, eine Zuordnung zum pH-Wert als Zahlenwert geschah dabei nicht.

---

<sup>76</sup> Im weiteren Verlauf der Studie und ihrer Auswertung werden die Begriffe *Dissoziation* und *dissoziieren* stellvertretend für *Protolyse* und *protolysieren* verwendet, um Kohärenz zu den nach dem Arrheniuskonzept verwendeten Reaktionsgleichungen und Teilchenarten zu bewahren, z.B.  $\text{HCl (aq)} \xrightarrow{\text{Wasser}} \text{H}^+ \text{ (aq)} + \text{Cl}^- \text{ (aq)}$

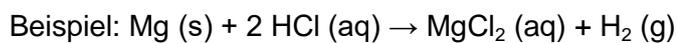
<sup>77</sup> Kohlensäure oder das Carbonat-Ion wurden dargestellt als  $\text{H}_2\text{CO}_3$  oder  $\text{CO}_3^{2-}$ , dass die Schreibweise Co dem Element Cobalt entspricht, war den Schülern nicht bekannt.

In GYM-IIb und RS-II wurde kurz vor bzw. während der Hospitationsphase eine Lernerfolgskontrolle bzw. eine Klassenarbeit geschrieben. In beiden Klassen wurden dabei die Schüler zur Formulierung ganzer Sätze angehalten, dies wurde in den Aufgabenstellungen explizit gefordert. GYM-IIb erarbeitete während der Hospitationsphase ein Übungsblatt zur Wiederholung und Festigung der fachlichen Inhalte. Die Schüler hatten sich hierbei selbst nur Stichpunkte gemacht. Bei der Besprechung mit der gesamten Klasse wurden an der Tafel Merksätze formuliert, die die Schüler in ihre Aufzeichnungen übernehmen sollten.

### 6.5.1.1 Vorwissen zum Thema Säuren

Es ließen sich folgende gemeinsame Grundlagen feststellen:

- Reine Säuren können jeden Aggregatzustand annehmen.
- In wässrigen Lösung spalten Säuren H<sup>+</sup>-Ionen ab, bzw. entstehen H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>-Ionen.
- In wässrigen Lösungen leiten Säuren den elektrischen Strom.
- In wässrigen Lösungen färben Säuren Universalindikator rot-pink.
- In wässrigen Lösungen reagieren Säuren mit unedlen Metallen, dabei entsteht Wasserstoff, der mit der Knallgasprobe nachgewiesen werden kann.



- Metalle bilden bei der Reaktion mit Säuren Salze.
- Wässrige Lösungen von Säuren zeigen eine ätzende Wirkung.

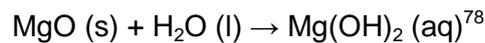
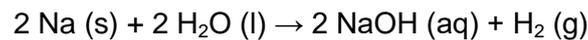
Alle Klassen kannten folgende Säuren mit ihren Säurerestionen und den dazugehörigen Formeln: Salzsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure. Die Citronensäure war als Reinstoff und in wässriger Lösung bekannt, die Formel wurde jedoch nicht verwendet. Die Klasse GYM-IIb kannte daneben noch Phosphorsäure und schweflige Säure mit ihren Säureresten und den entsprechenden Formeln. Die schrittweise Abgabe von H<sup>+</sup>-Ionen mehrprotoniger Säuren war vor allem in den Gymnasialklassen während der Hospitationsphase thematisiert worden.

In der Klasse GYM-IIa wurde der Protolysevorgang mithilfe der Begriffe Protonendonator und Protonenakzeptor erläutert. Dies war auch Bestandteil der Lernerfolgskontrolle.

### 6.5.1.2 Vorwissen zum Thema Laugen

Es ließ sich folgendes gemeinsames Vorwissen zum Thema Laugen feststellen:

- Laugen sind die wässrigen Lösungen von Metallhydroxide. Beim Lösevorgang werden die einzelnen Ionen hydratisiert.
- Feste Metallhydroxide liegen als Ionengitter vor.
- Natriumhydroxid ist ein Feststoff, Natronlauge ist die wässrige Lösung von Natriumhydroxid.
- Die Formel eines Hydroxids lässt sich mithilfe des Periodensystems aufstellen, da hier die Ladung des Metallions ablesbar ist und die Anzahl der Hydroxidionen dem entsprechen muss, um eine neutrale Gesamtladung zu erreichen. Es können die Formeln der Hydroxide der Elemente der ersten drei Hauptgruppen gebildet werden, wenn ein Periodensystem zur Verfügung steht.
- Laugen können durch die Reaktion von Metallen oder Metalloxiden mit Wasser gebildet werden. Beispiel:



- Laugen in wässriger Lösung färben Universalindikator grün bis blau, der pH-Wert ist größer als 7.
- Laugen zeigen eine ätzende Wirkung.

### 6.5.2 Concept Maps

Die Concept Maps wurden analog zu Studie I (vgl. 5.6.2) ausgewertet. Insgesamt wurden folgende Anzahlen an Concept Maps abgegeben:

RS-II: 21

GYM-IIa: 21

GYM-IIb: 22

---

<sup>78</sup>  $\text{Mg(OH)}_2$  ist mit einem Löslichkeitsprodukt von  $L_p = 2,6 \cdot 10^{-12} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  schwer löslich [85], im Unterricht wurde allerdings die didaktische Reduktion vorgenommen, den Zustand innerhalb der Gleichung als *aq* anzugeben, da mithilfe von Universalindikator eine basische Reaktion und somit  $\text{OH}^-$ -Ionen in Lösung nachgewiesen wurden.

Begriff	RS-II [%] <sup>79</sup>		GYM-IIa [%]		GYM-IIb [%]	
	korrekt	falsch	korrekt	falsch	korrekt	falsch
Salzsäure	81	-	90	5	86	-
Natronlauge	77	-	86	5	91	5
pH-Wert	71	-	67	-	68	-
Indikator	86	-	100	-	86	5
Ionen	71	10	86	-	73	-
Wasserstoff	52	19	33	38	41	14
Hydroxid	43	24	62	14	36	14
Verwendung Formeln	14		19		9	

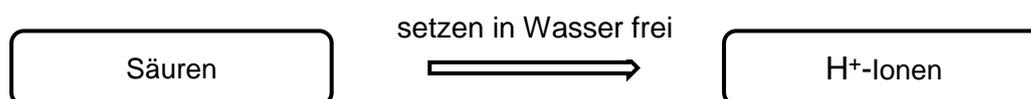
**Tabelle 30:** Ergebnisse Concept Maps nach der Hospitationsphase Studie II

Die Concept Maps zeigen auch hier wieder, dass die Schüler tendenziell auf der konkreten Ebene der Stoffe und Phänomene agieren. Die Begriffe *Salzsäure* und *Natronlauge*, die sich wie ein roter Faden durch den Unterricht gezogen haben und die den Schülern aus Experimenten vertraut sind, können mit sehr großer Sicherheit korrekt zugeordnet werden. Ebenso wird der Begriff *Indikator* weitestgehend richtig zugeordnet. In den entsprechenden Propositionen wird häufig die entsprechende Farbe für den Universalindikator genannt, d.h. die Schüler beziehen sich auf die Ebene der konkreten Beobachtung.

Auf der abstrakten Ebene der Teilchen- und Modellvorstellungen zeigen sich deutliche Schwächen bzw. Unsicherheiten. So werden die Begriffe *Wasserstoff* und *Hydroxid* in der Klasse RS-II nur etwa zur Hälfte korrekt zugeordnet, ansonsten falsch oder überhaupt nicht verwendet. In der Gruppe GYM-IIa wird der Begriff *Hydroxid* deutlich sicherer verwendet als *Wasserstoff* obwohl beide Begriffe im vorhergehenden Test eine wichtige Rolle gespielt hatten und damit den Schülern präsent sein sollten. Der Begriff *Wasserstoff* wurde hier sogar häufiger falsch als im korrekten Kontext verwendet. Bei der Klasse GYM-IIb zeigten sich ebenso Schwächen in der Verwendung beider Begriffe obwohl auch hier im Vorfeld mit den Schülern Reaktionsgleichungen, die jeweils von Wortgleichungen begleitet wurden, im Klassengespräch, d.h. im Frontalunterricht erstellt wurden. Es stellt sich hier insgesamt die Frage nach der Nachhaltigkeit des Unterrichts.

<sup>79</sup> Für die Bezeichnung korrekt oder falsch wurden die Zuordnung zum zentralen Begriff und eine eventuelle Beschriftung der Verbindung gewertet. Da nicht alle Schüler alle Begriffe verwendeten, ergibt die Gesamtzahl nicht immer 100 %.

Formeln werden von allen Gruppen selten verwendet. Dies kann damit begründet sein, dass sie nicht in Fokus der Aufgabenstellung standen sondern einen Zusatz darstellten. Wenn allerdings Formeln genannt wurden, dann wurden sie in den korrekten Zusammenhang gestellt, so wurde z.B. zum Begriff *Hydroxid* oder direkt beim Oberbegriff *Laugen* die Formel  $\text{OH}^-$  genannt bzw.  $\text{H}^+$  entsprechend beim *Wasserstoff* oder beim Oberbegriff *Säuren*. Eine typische Proposition war hier:



**Abbildung 29:** Proposition zur Vernetzung von Säuren mit  $\text{H}^+$ -Ionen

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Schüler auf der konkreten Ebene der Beobachtungen und realen Stoffe deutlich sicherer operieren als auf der abstrakten Ebene der Teilchen- und Modellvorstellungen.

Diese Tendenz zeigt sich auch bei der Nennung der zentralen Begriffe zur Verbindung beider Concept Maps. Wie in Studie I wurden vor allem Begriffe auf phänomenologischer Ebene genannt. Die einzelnen Propositionen bezogen sich häufig auf selbst gemachte Versuchsbeobachtungen, z.B. Färbung unterschiedlicher Indikatoren in Gegenwart von Säuren oder Laugen.

Begriff	RS-II [%] <sup>80</sup>	GYM-IIa [%]	GYM-IIb [%]
Indikator	19	48	18
pH-Wert	43	10	9
ätzend	5	10	14
Ionen	-	5	5
flüssig	-	5	-
Verwendung im Haushalt	-	5	-
Wasserstoff	14	5	9
Reaktion mit unedlen Metallen	-	10	-
elektr. leitfähig	-	10	-
Protolyse	-	14	-
Chemie	-	5	-
ohne zentralen Begriff	57	10	50

**Tabelle 31:** Übersicht über zentrale Begriffe zur Verbindung der Concept Maps

<sup>80</sup> Da nicht alle Schüler einen Begriff nannten, bzw. Mehrfachnennungen möglich waren, ergibt die Gesamtsumme jeder Spalte nicht 100 %.

Es fällt hier auf, dass die Klasse GYM-IIb ein deutlich breiteres Spektrum an Begriffen verwendet. Dies spiegelt jedoch die Unterrichtsinhalte wieder. Es war die einzige Klasse, in der Säuren und Laugen im Rahmen des Donator-Akzeptor-Prinzips behandelt wurden. In einzelnen Concept Maps wurde daher die Begriffe Protonendonator und -akzeptor als zusätzliche Begriffe genannt.

In der Klasse RS-II waren im Unterricht vorher unterschiedliche Indikatoren, z.B. Lackmus und Rotkohlsaft, eingesetzt worden. Diese wurden als zusätzliche Begriffe genannt, teilweise mit der entsprechenden Färbung, die sie abhängig vom pH-Wert einnehmen. Allerdings wurden nur von wenigen Schülern die Indikatoren als zentraler Begriff genannt. In dieser Gruppe und in der Klasse GYM-IIb konnten verhältnismäßig viele Schüler keinen zentralen Begriff nennen. Dies kann eine Folge der Herangehensweise im Unterricht sein, dass Säuren und Laugen separat voneinander behandelt werden. In der Klasse GYM-IIa ist durch die Einführung des Donator-Akzeptor-Prinzips ein Bindeglied zwischen den Stoffklassen geschaffen worden.

## **6.6 Beobachtungen und Ergebnisse**

Die Auswertung wird analog zu Kapitel 5.7 vorgenommen. Die Unterrichtsstunden, die entsprechend der Studie I durchgeführt wurden, werden inhaltlich nicht mehr vorgestellt, es werden nur die Beobachtungen und Ergebnisse diskutiert. Der Aufbau der Arbeitsmaterialien für die Schüler blieb unverändert in Bezug auf Inhalt und Gliederung. Die Vorbereitung auf den BU wurde wie in Studie I durchgeführt. Da alle Gruppen beim Aufstellen von Reaktionsgleichungen mit der Verwendung von Aggregatzuständen vertraut waren, musste darauf nicht mehr eingegangen werden.

### **6.6.1 Stundenverlauf Stunde 1**

Da alle notwendigen fachlichen Grundlagen innerhalb der Hospitationsphase beobachtet werden konnten, wurde die Stunde wie geplant in allen Klassen durchgeführt. Die Tabelle stellt noch einmal die für die Beobachtungen relevanten Unterrichtsphasen dar.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
experimentelle Problemlösung	Mischungsversuche mit HCl (aq) und NaOH (aq) in unterschiedlichen Anteilen unter Zugabe von Bromthymolblau als Indikator; Herstellen eines äquimolaren „Gemischs“ und Reaktion dessen mit Mg (s); Sammeln der Beobachtungen auf den Arbeitsblatt	Gruppenarbeit	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i> Experimente
Problemlösung	Sammeln der Versuchsbeobachtungen	Unterrichtsgespräch	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>

**Tabelle 32:** Ausschnitt aus der Unterrichtsplanung 1. Stunde

Besonderes Augenmerk wurde hier wieder auf die Gruppenarbeitsphase gelegt, um die Beobachtungen, die in Studie I gemacht wurden zu untermauern oder zu widerlegen. Im Klassengespräch wurde vermehrt auf den Sprachgebrauch seitens des Lehrers geachtet. Der Begriff *reaction* sollte dabei bevorzugt verwendet werden um zu sehen, ob die Schüler diese Vorgabe in ihre Argumentation aufnehmen. Sprachliche Korrekturen sollten nur vorgenommen werden, wenn das inhaltliche Verständnis durch die inkorrekte Verwendung von Wortschatz und Grammatik gehindert wäre.

#### 6.6.1.1 Experimentelles Arbeiten

Das Experiment konnte wie geplant durchgeführt werden. Den Schülern wurde zusätzlich zur Versuchsvorschrift analog zum ersten Studiendurchgang die Versuchsverlaufsskizze an der Tafel zur Verfügung gestellt. Die in Studie I gemachten Beobachtungen zu den einzelnen Versuchen wurden hier bestätigt. Die Schüler arbeiteten insgesamt sehr sorgfältig. Lediglich in Klasse GYM-IIb hatten die Schüler zunächst Schwierigkeiten, sich in den Kleingruppen zusammen zu finden und die Aufgaben innerhalb der Gruppen zu verteilen, so dass diese Unterrichtsphase länger dauerte als in den anderen Klassen. Dadurch stand für das Unterrichtsgespräch weniger Zeit zur Verfügung. Die Gruppe RS-II konnte sehr zügig und zielgerichtet experimentieren, was sich auch schon in der Hospitationsphase gezeigt hatte.

#### 6.6.1.2 Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase

In der Gruppenarbeitsphase konnte das gleiche Phänomen wie in Studie I beobachtet werden. Obwohl innerhalb der Gruppen Deutsch gesprochen wurde, kam es bei der Verwendung der Stoffnamen wieder zur Durchmischung beider Sprachen. Die Schüler

schiene sich dabei wieder an den konkreten Vorgaben durch die Etikettierung und Arbeitsblätter zu halten, eine Übertragung der Verbindungsnamen ins Deutsche fand nicht statt, es wurden entweder die englischen Namen *hydrochloric acid*, *sodium hydroxide solution* oder die Formeln, die dann Deutsch ausgesprochen wurden, verwendet. Eine Verwendung der Begriffe *Salzsäure* und *Natronlauge* konnte nicht beobachtet werden. Die Schüler bewegten sich demnach auf der Ebene der figurativen Darstellung [2] oder des realen Versuchsaufbaus und dessen Durchführung und Beobachtungen [56].

Die Versuchsbeobachtungen wurden auch hier unter Verwendung der englischen Sprache notiert. Wurden die Schüler bei Fragen, die sie an die Lehrkraft stellten, auf Englisch angesprochen, konnten sie im Normalfall auch entsprechend auf Englisch antworten. Eine Ausnahme stellten zwei Schüler in der Klasse GYM-IIb dar, die durchgehend Deutsch sprachen. Ihre Antworten in Dialogphasen, in denen sie den sprachlichen Input nur in Englisch erhielten, zeigten jedoch, dass sie die Inhalte korrekt verstanden hatten und verarbeiten konnten. Diese Schüler zeigten sich insgesamt den fachlichen Inhalten gegenüber sehr aufgeschlossen, da sie sich regelmäßig mit sachbezogenen Beiträgen am Unterricht beteiligten, in ihrer Sprachproduktion verwendeten sie die englische Sprache jedoch nicht. Sie ließen sich auch durch Nachfragen nicht dazu animieren. Sie wollten kein Englisch sprechen, gaben aber auch keine Erklärung dazu an.

Einige Schüler der Klasse GYM-IIa versuchten in dieser Phase Fragen an den Lehrer auf Englisch zu formulieren. Diese zeigten in ihrem Sprachgebrauch eine starke Orientierung an den Wortschatz der Arbeitsmaterialien, da diese zur Unterstützung verwendet wurden, z.B. dass vor der Formulierung einer Frage auf dem Arbeitsblatt konkret nachgeschaut wurde. Insgesamt zeigte diese Klasse ein höheres fremdsprachliches Niveau als die anderen Klassen.

### **6.6.1.3 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch**

Diese Phase konnte wie geplant durchgeführt werden, mit der Ausnahme, dass in Klasse GYM-IIb etwa 5 min weniger Zeit zur Verfügung standen.

Das Sammeln der Beobachtungen konnte in Englisch durchgeführt werden, das entsprechende Tafelbild wurde erstellt. Die Zuordnung der Indikatorfarben zum pH-Wert konnte von den Schülern durchgeführt werden. Erste Deutungsansätze wurden bereits in Gruppe GYM-IIa vorgenommen, dabei wurde auch wieder nur die figurative Ebene berücksichtigt, eine Argumentation auf Teilchenebene blieb aus. Neutral wurde dahingehend interpretiert, dass weder Säure noch Lauge im Überschuss vorliegt, bzw. sich die Lösung wie Wasser verhält.

## 6.6.2 Stundenverlauf Stunde 2

Die Stunde verlief in allen drei Klassen wie geplant. In Klasse GYM-IIb verlief die Wiederholung der Beobachtungen etwas schleppender, dies kann daran liegen, dass sie am Ende der vorigen Stunde weniger gründlich besprochen werden konnten als in den anderen Klassen, da dazu die Zeit fehlte.

### 6.6.2.1 Gesprächsanalyse Partnerarbeit

Hier konnten in etwa die gleichen Beobachtungen wie in Studie I gemacht werden. Es konnten allerdings Unterschiede in Bezug auf die Arbeitsfähigkeit an sich festgestellt werden. Die Klasse GYM-IIa arbeitete insgesamt deutlich konzentrierter, die Übertragung der Fragen ins Deutsche funktionierte bei ihnen problemlos. Die beiden anderen Gruppen waren deutlich unruhiger, es wurden häufiger Verständnisfragen gestellt bzw. der Arbeitsvorgang wurde komplett abgebrochen. Nachfragen ergaben hier, dass die Fragen an sich verstanden wurden, es aber auch im Deutschen an inhaltlichem Verständnis fehlte. Hierbei handelt es sich aber um einen Vorgang, der auch im rein deutschsprachigen Unterricht zu beobachten gewesen wäre, da die Schüler in dieser Phase auf Deutsch miteinander kommunizierten. Der BU brachte hier keinen Vorteil, war aber auch kein Hindernis.

### 6.6.2.2 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Es wurde hier zunächst in allen Gruppen Englisch gesprochen. Es konnten auch Hypothesen aufgestellt werden. Diese fanden, wie in Studie I, auf der phänomenologischen Ebene statt. Ein neutraler pH-Wert wurde dahingehend interpretiert, dass die Lösung Wasser sein muss bzw. sich wie Wasser verhält. Eine Betrachtung auf Teilchenebene wurde nicht vorgenommen, d.h. ein Vorschlag zur Bildung von Wasser wurde nicht formuliert.

In der Klasse GYM-IIa wurde allerdings folgender Ansatz gefunden:

S1: „It gets green, when you have the same (6 s) *Menge?*“

L: „Amount“

S1: „Yes, when you have the same amount of the acid and the (--) hydroxide.“

Der Begriff *amount* wurde von der Klasse aufgegriffen und in die Hypothese eingearbeitet, die auch an der Tafel festgehalten wurde:

When you have the same amount of acid and alkali, then you have a neutral pH-value.

Hierbei wurde jedoch noch keine Definition des Begriffes *amount* vorgenommen, es blieb also offen, ob es sich um die gleiche Menge in Bezug auf das Volumen oder Teilchen handelte. Die Konzentration war ebenfalls nicht in Betracht gezogen worden. Aus der Versuchsdurchführung kann angenommen werden, dass primär das gleiche Volumen impliziert wurde. Es kann dabei nicht davon ausgegangen werden, dass damit auch die gleiche Konzentration, d.h. in Folge Stoffmenge gemeint wurde. Die Information über die Konzentration der verwendeten Lösungen war den Schülern gegeben, wurde aber nach der Versuchsvorbereitung nicht weiter thematisiert.

Bei der Deutung der Reaktion zwischen Magnesium und der neutralisierten Lösung kam es bei allen Gruppen zu einem Abbruch des Gesprächs. Wie sich bei einem Wechsel ins Deutsche zeigte, lag dies, wie in Studie I beobachtet, nicht an dem fehlenden englischen Wortschatz, sondern in den Gruppen RS-II und GYM-IIb an fehlenden fachlichen Inhalten und Konzepten, die zunächst auf Deutsch aufgearbeitet werden mussten. Nachdem die Reaktion zwischen Säuren und unedlen Metallen mithilfe der Schüleraufzeichnungen wiederholt worden war, konnte die Hypothese aufgestellt werden, dass wahrscheinlich Wasser entstanden ist. In der Klasse GYM-IIb zeigten sich hier aber plötzlich Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Indikatorfarben zur pH-Skala und der Zuordnung der Bereiche *sauer* und *alkalisch*. Dies zeigte sich, als die Schüler sehr zögerlich antworteten bzw. ins Deutsch wechselten, was in dieser Phase in keiner anderen Klasse vorgekommen war. Zur Veranschaulichung wurden als Demonstrationsexperiment Salzsäure, Natronlauge und destilliertes Wasser mit dem Indikator versetzt. Es wurden dann die Begriffe und Farben den entsprechenden Zahlenwerten zugeordnet.

Zwei Schüler in der Klasse GYM-IIb merkten an, dass in der Reaktion noch etwas übrig geblieben ist. Da ihnen auf Englisch der Wortschatz fehlte, taten sie dies auf Deutsch und kamen bei einer Betrachtung der beteiligten Teilchen gemeinsam zu dem Schluss, dass es Salz sein muss. Auf Nachfrage, wie man dies nachweisen kann, wurde das Eindampfen der Lösung vorgeschlagen. Dies war in dieser Klasse die passende Überleitung zur Folgestunde. Es zeigte sich aber auch, dass es notwendig sein kann, ins Deutsche zu wechseln, wenn den Schülern der entsprechende Wortschatz fehlt, da ihnen sonst die Gelegenheit genommen wird ihr Wissen einzubringen. Durch Wiederholen der Inhalte auf Englisch wird der Wortschatz sukzessiv aufgebaut, ohne dass es zur Überforderung und folgender Frustration seitens der Schüler kommt.

Die Klasse GYM-IIa kam bei der Reaktion zwischen Magnesium und der neutralisierten Lösung zu einem interessanten Ansatz. Die Schüler forderten einen Vergleichsversuch ein, bei dem Magnesium in Wasser gegeben wird, welches mit dem Indikator versetzt ist. Diese Gruppe kannte die Reaktionen von unedlen Metallen mit Säuren und mit Laugen

aus dem vorhergehenden Unterricht. Sie stellten nach dem Experiment die Hypothese auf, dass Wasser entstanden sein muss, da ein neutraler pH-Wert vorliegt und die Reaktion nicht wie die bekannten Reaktionen abläuft. Es wurde festgehalten:

When you put together an acid and an alkali, they react to form water.

### 6.6.3 Stundenverlauf Stunde 3

Die Stunde wurde zunächst wie geplant in allen Klassen durchgeführt. Das Demonstrationsexperiment zeigte die erwarteten Beobachtungen, der Temperaturanstieg lag wieder bei ca. 12 °C.

Bei dem Eindampfen ergaben sich in der Gruppe RS-II einige Schwierigkeiten, da es im Klassenraum unvorhergesehene Probleme mit der Gasversorgung gab. Nur zwei Gruppen konnten das Experiment wie geplant durchführen, bevor es für den Rest der Klasse abgebrochen werden musste. Die Schüler hatten nun nur die Möglichkeit, sich das fertige Ergebnis des Eindampfens anzuschauen. Durch die fehlerhafte Gasversorgung war auch Unterrichtszeit verloren gegangen, so dass zur Versuchsauswertung nur wenige Minuten zur Verfügung standen. Die komplette Auswertung, wie sie in den anderen Klassen durchgeführt wurde, konnte hier nicht mehr vorgenommen werden und musste auf die Folgestunde vertagt werden. Es konnte nur ausgewertet, dass Salz entsteht. Eine Reaktionsgleichung konnte nicht mehr erstellt werden.

#### 6.6.3.1 Gesprächsanalyse Demonstrationsexperiment

Es konnten hier die gleichen Beobachtungen wie im ersten Studiendurchgang gemacht werden. Wenn die Schüler den Versuch sprachlich begleiteten, konnten sie dies auf Englisch leisten, da sie sich an der Versuchsvorschrift orientieren konnten.

Im Unterrichtsgespräch konnte in allen Klassen die Neutralisation als exotherme Reaktion eingeordnet werden. Dies war analog zur Studie I möglich. Auch hier erfolgte in den Schülerbeiträgen zunächst eine deutsche Aussprache des Begriffs *exothermic* oder direkt die Verwendung des deutschen Terminus. Nach Korrektur seitens der Lehrkraft wurde die englische Aussprache übernommen. Es wurde demnach eine sprachliche Nähe zum deutschen Begriff angenommen.

### 6.6.3.2 Gesprächsanalyse Gruppenarbeit

Die Gruppenarbeit verlief analog zu Studie I. Die Schüler verwendeten bei den Geräten Begrifflichkeiten, die die Nutzung beschreiben, wenn ihnen der korrekte deutsche Name nicht einfiel. In der Klasse GYM-IIa war wieder zu beobachten, dass einige Schüler sich bemühten während dieser Phase mit der Lehrkraft Englisch zu sprechen, z.B. wenn sie ein Gerät oder die einzudampfende Lösung benötigten. Sie orientierten sich dann wieder am Arbeitsblatt oder am Tafelbild, so dass sie die korrekten Begriffe verwendeten. Innerhalb ihrer Gruppe sprachen sie durchgängig Deutsch.

### 6.6.3.3 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Da in der Gruppe RS-II diese Phase nur sehr eingeschränkt stattfand, werden hier nur die Klassen GYM-IIa und IIb betrachtet. Dies muss allerdings differenziert geschehen.

In der Klasse GYM-IIa konnte die Schlussfolgerung, dass es sich bei der kristallinen Substanz um NaCl handelt, unter Verwendung des Englischen gezogen werden. Da durch das zusätzliche Experiment (vgl. 6.6.2.2) Wasser als Produkt feststand, konnte die Formel für Kochsalz abgeleitet werden. Die Argumentation war hier, dass dies logisch sei, wenn man die beteiligten Ionen betrachtet, die in einer Ionengleichung entsprechend dargestellt wurden.

S1: „When you have water, then (-) Na and Cl are left. (--) They are salt.“

Bei dieser Aussage impliziert der Begriff *salt* das Kochsalz Natriumchlorid. Es gab aber auch einen anderen Argumentationspfad, der die Teilchenebene mit einbezog:

S2: „We have Na plus and Cl minus. Plus and minus (-) they (--) they *ziehen sich an*.“

S3: “They attract.”

S2: “Yes, they attract, (-) they come together.”

Die Schüler haben hier die Anziehungskräfte zwischen den Ionen erkannt, die dazu führen, dass sich NaCl bildet. Es bleibt in dieser Phase allerdings offen, ob diese Aussage die Bildung von NaCl-Molekülen impliziert oder die Ausbildung eines Ionengitters. Dazu hätte die Diskussion weitergeführt werden müssen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass hier eine Argumentation auf Teilchenebene erfolgte, die das beobachtete Phänomen erklärt.

In der Klasse GYM-IIb ergaben sich hingegen Schwierigkeiten. Die Klasse konnte formulieren, dass die Lösung neutral sei, bei der Übertragung auf die Teilchenebene kam es zum Gesprächsabbruch. Es wurde dann angefangen zu raten. Die Ionengleichung konnte nicht aufgestellt werden:

L: „We have here hydrochloric acid HCl. Which particles can we find in the solution?“

[Parallel dazu wurde der Beginn der Ionengleichung  $\text{HCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}$  an die Tafel geschrieben. Pause 10 s]

S1: „H three Cl O“

Auch ein Wechsel ins Deutsch brachte hier keine Lösung, da den Schülern das passende Konzept fehlte. Die Schüler wurden daraufhin auf ihre Aufzeichnungen verwiesen, in denen sich die entsprechenden Ionengleichungen fanden. Sie konnten dann abgelesen werden und dabei auch direkt auf Englisch ausgesprochen werden, da es sich dabei nur um Formeln handelte. Es lag hier also eine reine Leseleistung vor, die zeigte, dass die Schüler eine Säure nur rein phänomenologisch beschreiben können, auf der abstrakten Ebene jedoch kein entsprechendes Konzept zur Erklärung der Eigenschaften vorliegt.

Aus den Ionengleichungen konnte dann die Reaktionsgleichung entwickelt werden. Dabei wurde die Gleichung zur vorliegenden Reaktion auf Deutsch und die allgemeine Gleichung zur Neutralisation auf Englisch erarbeitet. Im Anschluss kam folgende Frage auf:

S1: „So, we have water (-) and salt. Can we eat it? (--) I mean (-) it's like when you cook.“

Diese Frage wurde aufgegriffen und diskutiert. Es zeigte sich, dass hierbei ein Teil der Schüler auf der rein phänomenologischen Ebene argumentierte und die Sauberkeit der Geräte ins Spiel brachte. Es gab aber auch Ansätze, die sich auf der Teilchenebene bewegten:

S2: „You need the same (3 s) the same number of the H and (--) the OH. (2 s) *Sonst* (3 s) when they build water (--) when some are left it is not good.“

Hier zeigt sich, dass die Schüler durchaus in der Lage sind, inhaltlich verständlich in der Fremdsprache zu argumentieren und dabei abstrakte Konzepte in Betracht zu ziehen. Gesprächsabbrüche sollten daher vor allem unter dem Aspekt der fehlenden Konzepte betrachtet werden. Zu dieser Diskussion muss allerdings gesagt werden, dass nur die Reaktion zwischen Salzsäure und Natronlauge betrachtet wurde und der Begriff *salt* nur im Sinne von Kochsalz ausgelegt wurde. Die Reaktion anderer Säuren und Laugen, die zu anderen Salzen führt, wurde nicht betrachtet. Die Schüler konzentrierten sich in dieser Situation auf das konkrete Beispiel, das sie phänomenologisch erfassen konnten. Eine Transferleistung fand hier nicht statt.

#### 6.6.4 Stundenverlauf Stunde 4

In dieser Stunde stand das Experiment zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren im Mittelpunkt (vgl. 6.4.1), welches die Schüler in Gruppenarbeit durchführten. Diese Stunde war als Doppelstunde angelegt, da aber die einzelnen Phasen in engem Zusammenhang miteinander stehen, wird diese Doppelstunde als eine Einheit behandelt. In der Einstiegsphase wurde eine kurze Wiederholung zur Neutralisation durchgeführt, bei der die Schüler im Unterrichtsgespräch diese kurz zusammenfassen sollten.

Während des Experiments wurden die Messwerte aller Gruppen an der Tafel gesammelt. Dies geschah in Form einer Tabelle. So konnten einerseits mögliche Messfehler einzelner Gruppen gefunden werden, andererseits erfuhr so jede einzelne Gruppe Wertschätzung, da alle Messwerte gleich wichtig waren und in das Gesamtergebnis einbezogen wurden. Die einzelnen Gruppen konnten so auch Gemeinsamkeiten entdecken und erkennen, dass es sich nicht um zufällige Ergebnisse handelt, wenn alle Gruppen innerhalb eines gewissen Fehlerintervalls gleiche Messwerte erhalten.

Aus den Messwerten sollte dann der Zusammenhang erkannt werden zwischen dem Verbrauch der Natronlauge in mL und der Anzahl der Protonen, die von einem Molekül einer Säure in wässriger Lösung abgespalten werden. Im folgenden Unterrichtsgespräch wurde dann die Reaktionsgleichung für die Reaktion zwischen Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) und Natronlauge erarbeitet. Hierzu wurde das Kugelteilchenmodell zur Visualisierung herangezogen. Besonderes Augenmerk sollte auf dem stöchiometrischen Verhältnis zwischen den Reaktionspartnern liegen. Mithilfe der erarbeiteten Reaktionsgleichung sollten so auch die Gleichungen für die weiteren Reaktionen im Experiment erstellt werden. Es war geplant, diese Phase zunächst auf Englisch durchzuführen.

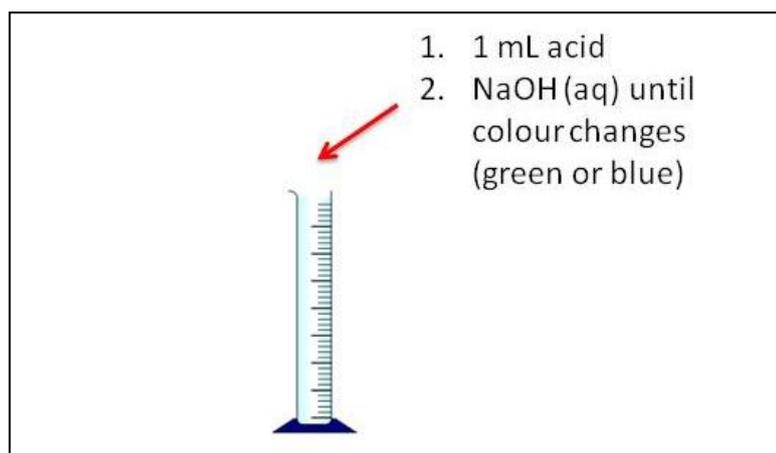
Zum Transfer und zur Sicherung der Inhalte sollten die Schüler anschließend weitere Gleichungen zur Neutralisation erstellen. Dazu sollte das Think-Pair-Share-Verfahren zur Anwendung kommen, damit die Schüler einerseits Gelegenheit zum selbständigen Arbeiten, aber andererseits auch wieder zum Austausch und der damit verbundenen Bedeutungsaushandlung erhalten. In der Phase der Partnerarbeit war dann die Möglichkeit gegeben, Deutsch als Kommunikationsmittel zu verwenden.

Phase	Inhalt	Methode	Medien
Erarbeitung I	Neutralisation im Messzylinder: Experimentelle Durchführung der Neutralisation verschieden protoniger Säuren mit Natronlauge, Zusammenhang zwischen Verbrauch an NaOH (aq) und Protonenzahl der Säure	Gruppenarbeit	AB <i>The neutralisation – reaction between acids and alkalis</i> Experiment
Erarbeitung II	Erstellen der Reaktionsgleichung ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen Darstellung der Reaktion im Teilchenmodell	Unterrichtsgespräch	AB <i>The neutralisation – reaction between acids and alkalis</i> Tafelbild
Ergebnissicherung	Anwendung der Neutralisationsreaktion auf weitere Beispiele entsprechend den durchgeführten Reaktionen: $\text{HNO}_3$ (aq) + NaOH (aq) → $\text{H}_3\text{Cit}$ (aq) + NaOH (aq) →	Unterrichtsgespräch	Tafelbild
Transfer	Vervollständigen der Reaktionsgleichung: $\text{HCl}$ (aq) + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (aq) → $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq) + LiOH (aq) →	Think-Pair-Share	Tafelbild

**Tabelle 33:** Verlaufsplanung Studie II, 4. Stunde

#### 6.6.4.1 Experimentelles Arbeiten

Das Lesen der Versuchsvorschrift verlief in allen Klassen problemlos, nach dem Lesen wurde die Durchführung zusammen gefasst. Dabei wurde eine Versuchsablaufskizze an der Tafel erstellt.



**Abbildung 30:** Tafelbild zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren

Mithilfe der Skizze konnten die Schüler den Versuch durchführen. Es zeigte sich, wie schon beim Einstiegsexperiment, dass die Schüler sehr sorgfältig arbeiteten. Ein großer Teil von ihnen erinnerte sich daran, dass der Farbumschlag durch einen Tropfen

hervorgerufen werden kann und ging dementsprechend vor. In jeder Klasse gab es 1 - 2 Gruppen, die so genau arbeiteten, dass sie den Farbumschlag nach Grün erreichten.

Die Ergebnisse lagen im erwarteten Rahmen. Der Verbrauch an NaOH bewegte sich in den folgenden Bereichen:

Säure	Verbrauch NaOH
Salpetersäure $\text{HNO}_3$ (aq)	0,8 - 1,3 mL
Schwefelsäure $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq)	1,9 - 2,4 mL
Citronensäure $\text{H}_3\text{Cit}$ (aq)	2,7 - 3,2 ml

**Tabelle 34:** Verbrauch an NaOH zur Neutralisation verschiedener Säuren<sup>81</sup>

In manchen Gruppen funktionierte die Zusammenarbeit nicht so gut, so dass es dort kleinere organisatorische Schwierigkeiten gab, z.B. in Bezug auf die Reihenfolge der Teilerperimente.

#### 6.6.4.2 Gesprächsanalyse Einstiegsphase

Diese Phase konnte komplett in Englisch durchgeführt werden. Allerdings war auch hier in Bezug auf das Salz im Sprachgebrauch der Schüler unklar, ob sie Kochsalz oder Salze allgemein implizieren:

L: „When an acid and an alkali react, which products do we get?“

S: “We get water and salt.”

Daher wurde von Lehrerseite darauf geachtet, dass der Begriff *salt* ausgeschärft wurde:

L: “That is correct, we get water and a salt. Which salt we get, that depends on the acid and the alkali we use in the reaction.”

In allen Klassen wurde in Bezug auf die Neutralisation der pH-Wert genannt, die Definition also auf phänomenologischer Ebene geführt, da der pH-Wert nicht mithilfe des Teilchenmodells, also der Konzentration an Wasserstoffionen<sup>82</sup>, weiter erläutert wurde. Mit dem pH-Wert wurde auch die Färbung verschiedener Indikatoren verknüpft.

<sup>81</sup> In dieser Tabelle ist ein Überblick über die Messwerte aus allen drei Gruppen und gibt nicht das konkrete Tafelbild wieder.

<sup>82</sup> Da im Unterricht nur  $\text{H}^+$ -Ionen betrachtet wurden, wird die didaktische Reduzierung in der Diskussion fortgeführt.

### 6.6.4.3 Gesprächsanalyse Gruppenarbeitsphase

Der Versuch konnte in allen Klassen wie geplant durchgeführt werden. Die Schüler verwendeten in ihren Gesprächen wieder durchgängig die englischen Namen der Lösungen, hierbei zeigte sich, dass sie dabei häufig *hydrochloric acid* deutlich flüssiger aussprechen konnten als die anderen Säuren, die sie zum ersten Mal im englischsprachigen Kontext verwendeten. Es hat demnach schon ein Übungseffekt bei einigen Begriffen eingesetzt. Die Durchmischung der Sprachen zeigte, dass einige Begriffe, obwohl sie flüssig benutzt, anscheinend noch nicht durchgängig konzeptuell verankert sind:

S: „Hier haben wir die H zwei SO vier *acid* reingetan.“

Bei dieser Äußerung stellt sich die Frage, warum nicht der Begriff *Säure* verwendet wird, da ansonsten durchgängig Deutsch gesprochen wurde. Da die Schüler bisher noch nicht selbst mit Schwefelsäure gearbeitet hatten, konnte hier eventuell diese noch nicht dem Konzept *Säure* zugeordnet werden, da die praktischen Erfahrungen fehlten, z.B. Indikatorfärbung, Reaktion mit unedlen Metallen, um ein mentales Gesamtbild zu erstellen.

### 6.6.4.4 Gesprächsanalyse Unterrichtsgespräch

Der Einstieg in diese Phase gelang auf Englisch recht gut. Die Schüler erkannten den Zusammenhang zwischen Protonenzahl der einzelnen Säuren und dem Verbrauch an Natronlauge und konnten dies auch sprachlich adäquat darstellen. Es konnte also die erste Verbindung zwischen der phänomenologischen Ebene der konkreten Versuchsbeobachtung, d.h. dem Messwert, und der abstrakten symbolischen Ebene der Formelschreibweise geschaffen werden.

Das entsprechende Tafelbild<sup>83</sup> wurde parallel zum Gespräch schrittweise erarbeitet:

The number of hydrogen atoms of the acid is the same as the number of milliliters of NaOH (aq) that was needed for the neutralisation:



<sup>83</sup> Da das Tafelbild schrittweise entwickelt wurde, wird diese Entwicklung parallel zur Diskussion der Inhalte dargestellt.

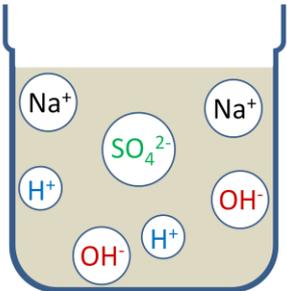
Im weiteren Verlauf wurde gezielt auf die Auswertungsfragen eingegangen. Die Frage „Explain why you needed different volumes of NaOH (aq). Hint: Look at the number of hydrogen atoms of the different acids“ fasste zum einen zusammen, was als Tafelbild bereits festgehalten war. Andererseits sollten mithilfe dieser Frage die Inhalte auf Teilchenebene erarbeitet werden. Es sollte der Bezug hergestellt werden, dass mehrprotonige Säuren in wässriger Lösung die H<sup>+</sup>-Ionen schrittweise abspalten und diese jeweils mit den OH<sup>-</sup>-Ionen der Lauge zu Wasser reagieren.

Dieser Vorgang führte zunächst zu einem Gesprächsabbruch. Bei einem Wechsel ins Deutsche zeigte sich, dass es nicht am fehlenden Wortschatz lag, sondern dass den Schülern die Vorgänge auf Teilchenebene nicht bewusst waren. In allen Klassen waren die mehrprotonigen Säure nur theoretisch in Form der entsprechenden Reaktionsgleichungen behandelt worden. Dazu wurden die Namen der entsprechenden Salze eingeführt. Es wurden daher die Schüleraufzeichnungen dieser vergangenen Stunden, die sich während oder vor der Hospitationsphase ereignet hatten, mit einbezogen. Es konnte auf Deutsch erarbeitet werden, dass Schwefelsäure im Vergleich zu Salpetersäure in wässriger Lösung pro Molekül die doppelte Anzahl an Protonen freisetzt, die jeweils ein Hydroxidion als Partner benötigen um Wasser zu bilden. Dies wurde vom Lehrer auf Englisch wiederholt und als Tafelbild festgehalten:

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+ (\text{aq}) + \text{HSO}_4^- (\text{aq})$$

$$\text{HSO}_4^- (\text{aq}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$$

In an aqueous solution one molecule<sup>84</sup> of sulfuric acid sets two H<sup>+</sup>-ions (protons) free. In order to neutralise them, we need two OH<sup>-</sup>-ions (hydroxide ions). We get them from NaOH (aq) (sodium hydroxide solution).

$$2 \text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2 \text{OH}^- (\text{aq}) + 2 \text{Na}^+ (\text{aq})$$


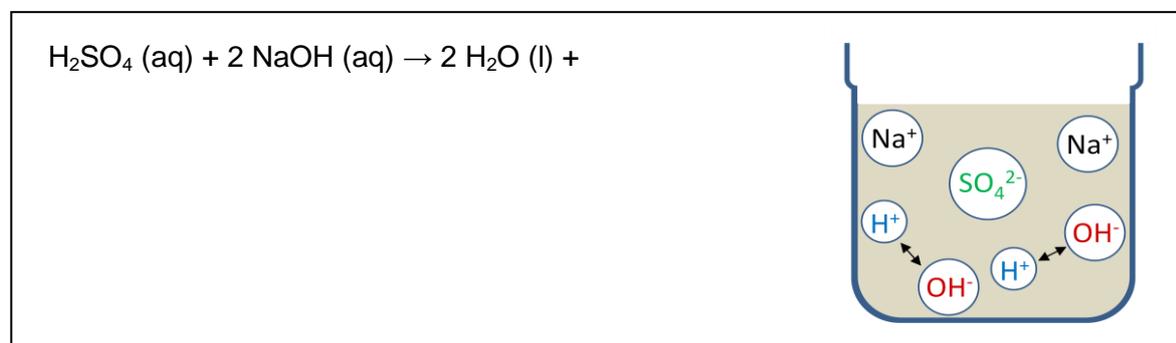
Parallel dazu wurden die Vorgänge in der Lösung als Kugelteilchenmodell dargestellt, um die zur Symbolschreibweise die Modelldarstellung hinzuziehen. Durch die Darstellung einem Gefäß wird ein Bezug zum Versuch dargestellt.

<sup>84</sup> Der Begriff *molecule* oder *Molekül* wurde von Seiten der Schüler in der Argumentation weder auf Deutsch noch auf Englisch verwendet. Sie konzentrierten sich in ihrer Argumentation auf die Ionen in wässriger Lösung. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass allen Schülern die Bindungsart bewusst ist, da in den Concept Maps (vgl. Anhang 11.1.2) in der Regel nur darauf eingegangen wurde, dass in wässriger Lösung Ionen entstehen oder freigesetzt werden.

Im nächsten Schritt wurde die Reaktionsgleichung erstellt. Dies erfolgt entsprechend der nächsten Auswertungsfrage zu diesem Versuch. Es konnte auch hier wieder beobachtet werden, dass das Wasser als Produkt von den Schülern formuliert werden konnte. Es konnte dabei auch die korrekte Stöchiometrie beachtet werden. Die folgende Äußerung kam in ähnlicher Form in allen Klassen vor:

S1: „We need two NaOH. (--) We get two water (-) plus (--) ähm.“ [Abbruch]

Es erfolgte hier auch keine Hilfestellung der anderen Schüler. Dies zeigt, dass die Schüler die Reaktion zwischen den Protonen und den Hydroxidionen zu Wasser nachvollziehen können und diese auch als den bedeutenden Schritt bei der Neutralisation sehen. Es wurde daher zunächst das Tafelbild ergänzt, um bei der schrittweisen Herangehensweise zu bleiben:



Parallel dazu wurde die Abbildung des Kugelteilchenmodells um die Anziehungskräfte zwischen den Protonen und Hydroxidionen ergänzt.

Durch Abdecken der Protonen und Hydroxidionen blieben die Natriumionen und das Sulfation übrig. Den Schülern war bewusst, dass diese das entsprechende Salz bilden, doch es tat sich dabei eine Schwierigkeit auf, so dass das Gespräch ins Stocken kam.

In der Klasse GYM-IIa ergab sich dabei folgendes Problem:

S: „The salt (--) it is two Na and  $\text{SO}_4$  (--) but I don't know. (3 s) Can I say that in German?“

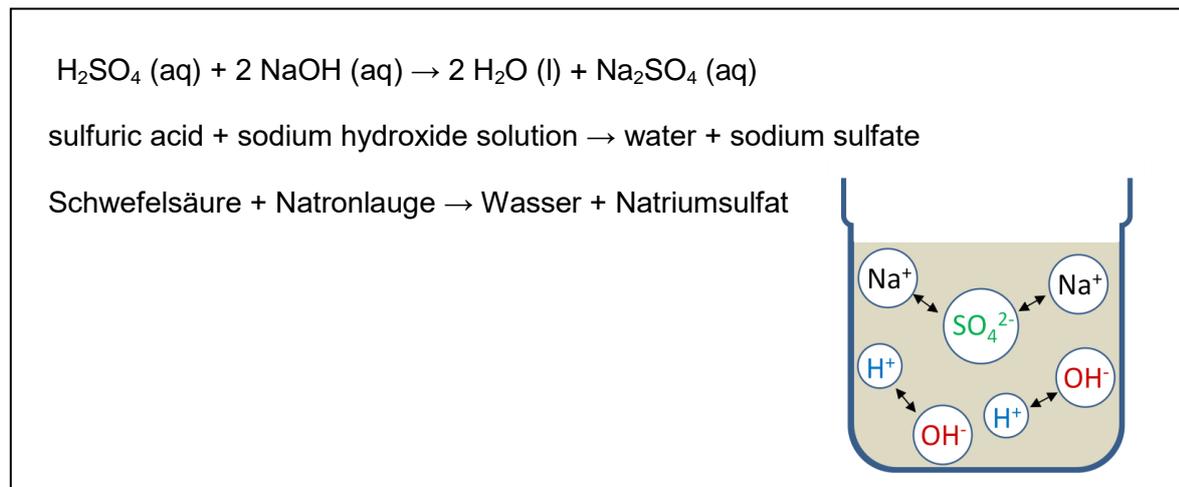
L: „Yes, try to explain it in German.“

S: „Die Zwei (5 s) ich weiß eigentlich auch nicht, wie das auf Deutsch heißt (-), also wo man die Zwei hinschreibt.“

In dieser Phase der Sprachreflexion zeigte sich, dass die Schüler Schwierigkeiten hatten, die korrekten Formeln selbst aufzustellen. Die Schwierigkeiten, die die Schüler an dieser Stelle beim Konzepterwerb haben, sind durch den BU besser deutlich geworden, so dass hier der BU als Diagnoseinstrument tauglich war. Die Bedeutung der Koeffizienten und Indices innerhalb der Formelschreibweise stellten ein Problem dar. In der Klasse GYM-IIb wechselten einige Schüler an dieser Stelle ins Deutsche und versuchten die Formel zu

raten, eine Strategie die im obigen Beispiel nicht zur Verfügung stand, da hier von den Schülern versucht wurde, durchgängig Englisch zu sprechen. Dies führte zur vermehrten Sprachreflexion, die das mangelnde Fachwissen offenbarte. Im folgenden Gespräch wurde dieser Aspekt aufgegriffen und an Beispielen erläutert. Dazu wurden auch die Ladungen der einzelnen Ionen mit einbezogen.

Zur Ermittlung der Formel des Salzes wurde in allen Klassen ins Deutsche gewechselt, da sich gezeigt hatte, dass dies eine generelle Schwierigkeit darstellte und es sich dabei um grundlegende Kompetenzen handelte. Am Kugelteilchenmodell konnte die Formel abgeleitet und mithilfe der Schüleraufzeichnung auch benannt werden, so dass das Tafelbild vervollständigt werden konnte.



Das Tafelbild bildete die Grundlage für die Schüler, die weiteren Reaktionsgleichungen selbständig aufzustellen. Zusätzlich zu den beiden noch fehlenden Reaktionen aus dem Versuch sollten sie folgende Gleichungen vervollständigen:



#### 6.6.4.5 Gesprächsanalyse des Think - Pair - Share

In dieser Phase gingen die Schüler zu einem großen Teil sehr zügig in die Partnerarbeit über. Nur wenige Schüler arbeiteten allein an den Aufgaben. In den Gesprächen zeigte sich eine Systematik der Herangehensweise, die dem zuvor erarbeiteten Beispiel folgte:

S1: „H drei Cit (-) das sind drei H.“

S2: „Dann brauchen wir (-) drei (--) OH.“

S1: „Drei H (-) drei OH. Also drei Wasser?“

S2: „Ja, drei Wasser. (3 s) Lass uns das schon mal hinschreiben.“

Im Gegensatz zur Studie I wurde in allen Klassen deutlich weniger in den vorgegebenen Formeln verändert. Die Schüler gingen deutlich systematischer vor. Es war allerdings zu

beobachten, dass die Reaktionsgleichungen der selbst durchgeführten Reaktion deutlich leichter erstellt werden konnten als die Zusatzaufgaben, vor allem die Reaktion zwischen Salzsäure und Calciumhydroxid bereitete Schwierigkeiten. Hier konnten viele Schüler die erlernte Systematik nicht übertragen, d.h., es wurde nicht mehr der Weg über die Ionengleichungen gegangen, sondern es wurde eher geraten. Hier war auch zu beobachten, dass die Formel  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  in  $\text{CaOH}$  willkürlich geändert wurde. Dies kann natürlich auch daran liegen, dass hier der Vorgang umgekehrt wurde und statt einer mehrprotonigen Säure ein Hydroxid gewählt wurde, das pro Formeleinheit beim Lösevorgang zwei hydratisierte Hydroxidionen freisetzt. Das Aufstellen der Ionengleichung hätte hier die Schüler zum Ziel geführt.

Es kann festgehalten werden, dass der Einsatz des Experiments den Schülern den Zugang zur abstrakten Ebene erleichtert hat. Sie können Handlung und Modell besser verknüpfen.

### **6.6.5 Unterrichtsplanung Stunde 5**

Diese Stunde diente analog zur Studie I zur Durchführung der Abschlussbefragung. Die Schüler erstellten die Concept Map zum zentralen Begriff *Neutralisation* und führten die Selbsteinschätzung durch.

#### **6.6.5.1 Auswertung Concept Maps**

Die erstellten Concept Maps ähnelten in ihrer Form, wie unter 5.7.6.1 ausgeführt, Begriffsnetzwerken. Da auch hier die Schüler an die Arbeit mit Concept Maps nicht gewöhnt waren lässt sich das darauf zurückführen, dass es für sie ein ungewohntes Medium darstellte. Einige Schüler stellten korrekte Propositionen auf, bei einem Teil der Schüler wurden die Begriffe direkt beschriftet. Es ließen sich so Definitionen erkennen, die in der Auswertung aufgenommen wurden.

Die angegebenen Begriffe wurden größtenteils in einem korrekten Kontext verwendet. Bei insgesamt drei Schülern wurden bei der Angabe des pH-Wertes die Bereiche für sauer und alkalisch vertauscht, der pH-Wert 7 wurde dabei dem Begriffe neutral korrekt zugeordnet. Dies zeigt, dass diese Schüler die Änderung des pH-Wertes als ein wesentliches Merkmal der Neutralisation erkannt haben.

Im Vergleich zu Studie I gab es diesmal mehr Schüler, die nur Deutsch als Sprache verwendeten. In der Gruppe RS-II waren es 4 Schüler, bei GYM-IIa 3 Schüler und in der Gruppe GYM-IIb 4 Schüler. Es lag trotzdem eine hohe Akzeptanz des Englischen vor. In der Gruppe GYM-IIb hatte sich schon im Unterricht gezeigt, dass es einige Schüler gab,

die selbst nur Deutsch sprachen, ihre Äußerungen aber zeigten, dass sie englischen Inhalte verstanden hatten.

Insgesamt wurde folgende Anzahl an Concept Maps abgegeben und ausgewertet:

RS-II: 17

GYM-IIa: 23

GYM-IIb: 23

Begriff <sup>85</sup>	RS [%]	GYM-NW [%]	GYM [%]
Definition	12	39	13
Angabe von Formeln	29	35	17
acid + alkali	29	83	57
pH / pH-value	53	39	22
indicator	35	61	35
water	35	52	35
salt	24	43	17
ions	6	-	9
+ / - , d.h. different	6	-	-
reaction	12	13	13
mixture	6	-	4
properties of product(s)	-	9	9
in aqueous solution	-	-	9
same amount	24	17	13
exothermic reaction	6	-	9
nicht auswertbar <sup>86</sup>	41	9	30
nur Englisch verwendet	12	43	13

**Tabelle 35:** Auswertung Concept Maps zum Zentralbegriff Neutralisation

Auffällig ist hier der Anteil an Concept Maps, die nicht auswertbar waren. Zum größten Teil blieben diese einfach leer. Dies widerspricht der Beteiligung der Schüler am Unterricht, da hier nicht der Eindruck erweckt wurde, dass z.B. in der Klasse RS-II sich nur etwa zwei Drittel der Schüler am Unterricht beteiligten. Gerade hier hatten sich bei den Schülerexperimenten alle Schüler gut beteiligt, die Experimente wurden sorgfältig ausgeführt. Es kann sein, dass die Schüler die Teilnahme verweigerten, die Gründe dazu sind unbekannt.

<sup>85</sup> Es werden in der Tabelle die englischen Begriffe genannt, da sie von der Mehrzahl der Schüler so verwendet wurden. Dies schließt hier allerdings auch Nennungen auf Deutsch mit ein.

<sup>86</sup> Bei diesen Concept Maps wurden entweder gar keine Begriffe genannt oder die genannten Begriffe hatten nichts mit der Neutralisation zu tun.

Vergleicht man die Klassen untereinander, so kann GYM-IIa als leistungsstärkste Klasse benannt werden. Dies spiegelt auch den Eindruck aus dem Unterricht wider. Ein Großteil der Klasse kann die Neutralisation als Zusammenspiel von Säure und Lauge benennen, knapp 40 % geben eine Definition an. Auch der Anteil an Schülern, die mindestens eines der Produkte nennen können, ist höher als bei den anderen Klassen. Die Farbveränderung des Indikators wird insgesamt von mehr Schülern genannt als im ersten Studiendurchlauf. Dies kann daran liegen, dass hier die Schüler durch die Neutralisation verschiedener Säuren mehr praktische Erfahrung gesammelt haben, so dass dieser Aspekt für sie besonders präsent ist. Sie beschreiben dabei die Vorgänge auf der phänomenologischen Ebene. Allerdings wird der pH-Wert weniger häufig genannt.

Die Nennung von Wasser als Produkt entspricht etwa den Ergebnissen von Studie I, Salz wird hier etwas häufiger genannt, wobei auch in den meisten Fällen nicht deutlich wird, ob Salz als Stoffgruppe genannt wird. Ein Schüler aus GYM-IIb schreibt „a salt“, hier wird die Bedeutung deutlich, da als Ausgangsstoffe *acid and alkali* genannt werden.

Insgesamt nennen im Vergleich zu Studie 1 mehr Schüler das Verhältnis zwischen Säure und Lauge als ein Merkmal der Neutralisation. Dies kann durch den zusätzlichen Versuch hervorgerufen worden sein, da hier die Schüler sorgfältig auf den Umschlagspunkt des Indikators hingearbeitet haben. Es kann angenommen werden, dass dieser Versuch zur konzeptuellen Verankerung mehrerer Inhalte beigetragen hat.

Dass es sich bei der Neutralisation um eine chemische Reaktion handelt, wird hier deutlich seltener genannt als bei Studie I. Andererseits wird die Neutralisation auch weniger häufig als ein physikalischer Vorgang beschrieben. Die Klassifizierung der Neutralisation selbst scheint bei den Schülern nicht wichtig zu sein, sie konzentrieren sich hier tendenziell auf die Vorgänge während der Reaktion. Der Gebrauch von Formeln unterscheidet sich hier von den Ergebnissen von Studie I. Während dort die Gruppe RS sehr wenig Gebrauch von Formeln machte, ist hier der Anteil der Realschüler höher und sogar besser als in GYM-IIb. Wenn Formeln verwendet werden, werden diese in den meisten Fällen richtig genannt. Es kann hier nicht davon ausgegangen werden, dass die Realschüler weniger abstrakt denken als die Gymnasialschüler.

Für die Schüler, die die Concept Map erstellt haben, stellt diese ein Instrument dar, die vorhandenen Konzepte zu untersuchen.

#### **6.6.5.2 Auswertung Selbsteinschätzung**

Der Fragebogen zur Selbsteinschätzung war genauso aufgebaut wie in Studie I. Es wurden dieselben Aussagen verwendet, die um die Aussage „Durch Versuchsskizzen

konnte ich die Versuchsabläufe gut verstehen, auch wenn die Anleitung auf Englisch war“ ergänzt wurde. Es geht hier um die Verknüpfung der bildlichen und sprachlichen Darstellung, die bei den Versuchsablaufskizzen eingesetzt wurde.

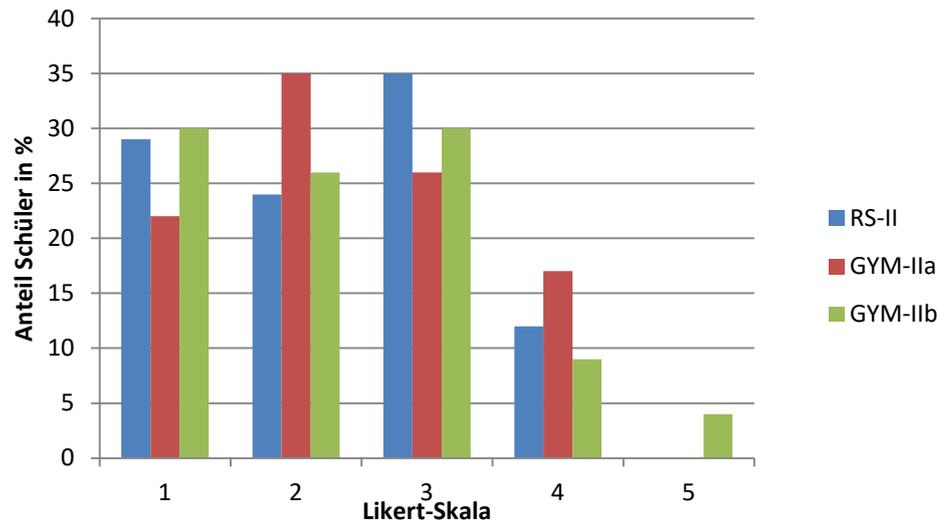
Insgesamt wurden abgegeben:

RS-II: 17

GYM-IIa: 23

GYM-IIb: 23

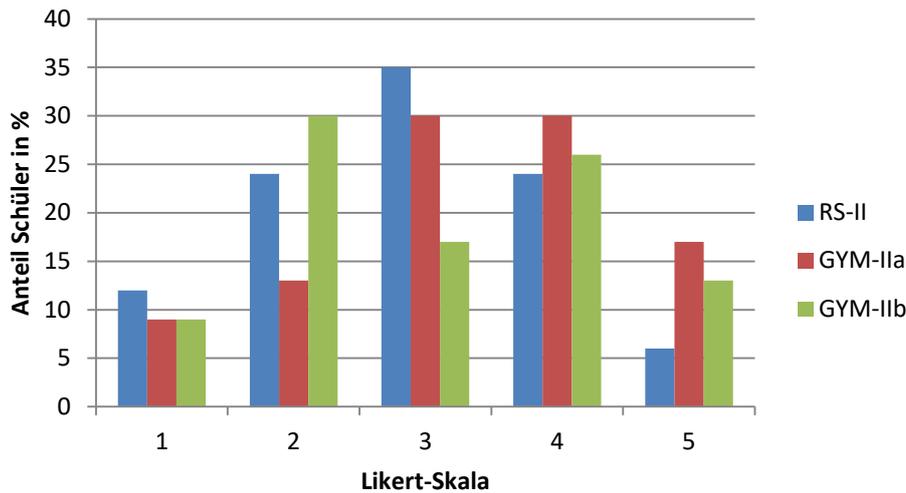
Die Schwierigkeit des Unterrichts im Vergleich zum deutschsprachigen Unterricht wurde wie folgt eingeschätzt:



**Abbildung 31** : Selbsteinschätzung zum Schwierigkeitsgrad des BU

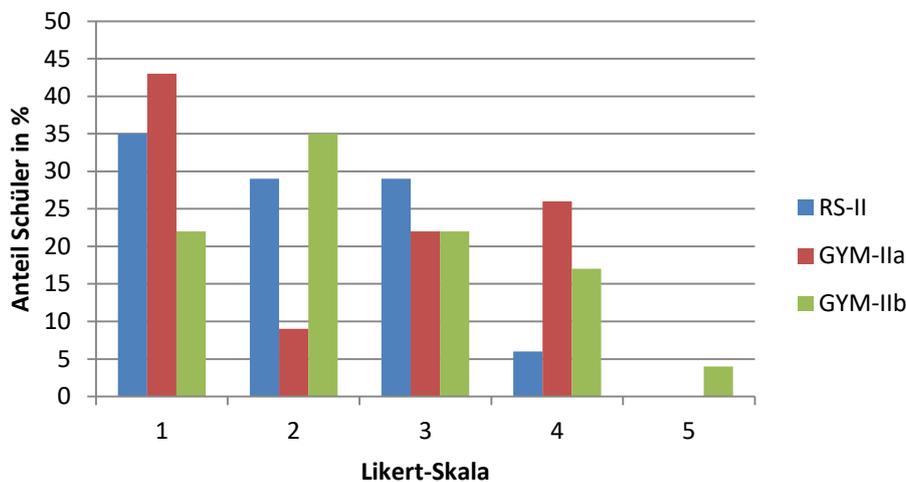
Es zeigt, dass alle Gruppen den BU nicht als schwieriger einschätzen. Im Vergleich zu Studie I sehen die Schüler den BU nicht unbedingt als eine größere Herausforderung an. Dies kann unterschiedliche Ursachen haben. Einerseits könnte es sich generell um sprachlich leistungsstärkere Klassen gehandelt haben. Dies kann durch die Unterrichtsbeobachtung nur für die Gruppe GYM-IIa bestätigt werden, da hier die Schüler deutlich häufiger versuchten Englisch zu sprechen, auch in Phasen, in denen die anderen Gruppen Deutsch sprachen. Im Fachwissen waren die Klassen vergleichbar mit denen aus dem ersten Studiendurchgang.

Ein Grund kann auch die andere Herangehensweise mit einer zusätzlichen experimentellen Erarbeitungsphase sein, da diese den Schülern den Zugang zur formalen Ebene der Symbolschreibweise über die Verknüpfung von konkreter Handlung und Beobachtungen ermöglichte. Es stellt dann allerdings die Frage, warum die Schüler bei den Concept Maps teilweise schlechter abschnitten bzw. diese gar nicht bearbeiteten. Sprachreflexion fand auch bei diesen Gruppen statt, wobei auch hier im Vergleich zur ersten Studie keine breite Zustimmung erfolgte.



**Abbildung 32:** Selbsteinschätzung zur eigenen Sprachreflexion

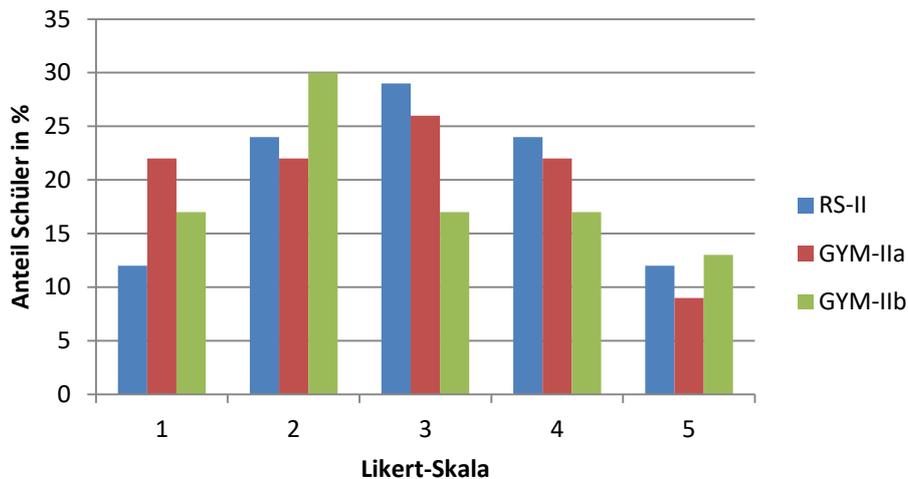
Die Gymnasialschüler attestieren sich hier im Vergleich zu den Realschülern eine vermehrte Sprachreflexion. Dies war auch im Unterricht an verschiedenen Stellen zu beobachten. Dies ist nicht gleichbedeutend damit, dass die Realschüler im Englisch leistungsstärker waren, es kann durchaus sein, dass sich die Gruppe RS-II weniger auf die Gesamtmaterie einlassen wollte. In diesem Zusammenhang kann man die Frage betrachten, ob der Unterricht zeigte, dass auch im Deutsch die Begriffe fehlten. Dabei ergibt sich folgendes Bild:



**Abbildung 33:** Selbsteinschätzung zur Offenlegung persönlicher fachlicher Mängel durch den BU

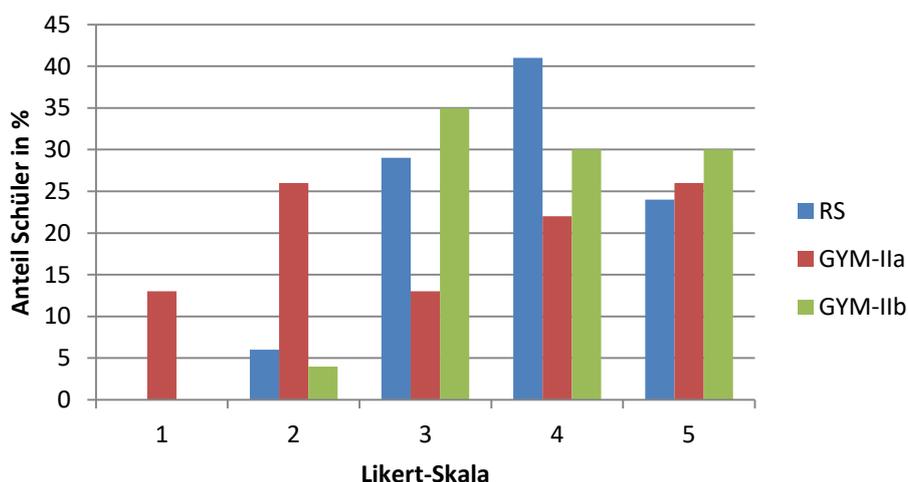
Die vermehrte Sprachreflexion vor allem seitens der Gruppe GYM-IIa führt auch dazu, dass dadurch eigene Mängel in den deutschen Begrifflichkeiten aufgedeckt wurden. Dies war auch im Unterricht, wie bei dem dargestellten Dialog zur Funktion der Koeffizienten und Indices innerhalb von Formeln, zu beobachten. Das Gesamtergebnis war in dieser Form auch in Studie I zu beobachten.

Das Verhältnis zwischen den Sprachen Deutsch und Englisch, d.h. das Bemühen, die Inhalte ins Deutsch zu übertragen, stellt sich folgendermaßen dar:



**Abbildung 34:** Selbsteinschätzung zu „Ich versuchte alles ins Deutsche zu übersetzen.“

Hier ergibt sich für alle Gruppen ein gleichmäßiges Bild, welches zeigt, dass hier die Ansichten der Schüler gerade für die Gruppen RS-II und GYM-IIa sich an eine Normalverteilung annähern. Dies kann durchaus den normalen Englischkenntnissen innerhalb einer Klasse entsprechen. Es kann auch sein, dass hier die Wahl der Darstellungsformen, z.B. der Einsatz von Versuchsablaufskizzen, dazu führte, dass bei den Schülern das Bedürfnis nach Übersetzung nicht aufkam, da sie sich an einer bildlichen Darstellung orientieren konnten. Der Einsatz der Skizzen stellte für die Schüler nach eigener Einschätzung eine Hilfestellung dar, die das Verständnis erleichterte.



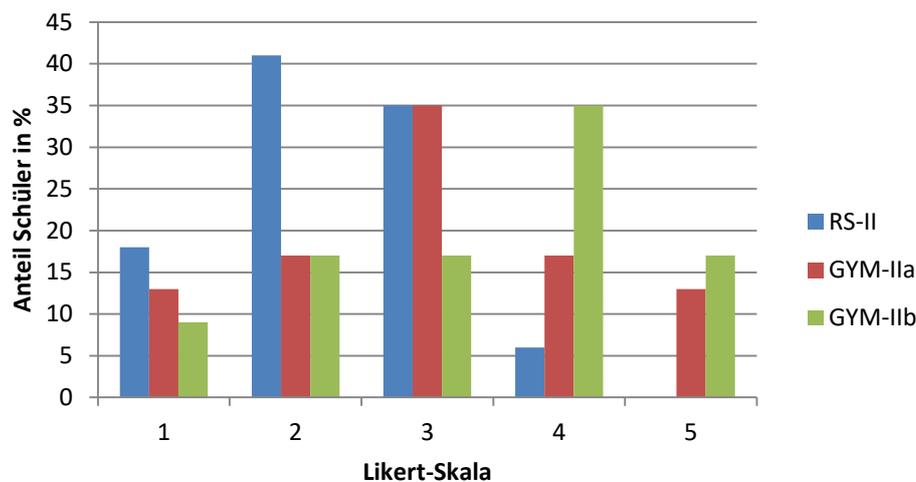
**Abbildung 35:** Selbsteinschätzung zum Einsatz von Versuchsskizzen zur Unterstützung des Sprachverständnisses

Vor allem die Gruppen RS-II und GYM-IIb bestätigen hier, dass die Skizzen zum Sprachverständnis hilfreich sind. In der Gruppe GYM-IIa stimmen etwa 40 % diesem nicht

zu. Dies kann einerseits daran liegen, dass die Skizzen das Verständnis nicht unterstützten und die Schüler trotzdem Schwierigkeiten mit den Versuchsdurchführungen hatten. Andererseits beurteilte über die Hälfte der Schüler dieser Klasse den BU nicht als schwieriger als den Regelunterricht. Es kann dadurch postuliert werden, dass der Chemieunterricht kein Problem darstellt und die Skizzen zur Durchführung der Experimente nicht benötigt werden oder der Unterricht ist generell zu schwer, so dass die Skizzen keine Hilfe darstellen. Aufgrund der Beteiligung der Schüler am Unterricht und der gut funktionierenden Umsetzung der Experimente erscheint die erste Vermutung zutreffender.

Die im Unterricht eingesetzten Versuchsablaufskizzen stellen eine sprachliche Entlastung dar, da sie durch die Verknüpfung Sprache - Bild - realer Gegenstand unterschiedliche Darstellungsformen verknüpfen, so dass die Schüler unterschiedliche Zugänge zu den Inhalten erhalten. Dies ist eine Möglichkeit das sprachliche und inhaltliche Lernen im BU zu unterstützen [28].

Bei der Selbsteinschätzung zum Fehlen von deutschen Fachbegriffen/Formeln gab es wie in Studie I ein heterogenes Bild, jedoch war es hier nicht innerhalb der Klassen gemischt, sondern es gab sich eine Trennung nach den einzelnen Klassen:

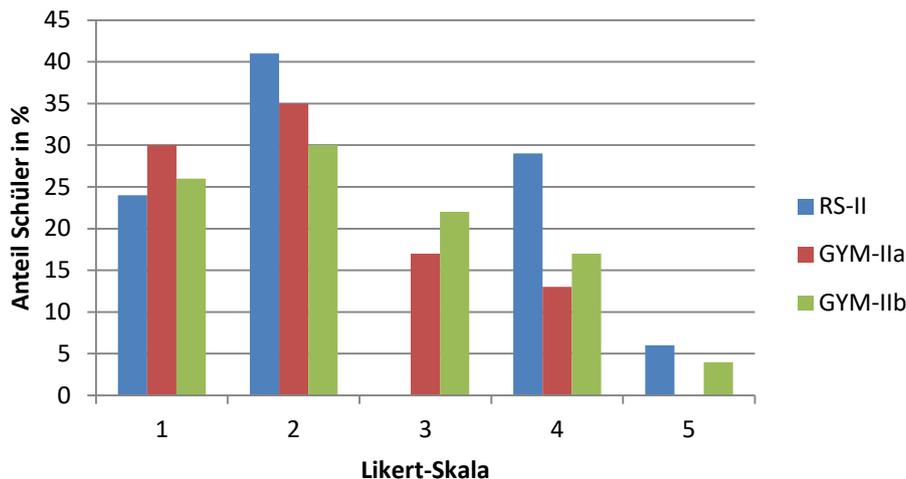


**Abbildung 36:** Selbsteinschätzung zum Fehlen von deutschen Fachbegriffen/Formeln

Während die Klasse RS-II meinte, dass keine oder wenig Begriffe auf Deutsch für sie persönlich fehlten, gaben in der Klasse GYM-IIb die Hälfte der Schüler an, dass ihnen die Begriffe fehlten. In der Klasse GYM-IIa ähnelt das Bild einer Normalverteilung, was durchaus der Erwartung entspricht, dass innerhalb der Klasse die sprachlichen fachlichen Fähigkeiten ebenso einer Normalverteilung folgen. In der Unterrichtsbeobachtung erschien Klasse GYM-IIb im Vergleich schwächer, dies kann durchaus dazu führen, dass sie sich auch schlechter einschätzten. Dies kann auch dazu geführt haben, dass ein Teil von Ihnen die Concept Map nicht ausfüllten, weil ihnen auch auf Deutsch die Begriffe

fehlten. Für die Einschätzung der Realschüler hingegen kann keine Erklärung für diese Selbsteinschätzung gefunden werden, da sich dies nicht mit den Unterrichtsbeobachtungen oder dem Ergebnis aus den Concept Maps deckt. Entweder überschätzen sich die Schüler oder sie verfügten durch ihren bisherigen Unterricht bereits über die notwendigen Kenntnisse, waren aber nicht motiviert genug, dies unter Beweis zu stellen.

Im Vergleich zu Studie I stellte die Verwendung der englischen Sprache kein so bedeutendes Hindernis für das Arbeiten mit Reaktionsgleichungen dar.

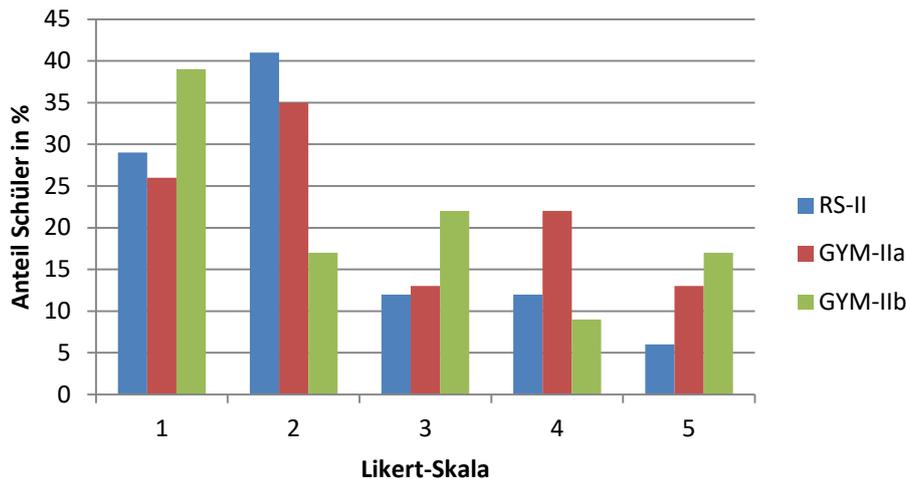


**Abbildung 37:** Selbsteinschätzung zu Schwierigkeiten bei Reaktionsgleichungen aufgrund der englischen Sprache

Insgesamt gaben hier in allen Klassen weniger Schüler an durch die englische Sprache mehr Schwierigkeiten im Umgang mit Reaktionsgleichungen zu haben. Dies kann durchaus sein, dass der Zugang zu den Gleichungen durch die Experimente erleichtert wurde. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass diese Frage keine Auskunft darüber gibt, wie gut die Schüler generell mit Reaktionsgleichungen zurechtkommen. Es kann jedoch, auch ausgehend von den Unterrichtsbeobachtungen, die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die englische Sprache den Zugang zu Reaktionsgleichungen nicht blockierte.

Die Frage nach der Notwendigkeit eines Namens zu jeder Formel ergab ein sehr ähnliches Bild wie in Studie I, daher werden die Ergebnisse hier nicht weiter dargestellt.

Der Aspekt des Ratens in einem deutschsprachigen Unterricht spielt, im Gegensatz zur ersten Studie, eine untergeordnete Rolle:



**Abbildung 38:** Selbsteinschätzung zum Raten in einem deutschsprachigen Unterricht

Rund ein Drittel aller Schüler würde von der Methode Gebrauch machen, wobei dies bei weniger Realschülern der Fall wäre. Da in diesem Studiendurchgang der Unterricht von vornherein teilweise kleinschrittiger gestaltet wurde, kann dieses Ergebnis bedeuten, dass die Schüler entweder dem Unterricht insgesamt besser folgen konnten, so dass sie keinen Unterschied zum Deutschen sahen und daher nicht die Notwendigkeit verspürten zu raten. Diese Kleinschrittigkeit kann ebenso dazu geführt haben, dass den Schülern dadurch die notwendigen Begriffe im Englischen zu Verfügungen standen, da die Menge derer eingegrenzt und jeweils situativ durch die Arbeitsmaterialien zur Verfügung standen.

## 6.7 Ergebnis Studie II

Die Ergebnisse, die in Studie I gewonnen werden konnten, sind in diesem zweiten Durchlauf bestätigt worden. Auch hier zeigte der BU sein Potential als Diagnoseinstrument. Auch wenn die Schüler den BU nicht unbedingt als schwieriger empfinden, so findet Sprachreflexion seitens der Schüler statt, die den Gesprächsverlauf ins Stocken bringen kann und daraufhin auf der Seite des Lehrers zur Analyse und Reflexion führt. Die Phasen, in denen ein Sprachwechsel zwischen Deutsch und Englisch stattfindet, führen bei vergleichender Betrachtung ebenfalls zu Einblicken in die kognitiven Fähigkeiten und die Kompetenzen der Schüler.

Es zeigte sich auch in dieser Studie, dass sich die Schüler gedanklich vornehmlich auf der konkreten Ebene der beobachtbaren Phänomene und verbalisierbaren Vorgänge bewegen. Der Einsatz von Versuchsablaufskizzen, die bildliche und verbale Darstellung verbinden, stellt eine Hilfestellung dar um fremdsprachliche Inhalte zu verstehen.

Der Übergang in die formale Ebene der Symboldarstellung stellt ein Hindernis dar. Durch die Verknüpfung der konkreten Messwerte und der Stöchiometrie innerhalb einer Reaktionsgleichung wurde den Schülern eine Brücke geschaffen, die den Übergang in die abstrakte Darstellung erleichterte. Es zeigte sich dennoch, dass die Schüler die Symboldarstellung nicht als sprachliche Universalie verwenden, sondern dass sie einen verbal darstellbaren Algorithmus benötigen, der ihnen den Zugang zu Reaktionsgleichungen erleichtert. Zusätzliche bildliche Darstellungen der Vorgänge auf Teilchenebene machen die Vorgänge für die Schüler begreifbar.

In der Selbsteinschätzung und in der Erstellung der Concept Maps unterscheiden sich die Realschüler von den Gymnasialschülern bezüglich der Beurteilung der Schwierigkeiten durch die Verwendung der Fremdsprache. Die englische Sprache stellt für sie keine größere Schwierigkeit dar, die Gymnasialschüler sehen dies etwas differenzierter und sagen aus, dass Fachbegriffe fehlten. Es kann durchaus sein, dass der Sprachwechsel ins Deutsche zur Festigung der fachlichen Inhalte, der in der Gruppe RS häufiger eingesetzt werden musste als in GYM-IIa, für die Schüler einen Ausgleich darstellte, so dass sie die Konzepte erarbeiten konnten und die englische Sprache für sie eine Nebensache darstellte.

In Bezug auf die fachliche Leistung konnte im Unterricht selbst kein wesentlicher Unterschied nicht ausgemacht werden. Es zeigte sich auch hier, dass der BU bei entsprechender sprachlicher Vorentlastung in den verschiedenen Schulformen durchführbar ist.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

Es konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass BU nicht nur zu verbesserten fremdsprachlichen Kenntnissen bei den Schülern führt, sondern durch Sprachreflexion und -analyse ein Diagnosewerkzeug darstellt. Schwierigkeiten, die die Schüler beim Konzepterwerb haben, werden besser deutlich gemacht als im Regelunterricht. Die Vermutung, die schon von mehreren Autoren geäußert wurde [3], dass BU zu einer vertieften Auseinandersetzung mit Sprache und daran gekoppelt auch mit fachlichen Inhalten führt, konnte einerseits durch die Beobachtungen im Unterricht und andererseits durch die Selbsteinschätzung der Schüler bestätigt werden.

Ein besonderes Augenmerk in der fachlichen Gesprächsanalyse kam dabei den Hinderungen im Gesprächsfluss während des Unterrichtsgesprächs zu. Es konnte festgestellt werden, dass die Gesprächsabbrüche in den meisten Fällen auf fachliche Mängel seitens der Schüler zurückzuführen sind und nicht auf fehlenden Wortschatz in der Fremdsprache. Den Schülern wurde bewusst, dass sie nicht über die fachlichen Kompetenzen verfügten um den Gedankengang abzuschließen. Strategien, die sie in dieser Situation normalerweise anwenden, standen ihnen durch die Fremdsprache nicht mehr zu Verfügung. Zu diesen Strategien gehören zum Einen das gegenseitige Aushelfen mit Vokabeln und zum Anderen das Raten der richtigen Lösung. Der Aspekt des Ratens wurde durch die Schüler im Unterrichtsgespräch und in der Selbsteinschätzung bestätigt. Der BU eröffnete in diesen Unterrichtsphasen Einblicke in die Kompetenzen der Schüler, die in der normalen Verkehrssprache Deutsch nicht möglich gewesen wären.

Der Sprachwechsel zwischen der Fremdsprache und der normalen Verkehrssprache in Gruppenarbeitsphasen stellt eine weitere Möglichkeit zur Diagnose dar. Es zeigte sich in diesen Phasen, dass sich die Schüler sprachlich an ihrer unmittelbaren Umgebung orientieren und dass Realien einen großen Einfluss auf den Sprachgebrauch haben. Es kam vor allem bei der Benennung von Stoffen und Fachbegriffen zu einer sprachlichen Durchmischung, die zeigte, dass die Schüler diese Begriffe den ihnen zur Verfügung stehenden Materialien, z.B. Etiketten, Arbeitsblätter, entnehmen und keine Anpassung an die von ihnen gesprochene Sprache vornehmen. In diesem Zusammenhang werden vor allem chemische Formeln nicht als sprachunabhängiges Bindeglied verstanden, da die Schüler die Formel nicht mit einem Namen verknüpfen, obwohl dies eine Kompetenzerwartung an sie darstellt [10], die zumindest im gymnasialen Bildungsgang am Ende der Klasse 9 erreicht werden sollte. In der Realschule sollte diese Kompetenzerwartung zum Ende der Progressionsstufe II, also am Ende der Klasse 10 erreicht werden [42].

Es zeigte sich, dass die Schüler beim Übergang in die Ebene der abstrakten Modellvorstellung, die mit der formalen Symboldarstellung einhergeht, Schwierigkeiten haben. Das Agieren auf der phänomenologischen Ebene gelingt ihnen bilingual, das Arbeiten mit Reaktionsgleichungen erkennen sie nicht als sprachunabhängige Möglichkeit, Inhalte zwischen den Sprachen zu übertragen. Sie verspüren das Bedürfnis, die fachlichen Inhalte, die sich hinter den Symbolen verbergen, zu verbalisieren. Nach eigener Aussage fällt ihnen das Arbeiten mit Reaktionsgleichungen auf Englisch schwerer, dies zeigt, dass sie diese nicht als sprachunabhängiges System verwenden. Hier zeigte der BU sein Potential als Diagnoseinstrument. Die Verknüpfung von Formelsprache und Verbalsprache sollte noch weiter untersucht werden, die Methode des *lauten Denkens* [67] stellt dazu eine Möglichkeit dar. Die hier verwendete Methode der

Gesprächsaufzeichnungen gibt nur einen limitierten Einblick, da hier die Ergebnisse der individuellen Denkprozesse innerhalb des Unterrichtsgesprächs erfasst werden konnten.

Die Verknüpfung mit einer konkreten Handlung, einem Experiment mit seinen Beobachtungen und Messwerten, stellt eine Brücke zwischen Phänomen und Formel dar. Dies konnte im zweiten Studiendurchlauf durch ein zusätzliches Experiment gezeigt werden. Der Transfer der zuvor gelernten fachlichen Inhalte wurde dadurch unterstützt. Interessant wäre hier die Frage nach einem direkten Vergleich zwischen einer rein deutschsprachigen und einer bilingual unterrichteten Klasse. Der Einfluss der Unterrichtssprache auf den Umgang mit der Formelschreibweise stellt ein Forschungsdesiderat dar, welches es noch zu untersuchen gilt.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Schulformen Gymnasium und Realschule konnte nicht festgestellt werden. Da sich die Schüler aller Klassen sowohl in Englisch als auch in Chemie entsprechend der Kernlehrpläne in der Progressionsstufe II befanden, war dies auch nicht erwartet worden. Es zeigte sich, dass BU in unterschiedlichen Schulformen durchgeführt werden kann, wenn die entsprechende sprachliche Vorentlastung gegeben ist. In dieser Studie waren die sprachlichen Hilfsmittel für alle Klassen gleich. Der Unterschied zwischen den Schulformen lässt sich demnach eher in niedrigeren Klassen untersuchen.

Es zeigte sich in dieser qualitativen Betrachtung, dass die Vorbildung und der Lehrer einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben. Die insgesamt sechs betrachteten Klassen zeigten jeweils ein individuelles Verhalten in Bezug auf sprachliche und fachliche Leistungsfähigkeit. Auch das soziale Gefüge hatte einen Einfluss auf die Ergebnisse in Gruppenarbeitsphasen. Eine statistisch belastbare Quantifizierung der Ergebnisse kann daher nicht vorgenommen werden, dies war auch nicht die Intention dieser Arbeit.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass der BU Chemie viele Möglichkeiten enthält. Neben der reinen Vermittlung der naturwissenschaftlichen Lingua Franca Englisch zur Qualifizierung der Schüler innerhalb einer umfassenden naturwissenschaftlichen Grundbildung stellt der BU eine Reihe von Ansatzmöglichkeiten für den Lehrer dar, die kognitiven Strategien und Kompetenzen der Schüler zu untersuchen. Die Tauglichkeit des BU als Diagnoseinstrument konnte gezeigt werden. Der BU Chemie stellt eine Bereicherung für den naturwissenschaftlichen Unterricht dar. Er sollte daher in seiner Rolle gestärkt werden. Die Durchführung in modularer Form, die jeder Lehrkraft freisteht, stellt einen Ansatz dar, den BU Chemie im Unterricht zu etablieren. Die Entwicklung von geeigneten Materialien, die die Verknüpfung zwischen figurativer und formaler Ebene durch experimentorientierten Unterricht unterstützen, sollte weiter vorangetrieben werden.

## 8 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Darstellung der Dimensionen innerhalb des 4Cs framework [[4], p. 41] .....	5
<b>Abbildung 2:</b> Schülerexperiment in Kleingruppen mit resultierendem Sprachwechsel....	20
<b>Abbildung 3:</b> Übersicht über die Lage der bei der Sprache involvierten Hirnareale [40, p. 542] .....	25
<b>Abbildung 4:</b> Modulare Darstellung des Denkprozesses nach dem ACT-Modell [44] .....	29
<b>Abbildung 5:</b> Modellvorstellung zur Sprachkompetenz und -performanz [46] .....	32
<b>Abbildung 6:</b> Modell für den Zusammenhang zwischen Denken und Sprechen .....	34
<b>Abbildung 7:</b> Die drei Formen der Chemie nach Johnstone [60] .....	41
<b>Abbildung 8:</b> Symbolisierungsformen im naturwissenschaftlichen Unterricht [66, p. 153] .....	46
<b>Abbildung 9:</b> Abstraktionsebenen in der Chemie nach Leisen [56].....	47
<b>Abbildung 10:</b> Prozess der Konzeptbildung nach Bonnet [2].....	48
<b>Abbildung 11:</b> Übersicht über eingesetzte Forschungsinstrumente.....	63
<b>Abbildung 12:</b> Beispiel einer Proposition innerhalb einer Concept Map .....	64
<b>Abbildung 13:</b> Beispiel für eine Proposition mit pH-Wert als verbindenden Begriff .....	78
<b>Abbildung 14:</b> Verlaufsskizze zur Einführung der Neutralisation .....	83
<b>Abbildung 15:</b> Tafelbild Neutralisation als exotherme Reaktion.....	96
<b>Abbildung 16:</b> Tafelbild Zusammenfassung Neutralisation.....	101
<b>Abbildung 17:</b> Tafelbild zur Neutralisation im Kugelteilchenmodell.....	105
<b>Abbildung 18:</b> „Bruchstelle“ innerhalb der Abstraktionsstufen [56] .....	106
<b>Abbildung 19:</b> Selbsteinschätzung „Der Unterricht war auf Englisch viel schwieriger als auf Deutsch“ .....	114
<b>Abbildung 20:</b> Selbsteinschätzung "Ich habe durch die englische Sprache mehr über das, was ich sagen will, nachdenken müssen." .....	115
<b>Abbildung 21:</b> Selbsteinschätzung „Ich versuchte alles ins Deutsche zu übersetzen.“ .....	115
<b>Abbildung 22:</b> Selbsteinschätzung „Bei Fachbegriffen/Formeln fehlten mir oft die deutschen Begriffe.“ .....	116

<b>Abbildung 23:</b> Selbsteinschätzung „Reaktionsgleichungen machten mir auf Englisch mehr Probleme als auf Deutsch.“ .....	117
<b>Abbildung 24:</b> Selbsteinschätzung „Ich will mir Formeln immer in ein Wort/einen Namen übersetzen.“ .....	117
<b>Abbildung 25:</b> Selbsteinschätzung „Wäre der Unterricht auf Deutsch gewesen, hätte ich öfter versucht, die richtige Antwort zu raten.“ .....	118
<b>Abbildung 26:</b> Selbsteinschätzung „Der BU zeigte mir, dass mir manchmal auch auf Deutsch das passende Wort fehlt.“ .....	119
<b>Abbildung 27:</b> Säuren vor der Neutralisation (von links nach rechts: $\text{HNO}_3$ (aq), $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq), $\text{H}_3\text{Cit}$ (aq)) .....	131
<b>Abbildung 28:</b> Säuren nach der Neutralisation (von links nach rechts: $\text{HNO}_3$ (aq), $\text{H}_2\text{SO}_4$ (aq), $\text{H}_3\text{Cit}$ (aq)) .....	131
<b>Abbildung 29:</b> Proposition zur Vernetzung von Säuren mit $\text{H}^+$ -Ionen .....	141
<b>Abbildung 30:</b> Tafelbild zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren .....	151
<b>Abbildung 31 :</b> Selbsteinschätzung zum Schwierigkeitsgrad des BU .....	160
<b>Abbildung 32:</b> Selbsteinschätzung zur eigenen Sprachreflexion .....	161
<b>Abbildung 33:</b> Selbsteinschätzung zur Offenlegung persönlicher fachlicher Mängel durch den BU .....	161
<b>Abbildung 34:</b> Selbsteinschätzung zu „Ich versuchte alles ins Deutsche zu übersetzen.“ .....	162
<b>Abbildung 35:</b> Selbsteinschätzung zum Einsatz von Versuchsskizzen zur Unterstützung des Sprachverständnisses .....	162
<b>Abbildung 36:</b> Selbsteinschätzung zum Fehlen von deutschen Fachbegriffen/Formeln	163
<b>Abbildung 37:</b> Selbsteinschätzung zu Schwierigkeiten bei Reaktionsgleichungen aufgrund der englischen Sprache .....	164
<b>Abbildung 38:</b> Selbsteinschätzung zum Raten in einem deutschsprachigen Unterricht	165

## 9 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Dimensionen im CLIL-Konzept und ihre Bedeutung im Unterricht [4] .....	6
<b>Tabelle 2:</b> Ausgewählte Säuren, Trivialnamen und vereinfachte Formelschreibweise.....	40
<b>Tabelle 3:</b> Grammatische Besonderheiten in der Fachsprache Chemie .....	44
<b>Tabelle 4:</b> Grammatische Elemente und ihre Bedeutung für den BU .....	52
<b>Tabelle 5:</b> Wortfelder und ihre Bedeutung für den BU Chemie.....	53
<b>Tabelle 6:</b> Beispiele für schriftsprachliche Nähe, aber unterschiedliche Aussprache.....	54
<b>Tabelle 7:</b> Sprachstrategien und ihre Bedeutung im BU Chemie.....	55
<b>Tabelle 8:</b> Sprachliche Voraussetzungen und die Umsetzung im Englischunterricht.....	57
<b>Tabelle 9:</b> Vergleich der fachlichen Konzepte innerhalb der Vorgaben durch den KLP ...	60
<b>Tabelle 10:</b> Übersicht über die ausgewählten Klassen.....	61
<b>Tabelle 11:</b> Transkriptionszeichen nach GAT.....	64
<b>Tabelle 12:</b> Concept Maps vor und nach dem BU im Vergleich.....	65
<b>Tabelle 13:</b> Verlauf Unterrichtsreihe Studie I.....	69
<b>Tabelle 14:</b> Übersicht bekannte Säuren für alle untersuchten Klassen.....	72
<b>Tabelle 15:</b> Ergebnisse Concept Map nach der Hospitationsphase.....	76
<b>Tabelle 16:</b> Zentrale Begriffe zur Verbindung der Concept Maps Säure und Lauge .....	77
<b>Tabelle 17:</b> Übersicht Vorarbeiten.....	80
<b>Tabelle 18:</b> Verlaufsplanung 1. Stunde .....	81
<b>Tabelle 19:</b> Erwartete Versuchsbeobachtungen zum Einstiegsexperiment .....	82
<b>Tabelle 20:</b> Tafelbild zur Versuchsbeobachtung.....	86
<b>Tabelle 21:</b> Verlaufsplanung 2. Stunde .....	87
<b>Tabelle 22:</b> Verlaufsplanung 3. Stunde .....	92
<b>Tabelle 23:</b> Verlaufsplanung 4. Stunde .....	100
<b>Tabelle 24:</b> Verlaufsplanung 5. Stunde .....	108
<b>Tabelle 25:</b> Auswertung der Concept Maps zum Zentralbegriff Neutralisation .....	111
<b>Tabelle 26:</b> Teilnehmende Klassen an Studie II .....	129
<b>Tabelle 27:</b> Beobachtungen zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren .....	130
	171

<b>Tabelle 28:</b> pKs-Werte der verwendeten Säuren.....	132
<b>Tabelle 29:</b> Übersicht Verlauf Unterrichtsreihe Studie II .....	135
<b>Tabelle 30:</b> Ergebnisse Concept Maps nach der Hospitationsphase Studie II.....	140
<b>Tabelle 31:</b> Übersicht über zentrale Begriffe zur Verbindung der Concept Maps.....	141
<b>Tabelle 32:</b> Ausschnitt aus der Unterrichtsplanung 1. Stunde .....	143
<b>Tabelle 33:</b> Verlaufsplanung Studie II, 4. Stunde .....	151
<b>Tabelle 34:</b> Verbrauch an NaOH zur Neutralisation verschiedener Säuren .....	152
<b>Tabelle 35:</b> Auswertung Concept Maps zum Zentralbegriff Neutralisation .....	158
<b>Tabelle 36:</b> Stundenverlauf Vorarbeiten.....	183
<b>Tabelle 37:</b> Stundenverlauf 1. Stunde .....	183
<b>Tabelle 38:</b> Stundenverlauf 2. Stunde .....	184
<b>Tabelle 39:</b> Stundenverlauf 3. Stunde .....	184
<b>Tabelle 40:</b> Stundenverlauf 4. Stunde .....	185
<b>Tabelle 41:</b> Stundenverlauf 5. Stunde .....	186
<b>Tabelle 42:</b> Stundenverlauf 6. Stunde .....	186
<b>Tabelle 43:</b> Stundenverlauf zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren .....	192

## 10 Literaturverzeichnis

- [1] KMK, „Konzepte für den bilingualen Unterricht - Erfahrungsbericht und Vorschläge zur Weiterentwicklung,“ **2013**,  
[http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2013/201\\_10\\_17-Konzepte-\\_bilingualer-\\_Unterricht.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2013/201_10_17-Konzepte-_bilingualer-_Unterricht.pdf). [Zugriff am 22. Mai 2017].
- [2] A. Bonnet, Chemie im bilingualen Unterricht: Kompetenzerwerb durch Interaktion, Opladen, Leske + Budrich, **2004**.
- [3] A. Bonnet, „Naturwissenschaften im bilingualen Sachfachunterricht: Border Crossings,“ in *Handlungsorientierung und Mehrsprachigkeit*, Frankfurt/Main, Peter Lang, **2000**, pp. 149-160.
- [4] D. Coyle, P. Hood und D. Marsh, Content and Language Integrated Learning, Cambridge, Cambridge University Press, **2010**.
- [5] A. a. C. E. A. Education, „Key Data on Teaching Languages at School in Europe,“ **2012**,  
[http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/key\\_data\\_series/143en.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/key_data_series/143en.pdf). [Zugriff am 24. Mai 2017].
- [6] Europäisches Parlament, „Sprachenpolitik,“  
[http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/de/FTU\\_5.13.6.pdf](http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/de/FTU_5.13.6.pdf). [Zugriff am 1. März 2017].
- [7] MSW-NRW, „Bilingualer Unterricht in Nordrhein-Westfalen,“  
<https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Unterricht/Lernbereiche-und-Faecher/Fremdsprachen/Bilingualer-Unterricht/index.html>. [Zugriff am 24. Mai 2017].
- [8] W. Biederstädt, Bilingual unterrichten - Englisch für alle Fächer, Berlin, Cornelsen Scriptor, **2013**.
- [9] I. Christ, „Bilingualer Unterricht in Deutschland - Strukturen, Entwicklungen, Perspektiven,“ in *Bilingualer Unterricht in Deutschland und Spanien*, W. Altmann, Hrsg., Berlin, Walter Frey, **2004**, pp. 11-40.
- [10] MSW-NRW, „Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein Westfalen Chemie,“ **2008**,  
[http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/gymnasium\\_g8/gym8\\_chemie.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_chemie.pdf). [Zugriff am 16. Mai 2017].
- [11] MSW-NRW, „Handreichung Biologie deutsch-englisch in der Sekundarstufe I,“ **2012**,  
[http://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/bilingualer\\_Unterricht/documents/HR\\_BU\\_BioE\\_Sekl\\_0912.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/bilingualer_Unterricht/documents/HR_BU_BioE_Sekl_0912.pdf). [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [12] Goethe-Institut, „Gemeinsamer europäischer Referenzrahmen für Sprachen: Lernen, lehren, beurteilen,“ <http://www.goethe.de/Z/50/commeuro/i1.htm>. [Zugriff am 19. Februar 2017].
- [13] H.-L. Krechel, „Bilingual Modules,“ in *Praxis des bilingualen Unterrichts*, M. Wildhage und E. Otten, Hrsg., Berlin, Cornelsen Scriptor, **2003**, pp. 194-216.
- [14] C. Bohrmann-Linde, „Chemie,“ in *Handbuch Bilingualer Unterricht*, Seelze, Kallmeyer/Klett, **2013**, pp. 295-302.
- [15] E. Otten und M. Wildhage, Praxis des bilingualen Unterrichts, 3. Auflage Hrsg., Berlin: Cornelsen, 2009.
- [16] H. Decke-Cornill und L. Küster, Fremdsprachendidaktik - Eine Einführung, Tübingen, Narr, **2010**.
- [17] M. Klingauf, „Chemie als bilinguales Sachfach - Chancen und Ziele,“ in *Bilingual unterrichten - Englisch für alle Fächer*, Berlin, Cornelsen Scriptor, **2013**, pp. 115-127.

- [18] J. Falbe und M. Regitz, Hrsg., Römpp Kompakt Basislexikon Chemie, Stuttgart, Thieme, **1998**.
- [19] M. Tausch und M. von Wachtendonk, Chemie 2000+ Sekundarstufe I, Bamberg, C.C. Buchner, **2010**.
- [20] A. Koch, „Bilingualer naturwissenschaftlicher Unterricht: Entwicklung - Erprobung - Evaluation,“ **2005**,  
[http://macau.unikel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation\\_derivate\\_00001531/d1531.pdf](http://macau.unikel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00001531/d1531.pdf);  
[Zugriff am 28. Mai 2017].
- [21] C. Bohrman-Linde und T. Köhne, „You can't - was heißt trennen? - these particles´ und es geht doch: bilingualer Chemieunterricht,“ *Praxis der Naturwissenschaften-Chemie in der Schule*, Bd. 59 (7), **2010**, pp. 45-48.
- [22] A. Hegerfeldt, „Die Fremdsprache im Anfangsunterricht Chemie,“ *Praxis Fremdsprachenunterricht*, **2006** (6), pp. 36-41,.
- [23] M. Klingauf, „Chemie auf Englisch: Bilingualer Unterricht in einem ungewöhnlichen Sachfach,“ in *Bilingualer Unterricht*, C. Finkbeiner, Hrsg., Hannover, Schroedel, **2002**, pp. 48-61.
- [24] A. Bonnet, „CLIL im Fach Chemie - Wachsende Orchidee und Motor der Integration,“ in *Bilingualen Unterricht weiterdenken*, Frankfurt/Main, Peter Lang, **2012**, pp. 201-218.
- [25] A. Bonnet, „Can I have Klebeband?“ Handlungsorientierung des bilingualen Unterrichts im Fach Chemie,“ *Englisch*, Bd. 33 (4), **1998**, pp. 122-139.
- [26] A. Bonnet, „Begriffliches Lernen im bilingualen Unterricht Chemie,“ *Englisch*, Bd. 34 (1), **1999**, pp. 3-8.
- [27] D. Höttecke, „Zur pädagogischen Dimension des Physikunterrichts,“ in *Didaktiken im Dialog*, A. Bonnet und S. Breidbach, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2004**, pp. 265-276.
- [28] C. Bohrman-Linde, „Sprachwechsel und Wechsel der Darstellungsformen im Chemieunterricht,“ in *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln und erforschen*, B. Diehr, A. Preisfeld und L. Schmelter, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2016**, pp. 165-182.
- [29] H. Geller, *Vergleichende Betrachtungen zur Durchführung derselben Unterrichtssequenz im Chemieunterricht in zwei verschiedenen Klassen der Stufe 10 mit Deutsch bzw. Englisch als Unterrichtssprache*, Leverkusen: unveröffentlicht, **2001**.
- [30] C. Bohrman-Linde, „Auf dem Weg zu einer Fachdidaktik Bilingualer Chemieunterricht,“ in *Bilingualer Unterricht weiterdenken: Programme, Positionen, Perspektiven*, B. Diehr und L. Schmelter, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2012**, pp. 183-200.
- [31] W. Hallet, „Sprachliches Lernen im BU,“ *Der fremdsprachliche Unterricht Englisch*, Bd. 78, **2005**, p. 13.
- [32] W. von Humboldt, *Schriften zur Sprachphilosophie*, Bd. 3, A. Flitner und K. Giel, Hrsg., Darmstadt, Wiss. Buchgesellschaft, **1963**.
- [33] D. Crystal, *Die Cambridge Enzyklopädie der Sprache*, Darmstadt, Wiss. Buchgesellschaft, **1993**.
- [34] D. Dörner, „Sprache und Denken,“ in *Denken und Problemlösen*, Göttingen, Hogrefe, **2005**, pp. 619-646.
- [35] G. Deutscher, *Through the Language Glass - Why the World Looks Different in Other Languages*, London, Random House, **2010**.
- [36] G. Orwell, *Nineteen eighty-four*, Oxford, Clarendon, **1984**.
- [37] S. Pinker, *Der Sprachinstinkt*, München, Knauer, **1996**.

- [38] D. Crystal, *How Language Works*, London, Penguin, **2006**.
- [39] S. Beller und A. Bender, *Allgemeine Psychologie - Denken und Sprache*, Göttingen, Hogrefe, **2010**.
- [40] R. Schandry, *Biologische Psychologie*, Weinheim, Beltz, **2006**.
- [41] C. Bartl und D. Dörner, „Sprachlos beim Denken,“ *Sprache und Kognition*, Bd. 17, **1998**, pp. 224-230.
- [42] MSW-NRW, „Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen Chemie,“ **2011**.  
[http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\\_SI/RS/Chemie/KLP\\_RS\\_CH.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/RS/Chemie/KLP_RS_CH.pdf).  
[Zugriff am 27. Mai 2017].
- [43] G. Dux, *Die Evolution der humanen Lebensform als geistige Lebensform - Handeln, Denken, Sprechen*, Wiesbaden, Springer VS, **2017**.
- [44] J. R. Anderson, „Human Symbol Manipulation Within an Integrated Cognitive Architecture,“ *Cognitive Science*, Bd. 29, **2005**, pp. 313-341.
- [45] A. R. Lurija, *Das Gehirn in Aktion - Einführung in die Neuropsychologie*, Hamburg, Rowohlt, **1992**.
- [46] N. Chomsky, *Aspects of the Theory of Syntax*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, **1965**.
- [47] P. Ibbotson und M. Tomasello, „Ein neues Bild der Sprache,“ *Spektrum der Wissenschaft*, Bd. 3, **2017**, pp. 12-17.
- [48] A. Bonnet, „Kompetenz durch Bedingungs-aushandlung - Ein integratives Modell für Bildung und sachfachliches Lernen im bilingualen Unterricht,“ in *Didaktiken im Dialog*, A. Bonnet und S. Breidbach, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2004**, pp. 115-126.
- [49] L. S. Vygotskij, *Denken und Sprechen*, Weinheim, Beltz, **1934/2002**.
- [50] J. Piaget und B. Inhelder, *The Psychology of the Child*, London, Routledge, **1969**.
- [51] B. Diehr, „What's in a name? Terminologische, typologische und programmatische Überlegungen zum Verhältnis der Sprachen im Bilingualen Unterricht,“ in *Bilingualen Unterricht weiterdenken*, Frankfurt/Main, Peter Lang, **2012**, pp. 17-36.
- [52] W. Butzkamm, „Über die planvolle Mitbenutzung der Muttersprache im bilingualen Sachfachunterricht,“ in *Bilingualer Unterricht. Grundlagen, Methoden, Praxis*, Frankfurt/Main, Peter Lang, **2000**, pp. 97-113.
- [53] J. Wellington und J. Osborne, *Language and Literacy in Science Education*, Buckingham, Open University Press, **2001**.
- [54] C. F. von Weizsäcker, *Die Einheit der Natur*, München, Carl Hanser, **1972**.
- [55] J. Cummings, „Conversational and academic language proficiency in bilingual contexts,“ in *Reading in two languages - AILA Review 8*, ABlasterdam, Haveka B.V., **1991**, pp. 75-89.
- [56] J. Leisen, *Handbuch Sprachförderung im Fach - Grundlagenteil*, Stuttgart, Ernst Klett, **2013**.
- [57] L. Selinker, „Interlanguage,“ *International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, Bd. 3, **1972**, pp. 209-231.
- [58] G. Merzyn, „Sprache und Chemie lernen,“ *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 106/107, **2008**, pp. 94-97.
- [59] P. Pfeifer, K. Häusler und B. Lutz, *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, München, Oldenbourg, **1997**.

- [60] A. H. Johnstone, „Teaching of Chemistry - Logical or Psychological?“, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, **2000**, pp. 9-15.
- [61] W. Hallet, „Scientific Literacy und Bilingualer Sachfachunterricht,“ *Fremdsprachen Lernen und Lehren*, 36, **2007**, pp. 95-110.
- [62] KMK Deutschland, Hrsg., Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, München, Luchterhand, **2004**.
- [63] R. Pastille und C. Bolte, „Spracharbeit - die andere Seite des naturwissenschaftlichen Unterrichts,“ in *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik*, D. Höttecke, Hrsg., Berlin, LIT Verlag, **2009**, pp. 131-133.
- [64] MSW-NRW, „Förderung der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern-Empfehlungen,“ **1999**, [http://www.zfsl-hagen.nrw.de/Seminar\\_GyGe/Seminarmaterialien/Materialien/Foerderung-in-der-deutschen-Sprache-als-Aufgabe-des-Unterrichts-in-allen-Faechern.pdf](http://www.zfsl-hagen.nrw.de/Seminar_GyGe/Seminarmaterialien/Materialien/Foerderung-in-der-deutschen-Sprache-als-Aufgabe-des-Unterrichts-in-allen-Faechern.pdf). [Zugriff am 20. März 2017].
- [65] F. A. W. Diesterweg, Diesterweg's Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer, 5. Auflage, Diesterwegstiftung, Hrsg., Essen, Bädeker, **1873**.
- [66] J. Leisen, „Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht,“ in *Handbuch Bilingualer Unterricht*, Seelze, Klett/Kallmeyer, **2013**, pp. 152-160.
- [67] L. Heine und K. Schramm, „Lauter Denken in der Fremdsprachenforschung: Eine Handreichung für die empirische Praxis,“ in *Synergieeffekte in der Fremdsprachenforschung*, H. J. Vollmer, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2007**, pp. 167-206.
- [68] MSW-NRW, „Kernlehrplan für den verkürzten Bildungsgang des Gymnasiums - Sekundarstufe I (G8): Englisch,“ **2007**, [http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/gymnasium\\_g8/gym8\\_englisch.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/gymnasium_g8/gym8_englisch.pdf). [Zugriff am 15. Mai 2017].
- [69] MSW-NRW, „Kernlehrplan für die Realschule Nordrhein Westfalen Englisch,“ **2004**, [http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\\_download/realschule/rs\\_englisch.pdf](http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene_download/realschule/rs_englisch.pdf). [Zugriff am 17. Mai 2017].
- [70] H. Schwarz und W. Biederstädt, Hrsg., Englisch G21, Bde. B1 - B6, Berlin, Cornelsen, **2006**.
- [71] P. Hanus, S. Wauer, P. Zocholl und P. Ellis, Hrsg., Camden Town für Gymnasium, Bde. 1 - 6, Braunschweig, Diesterweg, **2005**.
- [72] E. Thürmann, „Zur Konstruktion von Sprachgerüsten im bilingualen Sachfachunterricht,“ in *Bilingualer Sachfachunterricht in der Sekundarstufe*, S. Doff, Hrsg., Tübingen, Narr, **2010**, pp. 137-153.
- [73] H. Geller, „Gesprächsanalyse im biligualen, englischsprachigen Chemieunterricht als Diagnosemöglichkeit für kognitive Prozesse,“ in *Bilingualen Unterricht weiterentwickeln*, Frankfurt/Main, Peter Lang, **2016**, pp. 183-200.
- [74] MSW- NRW, „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht an allgemeinbildenden Schulen in Nordrhein-Westfalen (RISU-NRW),“ **2014**, <http://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/nutzersicht/getFile.php?id=3194>. [Zugriff am 19. Mai 2017].
- [75] A. Deppermann, Gespräche analysieren, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, **2008**.
- [76] I. Stracke, Einsatz computerbasierte Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie, Münster, Waxmann, **2004**.

- [77] A. Koch und W. Bündler, „Fachbezogener Wissenserwerb im bilingualen naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht,“ *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, **2006**, pp. 67-76.
- [78] N. Greenwood und A. Earnshaw, Chemie der Elemente, Weinheim, VCH, **1988**.
- [79] M. Weidner, Kooperatives Lernen im Unterricht, Seelze, Kallmeyer, **2003**.
- [80] J. P. Timm, Hrsg., Englisch lehren und lernen, Berlin, Cornelsen, **1998**.
- [81] O-H-G Dinslaken, <http://www.ohg-dinslaken.de/konzepte/bilingualer-zweig/> [Zugriff am 15. Mai 2017].
- [82] A. Ender, „Wortschatz beim Lernen von Fremdsprachen - neue Wörter und neue Konzepte,“ in *Sprachen lernen - Lernen durch Sprache*, F. Bättig und A. Tanner, Hrsg., Zürich, Seismo, **2010**, pp. 66-76.
- [83] H. J. Vollmer, „Förderung des Spracherwerbs im bilingualen Sachfachunterricht,“ in *Bilingualer Unterricht*, 5. Auflage Hrsg., G. Bach und S. Niemeier, Hrsg., Frankfurt/Main, Peter Lang, **2010**, pp. 131-150.
- [84] T. Brown, H. E. LeMay, B. Burstein und C. Murphy, Chemie für die gymnasiale Oberstufe, Halbergmoos, Pearson, **2013**.
- [85] C. E. Mortimer und U. Müller, Chemie, 11. Auflage Hrsg., Stuttgart, Thieme, **2014**.
- [86] F. Küster und A. Thiel, Rechentafeln für die chemische Analytik, 103. Auflage, Berlin, de Gruyter, **1985**.
- [87] DGUV, „GESTIS-Stoffdatenbank,“ <http://www.dguv.de/ifa%3B/gestis/gestis-stoffdatenbank/index.jsp>. [Zugriff am 26. April 2017].

## 11 Anhang

### 11.1 Concept Maps

#### 11.1.1 Arbeitsblatt zum Erstellen einer Concept Map

##### Lernstrategien: Concept Maps

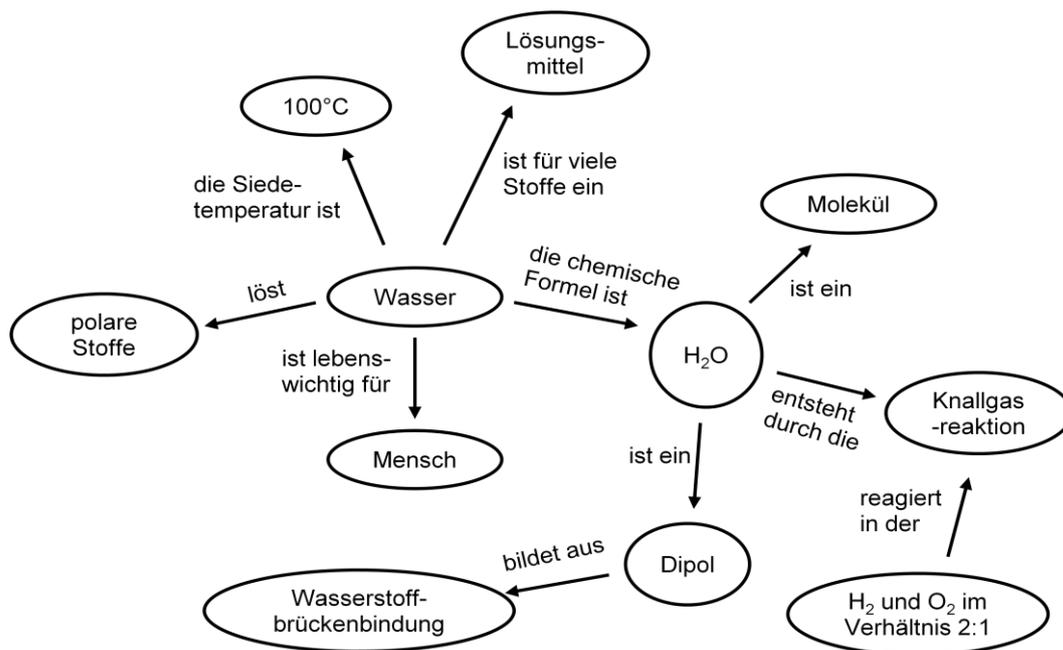
Concept Maps sind Begriffslandkarten zu einem gewählten Thema. Sie tragen mehr inhaltliche Informationen als Mind Maps, da sie hier nicht nur Begriffe zu einem Thema sammeln, sondern auch darstellen, wie diese Begriffe miteinander in Beziehung stehen.

In einer Concept Map werden Begriffe durch einen Pfeil miteinander verbunden. Die Pfeile werden durch Beschreibungen ergänzt. So entstehen Propositionen, d.h. jeweils zwei Begriffe, die durch eine Beschreibung miteinander verknüpft sind. Es wird immer Auskunft darüber gegeben, was die Begriffe verbindet.

##### Erstellen einer Concept Map:

1. Wichtige Begriffe zu einem Zentralbegriff werden gesammelt
2. Die Begriffe werden um den Zentralbegriff angeordnet. Miteinander verwandte Begriffe sollten dabei räumlich nah aneinander positioniert werden.
3. Auf einem Pfeil wird notiert, wie die Begriffe miteinander verknüpft sind.

Beispiel für den Zentralbegriff *Wasser*:



### 11.1.2 Beispiele für Concept Maps nach der Hospitationsphase

Code: B110

Aufgabe: Erstelle zwei Concept Maps, die sich jeweils um die zentralen Begriffe „Säure“ und „Lauge“ aufbauen!

a) Verwende folgende Begriffe:  
 Salzsäure – Natronlauge – Ionen – pH-Wert – Indikator – Wasserstoff – Hydroxid  
 Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.

b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.

c) Kannst Du einen zentralen Begriff finden, mit dem man die Concept Maps verbinden kann?

Code: V111

Aufgabe: Erstelle zwei Concept Maps, die sich jeweils um die zentralen Begriffe „Säure“ und „Lauge“ aufbauen!

a) Verwende folgende Begriffe:  
 Salzsäure – Natronlauge – Ionen – pH-Wert – Indikator – Wasserstoff – Hydroxid  
 Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.

b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.

c) Kannst Du einen zentralen Begriff finden, mit dem man die Concept Maps verbinden kann?

Code: P 2 1 0

**Aufgabe:** Erstelle zwei Concept Maps, die sich jeweils um die zentralen Begriffe „Säure“ und „Lauge“ aufbauen!

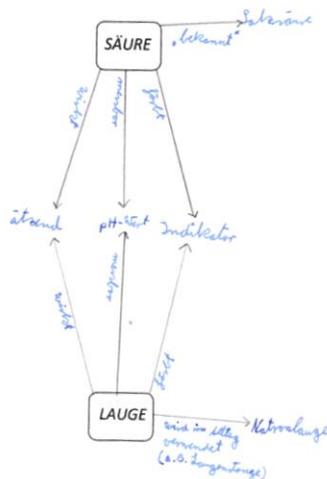
a) Verwende folgende Begriffe:

Salzsäure – Natronlauge – Ionen – pH-Wert – Indikator – Wasserstoff – Hydroxid

Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.

b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.

c) Kannst Du einen zentralen Begriff finden, mit dem man die Concept Maps verbinden kann?



Code: P 0 0 0

**Aufgabe:** Erstelle zwei Concept Maps, die sich jeweils um die zentralen Begriffe „Säure“ und „Lauge“ aufbauen!

a) Verwende folgende Begriffe:

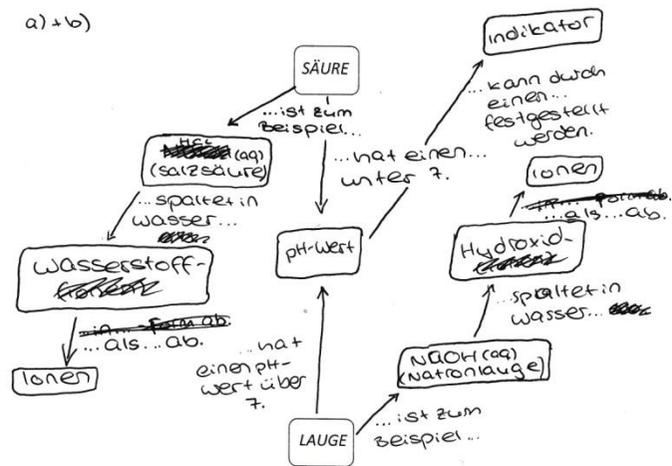
Salzsäure – Natronlauge – Ionen – pH-Wert – Indikator – Wasserstoff – Hydroxid  
 säure lauge wasser wasser säure lauge  
 Du kannst noch weitere Begriffe hinzufügen.

b) Verbinde die Begriffe mit Pfeilen, die du mit der jeweiligen Verknüpfung beschriftest.

c) Kannst Du einen zentralen Begriff finden, mit dem man die Concept Maps verbinden kann?

↳ pH-Wert

a) + b)



11.1.3 Beispiele für Concept Maps nach dem BU

(9d)

Code: A102

Make a concept map for the central term „neutralisation“.

You can use any word you want. If you don't know an English term, use the German word.

The handwritten concept map for 'NEUTRALISATION' is centered on a box labeled 'NEUTRALISATION'. It branches out into several concepts:

- Acid:** A box labeled 'acid' is connected to 'NEUTRALISATION'. It further branches into 'pH = under 7' (with 'Spitzer' written above it) and 'pH = over 7' (with 'spitzsüß' written next to it). A box labeled 'alkaline' is also connected to 'pH = over 7'.
- Water:** A box labeled 'water' is connected to 'NEUTRALISATION'.
- Neutralization Process:** A box labeled 'in the mixture' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'correct' and 'you can make salt with them'.
- Neutralization Reaction:** A box labeled 'has a' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'COOK WITH a mixture of an alkaline and an acid you could COOK'.
- Properties:** A box labeled 'is not' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'conductive' and 'water'. A box labeled 'you can drink' is also connected to 'NEUTRALISATION'.

Code: P112

Make a concept map for the central term „neutralisation“.

You can use any word you want. If you don't know an English term, use the German word.

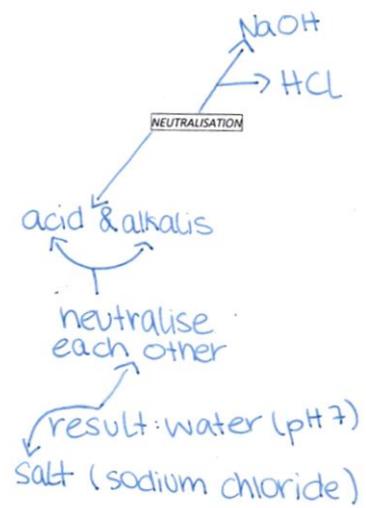
The handwritten concept map for 'NEUTRALISATION' is centered on a box labeled 'NEUTRALISATION'. It branches out into several concepts:

- Acids:** A box labeled 'acids > 7' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'Indicator orange / yellow' and 'pH = over 7'.
- Alkaline:** A box labeled 'alkaline < 7' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'Indicator blue / green' and 'pH = under 7'.
- Neutralization Process:** A box labeled 'Z = neutral' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'Protonenaustausch' and 'pH-Wert'.
- Neutralization Reaction:** A box labeled 'but alkaline' is connected to 'NEUTRALISATION'. It branches into 'acid' and 'you can make salt with them'.

Code: W180

Make a concept map for the central term „neutralisation“.

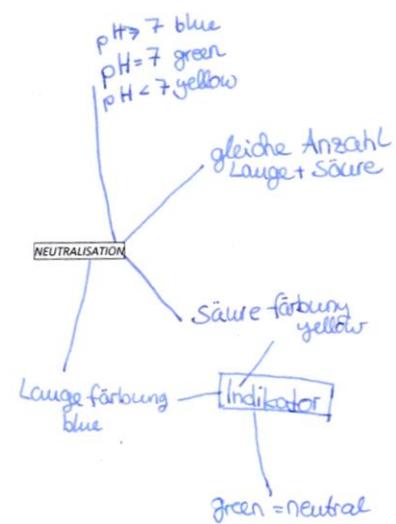
You can use any word you want. If you don't know an English term, use the German word.



Code: W183

Make a concept map for the central term „neutralisation“.

You can use any word you want. If you don't know an English term, use the German word.



## 11.2 Stundenverlaufspläne Studie I

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Was ist bilingualer Unterricht? Verdeutlichung des Aspekts bilingual = zweisprachig	Lehrervortrag		5 min
Erarbeitung I	Beidseitige Erwartungen an den bilingualen Unterricht; Klärung von offenen Fragen seitens der SuS; Abbau von Vorbehalten seitens der SuS	Unterrichtsgespräch		10 min
Erarbeitung II	Einführung des für die UE notwendigen Fachwortschatzes; Herausarbeiten von sprachlichen Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen D/E; Verdeutlichung der Rolle der Formelsprache als sprachliche Universalie	Lehrervortrag	AB <i>Wortliste</i> OH-Projektor	20 min

**Tabelle 36:** Stundenverlauf Vorarbeiten

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Erstellen einer Concept Map zu den zentralen Begriffen „Säure“ und „Lauge“ mit vorgegebenen Begriffen; Finden eines zentralen Begriffs, der „Säure“ und „Lauge“ verbindet	Einzelarbeit	AB <i>Concept Map</i>	10 min
Problemgewinnung	Was passiert, wenn man Säuren und Laugen zusammen gibt? Addieren sich die Eigenschaften, z.B. ätzende Wirkung?	Unterrichtsgespräch	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>	5 min
experimentelle Problemlösung I	Mischungsversuche mit HCl (aq) und NaOH (aq) in unterschiedlichen Anteilen unter Zugabe von Bromthymolblau als Indikator; Herstellen eines äquimolaren „Gemischs“ und Reaktion dessen mit Mg (s); Sammeln der Beobachtungen auf den Arbeitsblatt	Gruppenarbeit	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i> Experimente	20 min
experimentelle Problemlösung II	Sammeln der Versuchsbeobachtungen	Unterrichtsgespräch	AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>	5 min

**Tabelle 37:** Stundenverlauf 1. Stunde

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Wiederholung der Versuchsbeobachtung	Unterrichtsgespräch		5 min
Erarbeitung I	Deutung der Versuchsbeobachtungen auf phänomenologischer Ebene: Korrelation zwischen Indikatorfarbe und pH-Wert Bearbeitung der Auswertungsfragen	Partnerarbeit Unterrichts-gespräch	Tafelbild AB <i>Acids and Alkalis: A simple mixture?</i>	15 min
Erarbeitung II	Hypothesenbildung: Entstehen einer neutralen Lösung, da zwischen HCl (aq) und NaOH (aq) eine Reaktion stattfindet, da ätzende Wirkung verschwindet. Wasser wird als mögliches Produkt genannt. Wiederholung der Reaktion zwischen Magnesium und Säuren	Unterrichtsgespräch	Schülerheft Tafelbild	20 min
Ergebnis-sicherung Transfer	Hypothesen zu weiteren Reaktionsprodukten Nachweismöglichkeiten	Unterrichts-gespräch		5 min

Tabelle 38: Stundenverlauf 2. Stunde

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Wiederholung der Hypothesen aus der vorherigen Stunde	Unterrichtsgespräch		5 min
Erarbeitung I	Demonstrationsexperiment (durch SuS): Messung der Reaktionswärme bei der Neutralisation von Salzsäure (HCl (aq)) und Natronlauge (NaOH (aq)).	Unterrichtsgespräch Demonstrations-experiment	AB <i>The neutralisation reaction</i> , Experiment	10 min
Erarbeitung II	Die Neutralisation als chemische Reaktion, da exothermer Vorgang	Unterrichtsgespräch	Tafelbild	5 min
Erarbeitung III	Nachweis von Salz als Reaktionsprodukt: Eindampfen der Reaktionsmischung als Schülerexperiment	Gruppenarbeit	AB <i>The neutralisation reaction</i> , Experiment	15 min
Ergebnis-sicherung	Wasser und Salz als Produkte der Neutralisation Die Neutralisation zwischen HCl und NaOH als Wortgleichung	Unterrichtsgespräch	Tafelbild	10 min

Tabelle 39: Stundenverlauf 3. Stunde

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Was bedeutet in der Chemie „neutral“?	Unterrichtsgespräch		5 min
Erarbeitung	Betrachtung der Neutralisation auf Teilchenebene: Erstellen der Reaktionsgleichung (HCl (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen Erstellen allgemeine Reaktionsgleichung der Neutralisation als Wortgleichung	Unterrichtsgespräch	Tafelbild	15 min
Ergebnis- sicherung Transfer	Anwendung der Neutralisationsreaktion auf weitere Beispiele – Vervollständigen der Reaktionsgleichungen: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq) + NaOH → HCl (aq) + Ca(OH) <sub>2</sub> (aq) → H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (aq) + LiOH (aq) →	Think-Pair-Share	Schülerheft Tafelbild	10 min
Erarbeitung II	Erstellen der Reaktionsgleichung (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen	Unterrichtsgespräch	Tafelbild	10 min
Ergebnis- sicherung	Vervollständigen der Reaktionsgleichung: HCl (aq) + Ca(OH) <sub>2</sub> (aq) → H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (aq) + LiOH (aq) →	Think-Pair-Share	Tafelbild	5 min

Tabelle 40: Stundenverlauf 4. Stunde

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Tandembogen zu Schlüsselbegriffen der Neutralisation zur Wiederholung und Festigung der Begriffe	Partnerarbeit	Tandembogen	10 min
Problem-gewinnung	Wiederholung Mischungsexperimente (1. Stunde) Wie kann in der Praxis bestimmt werden, wie eine bestimmte Menge Säure durch Laugenzugabe neutralisiert werden kann?	Unterrichtsgespräch	Schülerheft	10 min
Erarbeitung	Einführung des Molbegriffs – Teilchen innerhalb einer Teilchenportion können aufgrund ihrer molaren Masse $M$ und der Masse der Teilchenportion „gezählt“ werden.	Textarbeit Unterrichtsgespräch	AB <i>Comparing amounts of substances</i>	15 min
Ergebnis-sicherung	Zusammenfassung Mol und molare Masse	Einzelarbeit Unterrichtsgespräch	AB <i>Comparing amounts of substances</i>	10 min

Tabelle 41: Stundenverlauf 5. Stunde

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
	Erstellen einer Concept Map zum zentralen Begriff: „Neutralisation“	Einzelarbeit	AB <i>Concept Map</i>	10 min
	Fragebogen mit einer <i>Likert</i> -Skale zum bilingualen Unterricht und dem persönlichen Sprachgebrauch	Einzelarbeit	Fragebogen	10 min

Tabelle 42: Stundenverlauf 6. Stunde

## 11.3 Arbeitsmaterialien

### 11.3.1 Vokabelliste zur Vorbereitung des BU

Important Vocabulary	
German	English
Stoff	substance
Wortgleichung	reaction scheme
Reaktionsgleichung	reaction equation
Säure	acid
sauer	acidic
Lauge	alkali <i>or</i> alkaline solution
basisch	alkaline
ätzend	corrosive
Lösung	solution
löslich	soluble
wässrig (aq)	aqueous (aq)
fest (s)	solid (s)
flüssig (l)	liquid (l)
gasförmig (g)	gaseous (g)
Eigenschaften	properties <i>or</i> characteristics
pH-Wert	pH-value <i>or</i> pH
Universalindikator	universal indicator
Bromthymolblau	bromothymol blue
Wasserstoff H <sub>2</sub>	hydrogen
Hydronium-Ion H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	hydronium ion
Salzsäure HCl (aq)	hydrochloric acid
Chloridion Cl <sup>-</sup>	chloride ion
Schwefelsäure H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq)	sulfuric acid
Sulfation SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	sulfate ion
Salpetersäure HNO <sub>3</sub> (aq)	nitric acid
Phosphorsäure H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	phosphoric acid
Säurerest	acid residue
Wasserstoff-Ion H <sup>+</sup>	hydrogen ion <i>or</i> proton
Hydroxid-Ion OH <sup>-</sup>	hydroxide ion
Natriumhydroxid NaOH (s)	sodium hydroxide
Natronlauge NaOH (aq)	sodium hydroxide solution
Natriumion Na <sup>+</sup>	sodium ion
Calciumhydroxid Ca(OH) <sub>2</sub> (s)	calcium hydroxide
Calciumlauge Ca(OH) <sub>2</sub> (aq)	calcium hydroxide solution

## 11.3.2 Experiment zur Einführung der Neutralisation

Materialien für den bilingualen Chemieunterricht – Projekt: BiChem  
© H. Geller (Stand: 12.11.2016)

### Acids and alkalis: A simple mixture?

Almost all concentrated acids and alkalis carry warning symbols because they are corrosive. They can also show quite aggressive reactions, e.g. when you add an acidic solution to a metal. What do you think will happen when you mix an acid with an alkali? Will the result even be more aggressive and dangerous?

**Materials:** hydrochloric acid HCl (aq), sodium hydroxide solution NaOH (aq): both solutions have the same concentration, bromothymol blue, test-tubes, magnesium ribbon, 2 pipettes, 2 beakers

**Procedure:**

**E1:**

- Pour ca. 10 mL hydrochloric acid HCl (aq) and sodium hydroxide solution NaOH (aq) into separate beakers and add a few drops of bromothymol blue.
- Use your solutions from a) and prepare the following mixtures and watch the colour of the indicator:
  - 1 mL HCl (aq) + 3 mL NaOH (aq)
  - 1 mL HCl (aq) + 2 mL NaOH (aq)
  - 3 mL HCl (aq) + 1 mL NaOH (aq)
  - 2 mL HCl (aq) + 1 mL NaOH (aq)
  - 1 mL HCl (aq) + 1 mL NaOH (aq)

**E2:**

- Fill 2 mL of the HCl (aq) into a test-tube.
- Carefully add NaOH (aq) from a pipette so that the colour of your mixture is green. How much NaOH (aq) did you need?
- Add a piece of magnesium ribbon to your mixture.

**Observations:** Sum up your observations from E1 in a table:

Mixture	Colour of the indicator

**Hints for your conclusion:**

- Describe what will happen if you mix yellow and blue solutions of water colours from a paint box? Compare with your observations from E1. Tuschkasten
- Explain why it was quite difficult to get a green solution in E2?
- Choose one of the following statements and give a reason for your answer.
  - A mixture of an acid and an alkali is
    - more corrosive
    - less corrosive

than the acid or alkali alone.

## 11.3.3 Experiment zur Untersuchung der Neutralisationsprodukte

Materialien für den bilingualen Chemieunterricht – Projekt: BiChem  
© H. Geller (Stand: 12.11.2016)

### The neutralisation reaction

When you combine an acidic and an alkaline solution the properties do not simply add. Quite the contrary – if you put together the same volumes of the same concentration, there is no corrosive or aggressive reaction at all. An indicator shows a neutral reaction (pH 7). But what happens during this "neutralisation" with the particles of the acid and the alkali? ganz im Gegenteil

**Materials:** hydrochloric acid HCl (aq), sodium hydroxide solution NaOH (aq) (both must have the same concentration), beaker, porcelain dish, gas burner, tripod with wire gauze, thermometer, measuring cylinder Dreifuß mit Drahtnetz

**Procedure:** E1 (demonstration by the teacher/student)  
a) Measure the temperature of the hydrochloric acid HCl and the sodium hydroxide solution NaOH.  
b) Put together 50 mL hydrochloric acid and 50 mL sodium hydroxide solution. Measure the temperature while you mix them.  
E2  
Pour ca. 10 mL of the reaction mixture into the porcelain dish and heat it with the gas burner so that the liquid evaporates. Stop heating when all the liquid has disappeared and only a solid residue is visible. verdampft  
Rückstand

**Observation:** E1:  
Temperature before:  
Temperature after:

**Hints for your conclusion:** a) Explain what the difference in the temperature in E1 means.  
b) Suggest a possible compound for the solid residue in E2.  
c) Look at the ions that are present when you dissolve an acid or an alkali in water and suggest a possible reaction between them which you can explain with your observations: lösen  
$$\text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow$$
  
d) Suggest a reaction scheme for the reaction between hydrochloric acid HCl and sodium hydroxide solution NaOH. Write also down the names of all the substances.

### 11.3.4 Tandembogen zur Sicherung der erarbeiteten Inhalte

Partner *A* starts the exercise and reads his/her question (bold letters). He/she answers the question. Partner *B* checks the answer (bold letters). Then *B* reads his/her question (bold letters) and answers it. Partner *A* checks the answer and goes on with the next question...

Partner A	Partner B
<b>Name 3 characteristics of an acidic solution!</b>	<i>Name 3 characteristics of an acidic solution!</i> <b>pH &lt; 7, corrosive, has got hydrogen-ions (H<sup>+</sup>), universal indicator shows red colour with an acid</b>
<i>Name 3 characteristics of an alkaline solution!</i> <b>pH &gt; 7, corrosive, has got hydroxide-ions (OH<sup>-</sup>), universal indicator shows blue colour with an alkaline solution.</b>	<b>Name 3 characteristics of an alkaline solution.</b>
<b>What does the pH-value show?</b>	<i>What does the pH-value show?</i> <b>The pH-value shows if a solution is acidic, alkaline or neutral.</b>
<i>What happens to the pH of an acidic solution when you add water?</i> <b>The pH goes up.</b>	<b>What happens to the pH of an acidic solution when you add water?</b>
<b>What happens when you add an acid to an alkaline solution, e.g. HCl (aq) and NaOH (aq)?</b>	<i>What happens when you add an acid to an alkaline solution, e.g. HCl (aq) and NaOH (aq)?</i> <b>They react to form water and salt.</b>
<i>What does "neutral" mean?</i> <b>The pH is 7</b> <b>or: There are no hydrogen ions (H<sup>+</sup>) or hydroxide ions (OH<sup>-</sup>) in the solution.</b> <b>or: The result of the reaction between acid and alkaline solution.</b>	<b>What does "neutral" mean?</b>

### 11.3.5 Informationstext zur Einführung des Stoffmengenbegriffs

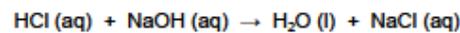
Materialien für den bilingualen Chemieunterricht – Projekt: BiChem  
© H. Geller (Stand: 12.11.2016)

#### Comparing amounts of substances

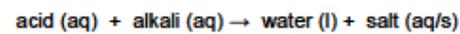
When you give together hydrochloric acid and sodium hydroxide solution the following things happen:

- the mixture is less corrosive than the acid or alkali alone
- the typical colour of an indicator is not a simple mixture of the colours the pure acids and alkalis show with the indicator

⇒ The hydrogen ions of the acid and the hydroxide ions of the alkali neutralise each other:



The neutralisation is true for all the combinations of acid and alkali: stimmt



**But there is one problem:**

The result of the reaction is only neutral when we put together the same number of hydrogen-ions ( $\text{H}^+$ ) and hydroxide-ions ( $\text{OH}^-$ ). But how can we know how much hydrochloric acid and sodium hydroxide solution we have combine the get a neutral result? We can't count the number of particles but we can weigh a portion of our substances. If we know the mass of one particle then we can calculate the number of particles. Picture 1 on the right explains this fact.

When we take the *Periodic Table of the Elements* we can find the mass for particle of each formula: 1 molecule of HCl weighs 36,5 u, 1 unit of NaOH weighs 40 u. These are still extremely small numbers which we can't weigh but experiments have shown that 36,5 g of HCl and 40 g of NaOH have the same number of particles:

$$6 \cdot 10^{23} \text{ or } 600\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ particles.}$$

This number  $6 \cdot 10^{23}$  is called the Avogadro constant  $N_A$ .

If we take any substance and have  $N_A$  particles the amount  $n$  of this substance is called 1 mole. The mass of this portion is called the molar mass  $M$  with the unit g / mole. If we know the mass of a portion and the molar mass of this substance we can calculate the amount of this substances in moles:

$$\text{amount of substance } n(X) = \frac{\text{mass of substance}}{\text{molar mass}} = \frac{m(X)}{M(X)}$$

We can say now that 1 mole HCl (aq) and 1 mole NaOH (aq) neutralise each other.

abwiegen



Picture 1: If you know the mass of one piece you can calculate the number of pieces in the bag when you weigh it, e.g. how many pieces are in a bag that weighs 10 kg?

To sum up fill in the gaps:

1 mole of any substance always has \_\_\_\_\_ particles. This number is called \_\_\_\_\_ . To find out the \_\_\_\_\_  $M$  we can use the \_\_\_\_\_ .

## 11.4 Studie II

### 11.4.1 Verlaufsplan zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren

Phase	Inhalt	Methode	Medien	Dauer
Einstieg	Was bedeutet in der Chemie „neutral“?	Unterrichtsgespräch		5 min
Erarbeitung I	Neutralisation im Messzylinder: Experimentelle Durchführung der Neutralisation verschieden protoniger Säuren mit Natronlauge	Gruppenarbeit	AB <i>The neutralisation – reaction between acids and alkalis</i> Experiment	25 min
Erarbeitung II	Zusammenhang zwischen Verbrauch an NaOH (aq) und Protonenzahl der Säure	Unterrichtsgespräch	<u>Tafelbild</u>	10 min
Erarbeitung III	Erstellen der Reaktionsgleichung (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq) + NaOH (aq)) in Formelschreibweise mit allen beteiligten Ionen Darstellung der Reaktion im Teilchenmodell	Unterrichtsgespräch	AB <i>The neutralisation – reaction between acids and alkalis</i> <u>Tafelbild</u>	15 min
Ergebnissicherung	Anwendung der Neutralisationsreaktion auf weitere Beispiele entsprechend den durchgeführten Reaktionen: HNO <sub>3</sub> (aq) + NaOH (aq) → H <sub>3</sub> Cit (aq) + NaOH (aq) →	Think-Pair-Share	<u>Schülerheft</u> <u>Tafelbild</u>	10 min
Transfer	Vervollständigen der Reaktionsgleichung: HCl (aq) + Ca(OH) <sub>2</sub> (aq) → H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (aq) + <u>LiOH</u> (aq) →	Think-Pair-Share	Schülerheft Tafelbild	10 min

**Tabelle 43:** Stundenverlauf zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren

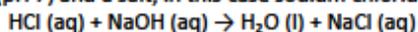
Da die weiteren Stunden dem Verlauf der Studie I entsprechen, werden sie hier nicht weiter aufgeführt.

## 11.4.2 Experiment zur Neutralisation mehrprotoniger Säuren

Materialien für den bilingualen Chemieunterricht – Projekt: BiChem  
© H. Geller (Stand: 12.11.2016)

### The neutralisation – a reaction between acids and alkalis

The example of hydrochloric acid HCl (aq) and sodium hydroxide solution NaOH (aq) has shown you that acids and alkalis neutralise each other, the result is water (pH 7) and a salt, in this case sodium chloride.



Let us now investigate other neutralisation reactions of acids and alkalis.

**Materials:** sodium hydroxide solution NaOH (aq), sulfuric acid H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aq), citric acid H<sub>3</sub>Cit (aq), nitric acid HNO<sub>3</sub> (aq) (all solutions have the same concentration), bromothymol blue, pipette, 10 mL measuring cylinder, beaker

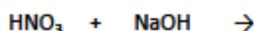
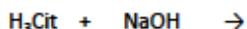
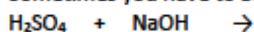
**Procedure:** Repeat the procedure for each of the three acids:  
 a) Put 1 mL of one of the acids into the 10 mL measuring cylinder. Add 2 drops of bromothymol blue.  
 b) Use the pipette and add carefully sodium hydroxide solution NaOH (aq) to the acid until the bromothymol blue just turns blue or green.  
 c) Read the scale on the measuring cylinder and write down the volume of sodium hydroxide solution that you have used.

**Observation:** Volume of sodium hydroxide solution NaOH (aq) used:  
 for H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  
 for H<sub>3</sub>Cit:  
 for HNO<sub>3</sub>:

**Hints for your conclusion:** a) Explain why you needed different volumes of NaOH (aq).  
 Hint: Look at the number of hydrogen atoms of the different acids

b) Write down a reaction equation for the three reactions!

Sometimes you have to add a coefficient:



Koeffizient, Zahl vor  
Reaktionspartner

Bear in mind the different volumes of NaOH (aq) that you used!

Denke an

c) Complete the following reaction equation:



## 11.5 Selbsteinschätzung nach Likert

Bitte markiere (x auf der Skala) Deine Meinung zu den folgenden Aussagen.  
Für jede Aussage gibt es die Möglichkeit in einer Abstufung von 1 - 5 abzustimmen.  
1 = stimme nicht zu                      5 = stimme vollkommen zu

a) Der Unterricht war auf Englisch viel schwieriger als auf Deutsch.

1   2   3   4   5

b) Ich habe durch die englische Sprache mehr über das, was ich sagen will, nachdenken müssen.

1   2   3   4   5

c) Ich versuchte, alles ins Deutsche zu übersetzen.

1   2   3   4   5

d) Durch Versuchsskizzen konnte ich die Versuchsabläufe gut verstehen, auch wenn die Anleitung auf Englisch war.

1   2   3   4   5

e) Bei Fachbegriffen/Formeln fehlten mir oft die deutschen Begriffe.

1   2   3   4   5

f) Reaktionsgleichungen machten mir auf Englisch mehr Probleme als auf Deutsch.

1   2   3   4   5

g) Ich brauche zu den Formeln immer direkt den Namen der Verbindung.

1   2   3   4   5

h) Wäre der Unterricht auf Deutsch gewesen, hätte ich öfter versucht, die richtige Antwort zu raten.

1   2   3   4   5

i) Der englischsprachige Unterricht zeigte mir, dass mir manchmal auch auf Deutsch das passende Wort fehlt.

1   2   3   4   5

Dieser Fragebogen kam nach beiden Studiendurchläufen zum Einsatz, wobei Aussage d) nur in Studie II eingesetzt wurde. Alle anderen Aussagen wurden in beiden Durchläufen eingesetzt.