

Sprachsensibler Chemieunterricht mit besonderem Fokus auf das Experimentieren

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)
an der Karl-Franzens-Universität Graz

vorgelegt von

Fabian Wild

am Institut für Chemie

Hauptbegutachterin: Univ.-Prof. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. Nadia Mösch-Zanetti

Mitbegutachterin: Mag.^a Josefine Jaritz

Graz, 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt durch meine eigene Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei Univ.-Prof. Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. Nadia Mösch-Zanetti für die unkomplizierte und effektive Zusammenarbeit zu dieser Diplomarbeit.

Ebenso bedanke mich herzlich bei Mag.^a Josefine Jaritz, die mir während der gesamten Vorbereitungs- und Erarbeitungsphase mit Rat zur Seite gestanden ist.

Ein großer Dank gilt auch Dr. Henry Hildebrandt von der Universität Paderborn für die Recherchemöglichkeit mit der Fachdidaktik-Datenbank FADOK während der Literaturrecherche zu meiner Diplomarbeit.

Außerdem bedanke ich mich sehr bei Prof. Josef Leisen von der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz für die Zusendung drei seiner Fachartikel aus der Zeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, deren Ausgaben entweder vergriffen oder nicht in der Bibliothek der Karl-Franzens-Universität Graz zugänglich waren.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern und Großeltern, die mich in jeder Lage und in jeder Hinsicht unterstützt haben. Ohne diese außergewöhnliche Unterstützung wäre es mir nicht möglich gewesen mein Studium zu absolvieren. Dankeschön!

Auch meiner Freundin Corina gilt ein ganz besonderes Dankeschön. Sie stand bei jedem Problem hinter mir, hat mich vor allem in schwierigen Situationen aufgebaut und so während des gesamten Studiums unterstützt. Vielen Dank!

Schließlich gilt ein Dankeschön meinen FreundInnen und StudienkollegInnen, sei es den MitstreiterInnen der Chemie oder den GefährtInnen der Anglistik/Amerikanistik. Gemeinsam so manches Problem zu lösen fällt dann doch leichter, als wenn man auf sich allein gestellt ist. Danke euch allen!

Kurzzusammenfassung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit sprachsensiblen Chemieunterricht in Bezug auf das Experimentieren. Nach einer Einführung in den sprachsensiblen Chemieunterricht wird ein Überblick über die Forschungslage dazu gegeben.

Es wird auf Ziele und Besonderheiten von sprachsensiblen Arbeitsaufträgen und Experimentierunterlagen, sowie auf Schwierigkeiten von SchülerInnen mit eben diesen eingegangen. Außerdem werden Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen bei diesen Schwierigkeiten vorgestellt.

Des Weiteren werden für Österreich approbierte Chemie-Schulbücher in Bezug auf deren Experimentierunterlagen nach sprachsensiblen Kriterien analysiert.

Schließlich werden einige selbsterstellte sprachensible Versuchsanleitungen, sowie ein mehrseitiges Handout für SchülerInnen mit Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen präsentiert.

Für das Verfassen dieser Diplomarbeit wurde entsprechende Fachliteratur verwendet, welche im Literaturverzeichnis gefunden werden kann.

Abstract

This diploma thesis deals with language-sensitive chemical education with reference to laboratory classes. After an introduction to language-sensitive chemical education, there is given an overview of the current state of research.

Next, goals and specifics of language-sensitive exercises as well as difficulties of pupils with instructions for experiments are presented. In addition, possibilities to support pupils with those difficulties are introduced.

Then, licensed Austrian school books for chemical education are analyzed according to language-sensitive criteria.

Finally, self-made language-sensitive instructions for experiments and a multilateral handout for pupils containing support for experimentation and writing laboratory reports are presented.

For the composition of this diploma thesis, relevant literature was used and can be found enclosed in the bibliography.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
2. Einführung in den sprachsensiblen Fachunterricht	10
2.1 Sprachsensibler Fachunterricht.....	10
2.2 Überblick über die Forschungsfelder des sprachsensiblen Fachunterrichts....	11
2.2.1 Sprachen.....	11
2.2.1.1 Alltagssprache	11
2.2.1.2 Fachsprache	12
2.2.1.3 Unterrichtssprache	13
2.2.1.4 Mathematische Sprache und Bildsprache	14
2.2.2 Darstellungsebenen im sprachsensiblen Fachunterricht.....	15
2.2.3 Sprachaktivierung.....	17
2.2.4 Stolpersteine im Chemieunterricht.....	18
2.2.4.1 Historisch bedingte Stolpersteine	18
2.2.4.2 Fachsprache als Stolperstein	18
2.2.4.3 Fachbegriffe mit Mehrdeutigkeit – Fachsprache vs. Alltagssprache	19
2.2.5 Häufige Stolpersteine im Chemieunterricht.....	21
2.2.5.1 Einzelbeispiele	21
2.2.5.2 Bestimmte Unterrichtsthemen	22
2.2.6 Methoden(werkzeuge) für den sprachsensiblen Unterricht	23
3. Sprachsensibler Experimentalunterricht in der Chemie	24
3.1 Ziele für den Experimentalunterricht mit Fokus auf Sprachsensibilität	24
3.1.1 Ziele für den Experimentalunterricht	24
3.1.2 Sprachförderung als Ziel des chemischem Experimentalunterrichts	25
3.2 Besonderheiten von sprachsensiblen Aufgabenstellungen und sprachsensiblen Experimentiervorlagen	26
3.2.1 Sprachensible Aufgabenstellungen.....	26
3.2.2 Sprachensible Experimentiervorlagen.....	28
3.3 Schwierigkeiten von SchülerInnen mit Experimentiervorlagen	29
3.3.1 Spezifische sprachliche Schwierigkeiten	29
3.3.2 Schwierigkeiten aus dem Umfeld.....	31

3.4 Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen	32
3.4.1 Möglichkeiten der Unterstützung bei der Arbeit mit Texten	32
3.4.1.1 Verständlichkeitsanalyse	32
3.4.1.2 Beispiele für Methodenwerkzeuge	33
3.4.2 Möglichkeiten der Unterstützung mit Begriffen oder Phrasen	35
3.4.2.1 Arbeit mit Phrasen	35
3.4.2.2 Arbeit mit Begriffen	36
3.4.3 Visuelle Möglichkeiten der Unterstützung	37
4. Schulbuchanalyse	38
4.1 Sekundarstufe I	39
4.2 Sekundarstufe II – AHS	42
4.3 Sekundarstufe II – BHS	43
4.4 Beispiele für Versuchsanleitungen in Schulbüchern	44
5. Sprachensible Versuchsanleitungen	45
5.1 Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen	46
5.1.1 Analyse des Handouts „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“	55
5.2 V1: Erhitzen von Eisen	56
5.2.1 V1: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen	57
5.2.2 V1: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Erhitzen von Eisen“	59
5.3 V2: Flammenfärbung	60
5.3.1 V2: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen	61
5.3.2 V2: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Flammenfärbung“	63
5.4 V3: Elektrische Leitfähigkeit	64
5.4.1 V3: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen	65
5.4.2 V3: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Elektrische Leitfähigkeit“	67
5.5 V4: Wasser entzündet Feuer	68
5.5.1 V4: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen	69
5.5.2 V4: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Wasser entzündet Feuer“	71
5.6 V5: Elektrolyse einer Kaliumiodid-Tablette	72
5.6.1 V5: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen	73
5.6.2 V5: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Elektrolyse einer Kaliumiodid-Tablette“	75

5.7 V6: Blei-Akku.....	76
5.7.1 V6: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen.....	77
5.7.2 V6: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Blei-Akku“	79
5.8 V7: Messung des pH-Werts.....	80
5.8.1 V7: Gestufte Hilfen – Kärtchen	81
5.8.2 V7: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen.....	82
5.8.3 V7: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Messung des pH-Werts“ ...	84
5.9 V8: CO ₂ in Atemluft	85
5.9.1 V8: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen.....	86
5.9.2 V8: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „CO ₂ in Atemluft“	88
6. Conclusio	89
7. Glossar	90
8. Abbildungsverzeichnis	92
9. Literaturverzeichnis	93

1. Einleitung

Sprache und Kommunikation: Unterschied zwischen Alltags- und Fachsprache bzw. Symbolsprache, präziser Sprachgebrauch und Argumentationsverhalten bei Planung, Beobachtung, Beschreibung und Protokollierung chemischer Vorgänge. [67]: 1.

Sprache und Kommunikation: Erweiterung und sicherer Einsatz der chemischen Fachsprache als zusätzliche Form der Kommunikation innerhalb und außerhalb des fachwissenschaftlichen Bereiches; Beschreibung, Protokollierung und Präsentation chemischer Sachverhalte. [68]: 1.

Diese beiden Auszüge sind den Lehrplänen für Chemie in der AHS-Unterstufe [67] und in der AHS-Oberstufe [68] entnommen. Hier wird festgelegt, dass im Unterricht der Unterschied zwischen und Einsatz von verschiedenen Sprachen geklärt und gefördert werden soll. In Österreich arbeitet der Verein „Österreichisches Sprachen-Kompetenz-Zentrum“ (ÖSZ) am Thema „Sprachsensibler Fachunterricht“. Dies geschieht im Auftrag des „Bundesministeriums für Bildung und Frauen“ (BMBWF).¹ Dabei soll Sprache nicht nur bei SchülerInnen mit Migrationshintergrund, sondern auch bei jenen mit Deutsch als Muttersprache gefördert werden.

In dieser Diplomarbeit wird das Potenzial des chemischen Experimentalunterrichts als sprachsensibler Fachunterricht untersucht. Dafür wird zunächst ein Überblick über die Forschungslage zu sprachsensiblen Chemieunterricht gegeben und verschiedene Sprachklassen sowie Stolpersteine in Bezug darauf vorgestellt. Es wird auf Ziele und Besonderheiten von sprachsensiblen Arbeitsaufträgen und Experimentiervorlagen sowie auf Schwierigkeiten von SchülerInnen mit eben diesen eingegangen. Außerdem werden Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen bei diesen Schwierigkeiten vorgestellt. In weiterer Folge werden für Österreich approbierte Chemie-Schulbücher der Sekundarstufen I und II in Bezug auf deren Experimentiervorlagen nach sprachsensiblen Kriterien analysiert. Schließlich wird ein mehrseitiges Handout für SchülerInnen mit sprachlichen Tipps und Hinweisen zum Experimentieren, sowie zur Erstellung von Versuchsprotokollen präsentiert. Ebenso werden selbsterstellte sprachensible Versuchsanleitungen vorgestellt.

¹ vgl. [69]

Diese Diplomarbeit soll Anregungen zum Einsatz sprachsensibler Versuchsanleitungen sowie Aufgabenstellungen im Chemieunterricht geben und vor allem die Charakteristika, Besonderheiten und Vorteile von sprachsensiblen Experimentalunterricht in der Chemie aufzeigen. Die sprachsensiblen Versuchsanleitungen (SchülerInnenblatt und LehrerInnenblätter) inklusive dem Handout mit Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen können als Kopiervorlagen für den Chemieunterricht verwendet werden.

2. Einführung in den sprachsensiblen Fachunterricht

2.1 Sprachsensibler Fachunterricht

„*Sprachsensibler Fachunterricht* ist der bewusste Umgang mit Sprache beim Lehren und Lernen im Fach;“ [1]: 3. Von dieser Definition ausgehend wird in diesem Kapitel gezeigt, was genau sprachsensibler Fachunterricht ist, wobei Richtlinien für einen solchen Unterricht in der vorliegenden Arbeit vorgestellt und positive Aspekte, die für die Abhaltung eines sprachsensiblen Fachunterrichts sprechen, präsentiert werden.

Leisen beschreibt die Sprache als essentiell für Verständnis und funktionierende Verständigung im Unterricht. Trotz der bestehenden Herausforderung sollte Sprache allgemein in förderlichem Unterricht berücksichtigt werden. Für SchülerInnen bietet sich dadurch auch ein offensichtlicher Vorteil. Wenn Ergebnisse von Versuchen oder Übungen sprachlich korrekt formuliert werden können, spiegelt sich das auch in einer positiven Bewertung wider und hat dann einen positiven Effekt auf die Einstellung der SchülerInnen zum Fach. Ausgangspunkt ist dabei das vorhandene Sprachniveau der SchülerInnen.²

Ein positiver Aspekt ist, dass im sprachbezogenen Fachunterricht einerseits die fachsprachliche Kompetenz und andererseits die allgemeine Kommunikation der LernerInnen in bestimmten (fach)sprachlichen Situationen verbessert werden. Dabei soll Sprache sprachsensibel und authentisch in den Unterricht eingebaut und somit Hindernisse für den Lernerfolg beseitigt werden. In dieser Form des Unterrichts wird Sprache direkt am Fachinhalt gelernt und kann dadurch nicht nur SchülerInnen mit Deutsch als Muttersprache, sondern auch jene mit Migrationshintergrund fördern.³ Einen weiteren Grund, der für sprachsensiblen Fachunterricht spricht, führen Seyfarth und Bolte an. In ihrem Artikel wird die Wichtigkeit eines korrekten Umgangs mit Fachsprache im Schulkontext für das Verstehen von Unterrichtsinhalten und dass durch diese Kompetenz auch in Folge diese Inhalte kommuniziert werden können, hervorgehoben.⁴ Auch Heinrich Storck nennt den Zusammenhang zwischen erfolgreichem Lernen und der Förderung von sprachlicher Kompetenz und (fach)sprachlichem Verständnis als essentiellen Baustein des Chemieunterrichts.⁵ Schließlich ist „die Sprache das wichtigste Medium der unterrichtlichen Wissensvermittlung“ [4]: 2.

² vgl. [1]: 3, 6.

³ vgl. [1]: 29–32

⁴ vgl. [2]: 313.

⁵ vgl. [3]: 176.

2.2 Überblick über die Forschungsfelder des sprachsensiblen

Fachunterrichts

Um ein besseres Verständnis für das Gebiet des sprachsensiblen Unterrichts zu erlangen, wird in diesem Kapitel ein Überblick über Forschungsfelder des Unterrichts mit sprachsensiblen Fokus gegeben. Hauptziel ist es, den Fachunterricht sprachlich zu optimieren, um den bestmöglichen Lerneffekt zu erreichen. Es werden vor allem jene Forschungsfelder berücksichtigt, die für das Thema dieser Diplomarbeit wichtig sind.

2.2.1 Sprachen

Ein Forschungsfeld des sprachsensiblen Fachunterrichts befasst sich mit verschiedenen Arten von Sprachen und Begriffen. Diese wurden untersucht, da SchülerInnen ihnen begegnen können und sie großen Einfluss auf den Erfolg des Unterrichts ausüben können. Diese Klassifizierungen sind neben ihrem Bezug auf den Chemieunterricht teilweise auch auf den Physikunterricht ausgelegt. In dieser Arbeit werden für jene Klassifizierungen mit Bezug auf den Physikunterricht, Beispiele für den Chemieunterricht verwendet.

2.2.1.1 Alltagssprache

Diese Art von Sprache bezieht sich direkt auf die Umgebungswelt unter der Verwendung von oftmals anthropomorphen Ausdrucksweisen. Auszeichnend für Alltagssprache ist die Kontextabhängigkeit, dass sie reich an Feinheiten ist und oftmals Bilder oder Vergleiche nutzt. Zu finden sind Beispiele für Alltagssprache oft in den Einführungen von Schulbuchkapiteln, um einen Anknüpfungspunkt für SchülerInnen zu schaffen:

Wenn Sie sich in Ihrer Umgebung umsehen, so werden Ihnen immer wieder Gegenstände auffallen, die Roststellen aufweise. Etwa ein Drittel der jährlichen Eisenproduktion dient lediglich dazu, die Verluste durch Rosten auszugleichen. Die ersten schriftlichen Aufzeichnungen über Rost stammen von Platon. [62]: 76.

Kaum ein technisches Gerät kommt heutzutage ohne elektrischen Strom aus. Damit Fotoapparate, Uhren, Telefone und andere Geräte überall und nicht nur in Steckdosennähe zu benutzen sind, werden Batterien als mobile Energiequellen benötigt. Für deren Anwendung kommen in der Regel sogenannte Gerätebatterien zum Einsatz. [62]: 84.

Ebenso steht sie am Ende eines Lernprozesses, da SchülerInnen dort naturwissenschaftliche Phänomene in die Alltagssprache übersetzen können sollten.⁶

⁶ vgl. [5]: 2.

Diese (Anm.: Kohlenhydrat-Grundbausteine) werden dann über das Pfortadersystem zur Leber transportiert. Von dort aus gelangen sie in die verschiedenen Körperzellen. Hier findet ihr Abbau statt. Dabei entstehen Kohlenstoffdioxid, Wasser und Energie. [46]: 40.

Zwischen diesen beiden Phasen der Alltagssprache stehen unter anderem die Fachsprache und die Unterrichtssprache.

2.2.1.2 Fachsprache

Die Fachsprache zeichnet sich durch eine spezielle Wortwahl und einen speziellen Satzbau aus. Dabei werden Fachbegriffe und sprachliche Besonderheiten verwendet. Diese kommen häufiger vor als in der Alltagssprache und tragen zu Verständnisschwierigkeiten von SchülerInnen bei. Fachsprachliche Besonderheiten sind unter anderem mathematische Operationen (Formeln), die Verwendung von Nominalstil („das Abgießen der organischen Phase“), Komposita („Hochofenprozess“), Zusammensetzungen von Wörtern mit Zahlen oder Abkürzungen („U-Rohr“), Ausdrücke abgeleitet von Eigennamen („Galvanisierung“), komplexe attributiv verwendete Phrasen („das oxidativ reagierende Reagens“), Verwendung von Satzkonstruktionen mit mehreren Nebensätzen, Passivkonstruktionen und distanzierter Ausdruck („man“ statt „du“ oder „Sie“).⁷ Fachsprache wird beispielsweise in Definitionen oder Merksätzen verwendet und kann meist mit diesen entsprechenden sprachlichen Besonderheiten kombiniert gefunden werden. Diese Sprache stellt SchülerInnen vor Probleme, da das Verstehen von Fachtexten ohne Vorwissen und Erklärungen nahezu nicht möglich ist.⁸

Stäudel *et al* beschäftigten sich ebenso mit Fachsprache. Diese wird mit einer Fremdsprache verglichen, bei der man eine Vielzahl an neuen Vokabeln, oder Fachbegriffen, erlernen muss. Außerdem wird angeführt, dass pro Unterrichtsstunde durchschnittlich neun neue Fachtermini verwendet werden, Schulbücher um die 2000 Fachbegriffe enthalten und somit jedes 25. Wort ein für die SchülerInnen unklares Wort ist. Deshalb sollte die Lehrperson auf den eigenen Sprachgebrauch genau achten.⁹ Auch Günther Vollmer untersucht in *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht* Formen chemischer Fachsprache. Diese wird in Wissenschaftssprache und chemischer Umgangssprache unterteilt. Die Wissenschaftssprache ist die komplexere Variante; sie zeichnet sich durch Entfernung zur Sprache in gesprochener Verwendung aus und beinhaltet Formelzeichen, Zahlen und graphische Schemata. Vollmer führt die *chemische Umgangssprache* als besondere Form von chemischer Fachsprache an, die verwendet

⁷ vgl. [1]: 52.

⁸ vgl. [5]: 2.

⁹ vgl. [6]: 4.

wird, um möglichst schnell und ohne Probleme zu kommunizieren. In Zusammenhang mit der Analytischen Chemie wird von „Kochen von Analysen“ gesprochen oder Abkürzungen wie *NaCl* als Wort ausgesprochen anstatt den Begriff *Natriumchlorid* zu verwenden. Dabei wird hervorgehoben, dass Aussagen oftmals objektiv gesehen nicht exakt sind, da die Fachsprache umgangssprachlich, also lockerer, verwendet wird. Benutzer von chemischer Umgangssprache können jedoch bei Bedarf zu korrekter, vollständiger Fachsprache wechseln.¹⁰

Busch und Ralle befassten sich unter anderem ebenso mit den Besonderheiten der chemischen Fachsprache. Dabei wird auf die unterschiedlichen Fachbereiche und unterschiedlichen Fachbegriffe verwiesen. Als wichtig für das Verständnis von Fachsprache wird fachliches Wissen genannt. Zusätzlich wird angemerkt, dass Alltagssprache und Fachsprache im Gebrauch oftmals vermischt werden. Außerdem werden Besonderheiten der Laborsprache besprochen. Diese Besonderheiten sind einfache Grammatik, kurze Sätze und fachliche Abkürzungen. Für SchülerInnen ist diese Art von Fachsprache jedoch schwierig zu verwenden, weshalb auf eine Unterrichtssprache zurückgegriffen wird, in der nicht zu viele Fachbegriffe und weniger komplexe Strukturen verwendet werden.¹¹

2.2.1.3 Unterrichtssprache

Diese Art der Sprache ist eine Mischform von Alltagssprache und Fachsprache. Charakteristisch für die Unterrichtssprache sind ihr konkreter Bezug auf Themen oder Objekte und das Fehlen von beschreibenden Wortarten wie Eigenschaftswörter oder Umstandswörter sowie Konjunktionen. Neben Unterrichtssituationen kann Unterrichtssprache beispielsweise in erklärenden Textteilen gefunden werden, wobei Leisen hier anmerkt, dass Unterrichtssprache in geschriebener Form nicht vorkommen kann, da sie dafür zu weitläufig ist. Als Synonym werden die Begriffe *Werkstattsprache* oder *methodische Zwischensprache* angeführt.¹² Auch Vollmer untersuchte die Merkmale von Unterrichtssprache. Die Unterrichtssprache wird als Hauptmedium hervorgehoben. Er bezeichnet sie auch als Lehrsprache, die eine Form von didaktisch aufbereiteter Fachsprache darstellt.

L: „Du sagst: ‚siedet in den anderen Kolben!‘ Hatten wir für den Vorgang, daß eine Flüssigkeit verdampft wird und anschließend woanders wieder verflüssigt wird, nicht schon einen anderen Ausdruck kennengelernt?“ [4]: 21.

¹⁰ vgl. [4]: 14–17.

¹¹ vgl. [7]: 52.

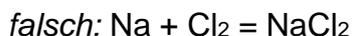
¹² vgl. [5]: 2.

Die Wahl von passenden Vereinfachungen wird als eines der Hauptaugenmerke der Didaktik des Fachs Chemie bezeichnet. Nach Vollmer muss die Unterrichtssprache als solche entwickelt werden, was nur in Kombination mit der dem Alter entsprechenden Muttersprache möglich ist.¹³

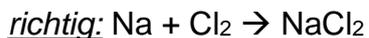
2.2.1.4 Mathematische Sprache und Bildsprache

Schlussendlich werden die mathematische Sprache und die Bildsprache als Beispiele für verschiedene Sprachen untersucht. Die mathematische Sprache setzt sich nach Leisen aus theoretischen, genormten Ausdrücken und einem Symbolcharakter zusammen. Als Beispiele dafür können Formeln oder mathematische Terme genannt werden. Unter Bildsprache versteht man einerseits Bilder, Schemata oder Illustrationen und andererseits Metaphern oder Assoziationen. Bildsprache wird oftmals als unterstützendes und erklärendes Medium eingesetzt.¹⁴

Die chemische Formelsprache ist auch im Unterricht von großer Wichtigkeit. Als eigenes Benennungssystem bietet sich sprachschwachen SchülerInnen eine Möglichkeit sich fachlich korrekt mit Hilfe von Symbolen auszudrücken. Der chemischen Formelschreibweise liegen auch Stolpersteine inne, wie folgendes Beispiel zeigt.



Natrium plus Chlor ist gleich Natriumchlorid



Natrium und Chlor reagiert zu Natriumchlorid

Alltagssprache	Das Eisen rostet und wird rötlich.
Fachsprache	Eisen oxidiert in Gegenwart von Sauerstoff und Wasser zu Eisen(II)-hydroxid und reagiert dann weiter mit Sauerstoff zu Eisen(III)-oxid-hydroxid (= Rost). Eisen ist der Elektronendonator, es gibt Elektronen ab. Sauerstoff ist der Elektronenakzeptor, es nimmt Elektronen auf. Eisen ist das Reduktionsmittel, Sauerstoff ist das Oxidationsmittel. Bei dieser Reaktion handelt es sich um eine Form der Korrosion.

¹³ vgl. [4]: 17, 18, 20.

¹⁴ vgl. [5]: 2, 3.

Unterrichtssprache (vorwiegend in gesprochener Form)	Eisen und Sauerstoff reagieren in einer Redoxreaktion mit Wasser zu Eisenhydroxid. Das Eisen ist das Reduktionsmittel, es wird selbst oxidiert. Der Sauerstoff ist das Oxidationsmittel, er wird selbst reduziert. Rost entsteht dann durch die Reaktion von Eisenhydroxid und Sauerstoff.																
Mathematische Sprache	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Oxidation:</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">Fe</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">\rightarrow</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$</td> </tr> <tr> <td>Reduktion:</td> <td style="text-align: center;">$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$</td> <td style="text-align: center;">\rightarrow</td> <td style="text-align: center;">2OH^-</td> </tr> <tr style="border-top: 1px solid black;"> <td>Redoxgleichung:</td> <td style="text-align: center;">$\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$</td> <td style="text-align: center;">\rightarrow</td> <td style="text-align: center;">$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^-$</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">$4 \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{FeO}(\text{OH}) + 2 \text{H}_2\text{O}$</td> </tr> </table>	Oxidation:	Fe	\rightarrow	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$	Reduktion:	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$	\rightarrow	2OH^-	Redoxgleichung:	$\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^-$		$4 \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{FeO}(\text{OH}) + 2 \text{H}_2\text{O}$		
Oxidation:	Fe	\rightarrow	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$														
Reduktion:	$\frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$	\rightarrow	2OH^-														
Redoxgleichung:	$\text{Fe} + \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	$\text{Fe}^{2+} + 2 \text{OH}^-$														
	$4 \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{FeO}(\text{OH}) + 2 \text{H}_2\text{O}$																
Bildsprache	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: right;">[49]</p>																

Abbildung 1: Die verschiedenen Sprachen an einem Beispiel

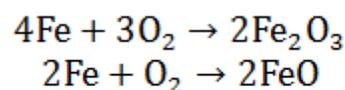
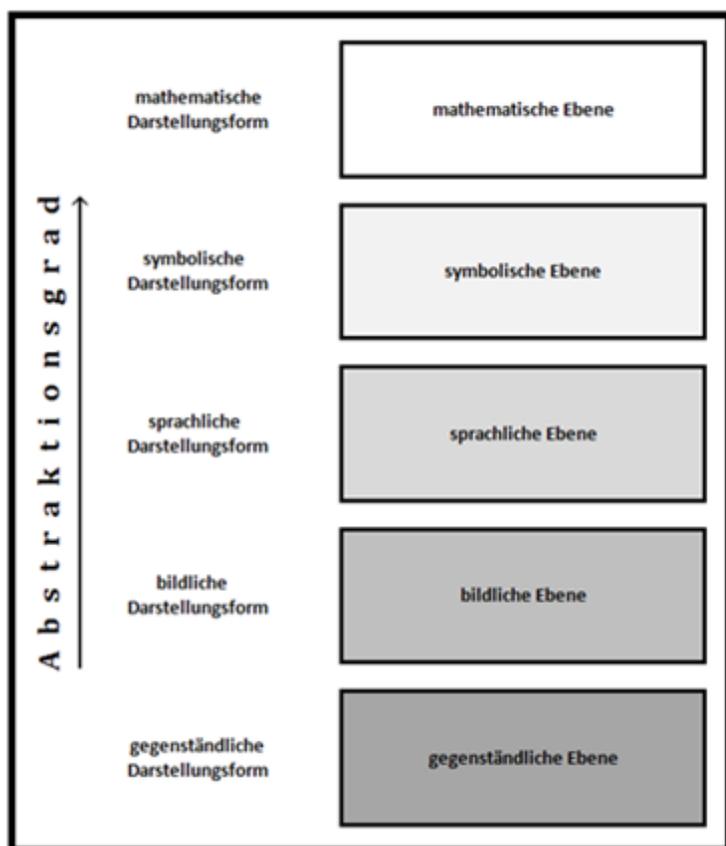
2.2.2 Darstellungsebenen im sprachsensiblen Fachunterricht

Ein weiteres Forschungsfeld des sprachsensiblen Fachunterrichts umfasst die verschiedenen Darstellungsformen im Unterricht, da diese Ebenen oft miteinander verknüpft werden und SchülerInnen zwischen diesen Formen wechseln müssen. Wie Stäudel *et al* anführen, müssen SchülerInnen im Chemieunterricht oftmals Diagramme interpretieren oder Versuchsergebnisse in Graphen wiedergeben, sowie chemische Reaktionen mit Hilfe von Reaktionsgleichungen beschreiben können.¹⁵

Leisen beschreibt die Darstellungsebenen (adaptiert in Abbildung 2) allgemein und ordnet sie nach ihrer Abstraktion. Darstellungsformen werden als Mittel zur Kommunikation und Darbietung von Fachinhalten bezeichnet. Die unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Formen können SchülerInnen vielfältig bei der Erarbeitung und dem Verständnis von fachlichen Themengebieten unterstützen.¹⁶

¹⁵ vgl. [6]: 7.

¹⁶ vgl. [1]: 33, 34.



Verbrennung
Geringe Geschwindigkeit des Verbrennens
Beispiele: Schwellbrand, Glimmbrand
Hohe Geschwindigkeit des Verbrennens
Beispiele: Flammenbrand

Eisen und Sauerstoff reagieren zu Eisen(III)oxid.



→ Versuchsvorschrift zu „Das Verbrennen von Stahlwolle“

Abbildung 2: Adaptierte Darstellungsformen mit deren Ebenen und Beispielen

Die Beispiele für die jeweilige Darstellungsform sind auf den Chemieunterricht bezogen (Abbildung 2). Die mathematische Darstellungsform umfasst die Formelsprache der Chemie (mathematische Sprache), der symbolischer Ebene (Symbolsprache) sind Tabellen oder Diagramme zuzuordnen, zur sprachlichen Darstellungsform (Verbalsprache) gehören die bereits vorgestellte Fachsprache, Unterrichtssprache und Alltagssprache, auf der bildlichen Ebene (Bildsprache) sind Illustrationen oder Skizzen zu finden und zur gegenständlichen Darstellungsform sind Experimente oder Anschauungsmaterial zu zählen (nonverbale Sprache).

Leisen stellt fest, dass der Wechsel zwischen diesen Formen oder Ebenen als effektive didaktische Methode eingesetzt werden kann, da dadurch ein Übungseffekt erreicht werden kann. Außerdem wird dabei das Methodenwerkzeug der SchülerInnen ausgebaut, das fachliche Wissen in verschiedenen Formen dargestellt und in Vorstellungen umgewandelt. Schließlich wird durch diese didaktische Methode die Sprachkompetenz der SchülerInnen gefördert, da jeder Ebene eine spezielle Sprache zugeordnet werden kann, die beim Wechsel zur jeweiligen Form aus der vorherigen Sprache übersetzt werden muss.¹⁷

¹⁷ vgl. [1]: 37.

2.2.3 Sprachaktivierung

Auch *Sprachaktivierung* ist ein Forschungsfeld des sprachsensiblen Fachunterrichts. Die Kommunikation zwischen Lehrperson und SchülerInnen ist essentiell für den Erfolg des Unterrichts.

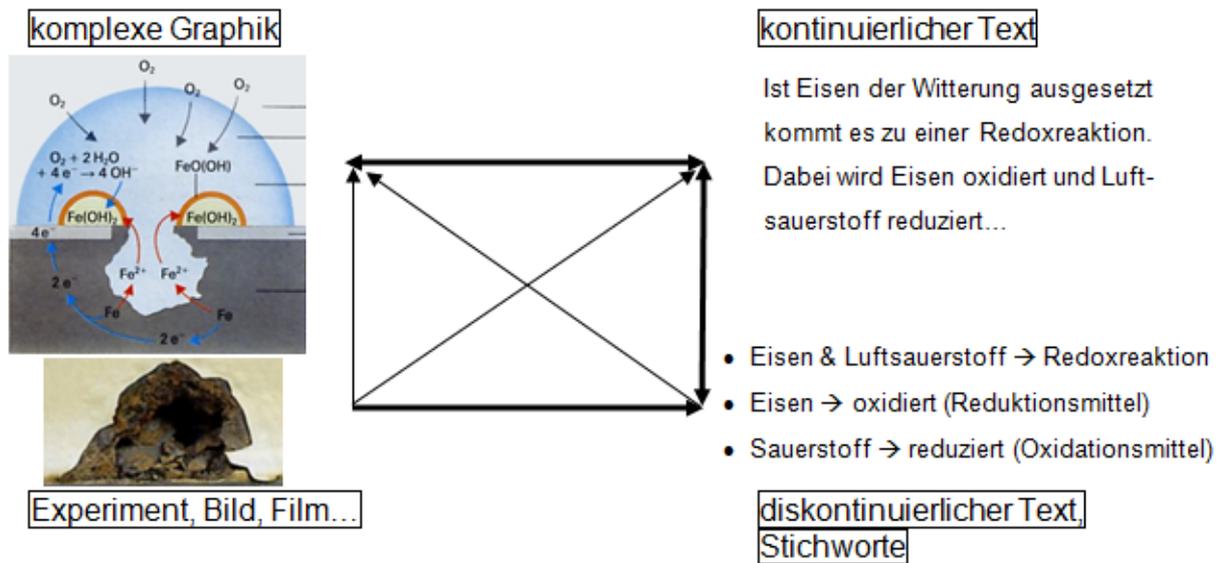


Abbildung 3: Adaptiertes Aktivierungsrechteck nach Bolte und Pastille¹⁸

Unter *Sprachaktivierung* verstehen Bolte und Pastille die Umwandlung von fachlich komplexen Inhalten in eine vermittelbare und verständliche Form, sodass diese Inhalte besser aufzunehmen sind. Dadurch sollen die nächsten Schritte eines Lernprozesses leichter erreicht werden können. Zu Veranschaulichungszwecken wurde das Aktivierungsrechteck (Abbildung 3) geschaffen, welches vier Stationen von Lernprozessen, in denen Sprache eine Rolle spielt, zeigt. Die Ecke rechts unten im Rechteck steht für die Unterrichtssituation, in der SchülerInnen der Naturwissenschaft in Form von beispielsweise Experimenten erleben. SchülerInnen nehmen die neuen Informationen auf und fassen sie in ihre eigene, individuelle Sprache, die hier *diskontinuierlicher Text* genannt wird. Diese unzusammenhängenden Ideen werden dann im Lernprozess in einen *kontinuierlichen Text* umgesetzt, wodurch sich ein Lernfortschritt abzeichnet. Der letzte Schritt zu komplexeren Modellen findet nicht immer statt, da SchülerInnen nicht jedes neu erlernte Konzept in wissenschaftlicher Art und Weise wiedergeben können.¹⁹

¹⁸ Graphik: [70].

¹⁹ vgl. [10]: 40, 41.

2.2.4 Stolpersteine im Chemieunterricht

Ein weitverbreitetes Forschungsfeld des sprachsensiblen Chemieunterrichts umfasst Stolpersteine im Unterricht. Damit sind Hürden für SchülerInnen gemeint, die diese vor Verständnisprobleme stellen, wodurch Lernprozesse negativ beeinflusst werden. Friedrich schreibt in seinem Leitartikel, dass es sich dabei um Themen handelt, die auf den ersten Blick fachlich klar verständlich sind, jedoch im Unterrichtskontext Probleme aufwerfen können.²⁰ Diese Stolpersteine können verschiedene Hintergründe haben, auf die in diesem Kapitel eingegangen wird.

2.2.4.1 Historisch bedingte Stolpersteine

In der historischen Entwicklung haben sich beispielsweise Bezeichnungen von Stoffen verändert und somit existieren für einen Stoff mehrere Begriffe, was zur Verwirrung von SchülerInnen führen kann. *Steinsalz* wird austauschbar mit *Natriumchlorid* verwendet. *Salpeter* (deutsch: *Steinsalz*) ist jedoch der Trivialname für das Salz *Natriumnitrat* oder *Kaliumnitrat*. In einem weiteren Beispiel nahm Lavoisier an, dass Sauerstoff ein essentielles Element für eine Säure sei. Diese Annahme hat sich jedoch nicht bestätigt (siehe: *Salzsäure*). Die Benennung von Säuren hat sich dabei relativ komplex entwickelt, wobei Säuren mit dem höchsten Sauerstoffgehalt ihrer Art ein Name zugewiesen wurde, der sich aus dem Element der Säure und dem Suffix *-säure* zusammensetzt (siehe: *Schwefelsäure*). Dieses System wurde jedoch nicht lückenlos angewendet. *Kieselsäure* müsste demnach in *Siliciumsäure* oder *Kohlensäure* in *Kohlenstoffsäure* umbenannt werden.²¹ Das Problem durch historisch bedingte Stolpersteine wird jedoch relativiert, da SchülerInnen das spezielle Hintergrundwissen oftmals fehlt und somit die Lehrperson das Wissen der SchülerInnen steuern kann.

2.2.4.2 Fachsprache als Stolperstein

Als weiteres Hindernis wird in diesem Kapitel die Fachsprache an sich angesprochen. Ob in verbaler oder geschriebener Form, die Fachsprache und ihre besonderen Charakteristika stellen SchülerInnen vor Probleme, die verhindern, dass Fachinhalte prozeduralisiert und verständlich in bestehende Vorstellungen eingegliedert werden oder diese erweitert. Allgemein formuliert sind die komplizierte Ausdrucksweise, sowie der spezielle Aufbau von fachlichen Texten grundsätzliche Schwierigkeiten.

²⁰ vgl. [11]: 4.

²¹ vgl. [12]: 173.

Schulbücher sind als Unterstützung des Unterrichts sowie als Nachschlagemöglichkeit für SchülerInnen gedacht. Verständliche Schulbücher sollen durch einfache prägnante Formulierungen glänzen, um für SchülerInnen das Lernen und Verstehen zu erleichtern. Jedoch ist es oftmals auch in Schulbüchern – nicht nur im fachlichen Diskurs oder bei Arbeitsunterlagen – der Fall, dass die verwendete Sprache zu kompliziert und somit schwer verständlich ist:

Die Energiedifferenzen zwischen Grundzustand und den verschiedenen angeregten Zuständen entsprechen bei jeder Atomart ganz bestimmten charakteristischen Energiequanten. [58]: 1-33

Merzyn führt bei den Chemiebüchern ein Beispiel für verwendete Fachwörter insgesamt und pro Seite eines Schulbuches an. Die Gesamtzahl an Fachbegriffen liegt zwischen 1400 und 1650 und die Anzahl der neuen Fachbegriffe pro Seite zwischen 5 und 12. SchülerInnen werden gezwungen diese zahlreichen Fachbegriffen zu lernen, bevor sie sich dem eigentlichen Inhalt zuwenden können. Darunter leidet auch der allgemeine Lernerfolg. Diese Probleme der Fachsprache auf der Wortebene kann auch auf die Satz- und Textebene ausgeweitet werden. Zu lange und zu komplizierte Sätze, sowie spezielle Wörter und die Verwendung von Nominalstil erschweren das Verständnis.²²

Eine weitere Unterteilung des Stolpersteins *Fachsprache* ist auf morphologische und syntaktische Besonderheiten bezogen, wobei auch Fachinhalte und die Struktur auf der Textebene berücksichtigt werden. Aus morphologischer Sicht sind Probleme auf einzelne Begriffe bezogen, da diese für den Alltagsgebrauch eher untypisch und somit unbekannt sind. Syntaktische Probleme sind auf den komplexen Satzbau zurückzuführen. Fachliche Inhalte können in Bezug auf ihre Darstellungsform Schwierigkeiten bereiten. Der Umgang mit Darstellungsformen und das Entnehmen von Informationen daraus muss extra thematisiert werden. Schließlich ist die Struktur auf Textebene ein weiterer Faktor, der für das Verstehen von SchülerInnen entschlüsselt werden muss. Komplexe und verdichtete Formulierungen konzentrieren einen maximalen Grad an Information auf ein Minimum an Text.

2.2.4.3 Fachbegriffe mit Mehrdeutigkeit – Fachsprache vs. Alltagssprache

Das Problem bei Fachbegriffen mit Doppel- oder Mehrdeutigkeit darf im Unterricht nicht unterschätzt werden. Der Kontext, in dem der Begriff genutzt wird, ist entscheidend für das Verständnis. Ein Fall von Mehrdeutigkeit wird *Homonymie* genannt. Dabei handelt es sich um eine Form, bei der die Bedeutungen eines Wortes weit auseinander liegen. *Base* ist

²² vgl. [16]: 76–78.

ein Beispiel für einen Begriff mit homonymischer Bedeutung, er kann für *Cousine* oder *Protonenakzeptor* stehen. Im Gegensatz dazu gibt es Wörter mit polysemischer Bedeutung (*Polysemie*). Dabei handelt es sich um eine Form, bei der die Bedeutungen eines Wortes Ähnlichkeiten aufweisen. Ein Beispiel dafür ist das Wort *Verbindung*, welches unter anderem für *das Verbundene* oder *Zusammenhang* stehen kann. Hierbei ist der genaue Kontext noch wichtiger für das Verständnis.²³ Weitere Beispiele für Begriffe mit Mehrfachbedeutungen sind *Teilchen*, *Oxidation* und *Säure*. *Teilchen* kann beispielsweise innerhalb der chemischen Fachsprache für *Atom* oder *Molekül*, *Oxidation* für die Abgabe von Elektronen oder die Erhöhung der Oxidationszahl und *Säure* für *Protonendonator* oder *Elektronenpaarakzeptor* stehen.²⁴

Außerdem sind in der chemischen Fachsprache auch Wörter zu finden, deren Bedeutung in Alltags- und Fachsprache unterschiedlich sind. Entweder wird hierfür das Wort einfach übernommen oder es werden Wörter zusammengesetzt. Auch hierbei ist der Kontext, in dem der Begriff verwendet wird, entscheidend für das Verständnis. Wenn im Chemieunterricht von *gasförmigen Stoffen* gesprochen wird, kann aus dem Kontext von SchülerInnen geschlossen werden, dass damit nicht Textilien gemeint sind. Bei der Übernahme von Begriffen aus der Alltags- in die Fachsprache kann die Bedeutung des Wortes erweitert oder verengt, oder eine neue Bedeutung zugewiesen werden.²⁵

Vorgefertigte SchülerInnenvorstellungen können ebenfalls zu Stolpersteinen in Verbindung mit Alltags- und Fachsprache führen. Oftmals stimmen die verinnerlichteten Bedeutungen von Prozessen oder Begriffen mit der korrekten fachlichen Verwendung nicht überein. Begriffe wie *Wärme* oder *Verbrennung* haben hier großes Potential zur Problembildung. Im Unterricht gehen Stoffumwandlungen meist mit der Vorstellung, dass nichts verloren geht und Energie erhalten wird überein. Im Alltag werden Verbrennungen unter Umständen als zerstörerisch angesehen, wenn beispielsweise Häuser betroffen sind. Daher muss die Lehrperson besonderes Augenmerk auf die Bedeutungsänderung in der Fachsprache legen.²⁶ Probleme mit der Bedeutung von Fachbegriffen können in einem ersten Schritt direkt während des Unterrichtens eliminiert werden, in dem entbehrliche Fachbegriffe weggelassen werden. Dazu zählen beispielsweise hochtechnische Begriffe, selten verwendete Wörter, sowie zu stark spezifizierte Begriffe bei denen die Verwendung

²³ vgl. [4]: 44, 46.

²⁴ vgl. [13]: 12.

²⁵ vgl. [4]: 52-54.

²⁶ vgl. [14]: 96.

des Überbegriffs, beispielsweise *Druck* ausreichend ist und die Spezifizierung in einem zusätzlichen Satz vorgenommen werden kann.²⁷

2.2.5 Häufige Stolpersteine im Chemieunterricht

Ausgehend vom Forschungsfeld *Stolpersteine* im Chemieunterricht, werden hier häufige Beispiele herausgearbeitet und deren problembildender Charakter untersucht. Dabei handelt es sich um Einzelbeispiele, die bestimmte Konzepte oder Begriffe umfassen, oder um gesamte Unterrichtskapitel, die zu Verständnisschwierigkeiten bei SchülerInnen führen. Die Mehrheit dieser häufigen Stolpersteine ist in die Kategorie des Kapitels 2.2.4.3 einzuordnen, da sie auf die Mehrdeutigkeit von Begriffen in Alltags- und/oder Fachsprache zurückzuführen sind.

2.2.5.1 Einzelbeispiele

Die Begriffe *Zucker*, *Salz* oder *Alkohol* können ein Problem darstellen, da fachliche Überbegriffe im Alltag anstatt eines spezifischeren fachlichen Begriffes verwendet werden. Diese Bedeutungsveränderung vom speziellen alltäglichen Gegenstand zum chemischen Überbegriff einer Klasse von Stoffen sollte klar besprochen werden, um Vertauschungen zu vermeiden.²⁸ Ein weiterer Stolperstein ist die Beschreibung der Verben *brennen*, *glimmen* und *glühen*. zurückzuführen. Im Alltag werden *glimmen* und *glühen* oft synonym verwendet. Bei einfachen SchülerInnenversuchen wie der *Glimmspanprobe* ist das genaue Verständnis dieser Begriffe wichtig. *Brennen* umfasst im Gegensatz zu *glimmen* und *glühen* eine Flamme, *glimmen* im Gegensatz zu *glühen* eine Stoffumwandlung.²⁹

Auch der Verwendung des Adjektivs *edel* liegt ein Verständnisproblem inne. Im Alltag liegt die Bedeutung bei *ehrenwert* oder *wertvoll*, wohingegen im chemischen Kontext von *reaktionsträge* zu sprechen ist. In der Chemie ist beispielsweise Diamant unedler als Eisen, was der alltagssprachlichen Vorstellung klar widerspricht.³⁰ Ein weiteres Adjektiv mit Potential zum Stolperstein ist *rein*. Im chemischen Alltag ist die Bedeutung *Verunreinigungen mit Reagenzien nicht nachweisbar* zutreffend. Im Gegensatz dazu steht die alltagssprachliche, viel weitere Bedeutung *frei von Schmutz/Verunreinigungen*. Hierbei ist wichtig, dass für das chemische Verständnis betont wird, dass Verunreinigungen nicht immer mit freiem Auge sichtbar sein müssen. Ansonsten kann ein Verständnisproblem entstehen, da SchülerInnen beispielsweise die Reinheit von Wasser mit bloßem Auge (als

²⁷ vgl. [15]: 48, 49.

²⁸ vgl. [17]: 14.

²⁹ vgl. [18]: 89.

³⁰ vgl. [19]: 112.

frei von Schmutz) feststellen wollen. Ähnliche Beispiele wurden schon im Unterkapitel „Fachbegriffe mit Mehrdeutigkeit – Fachsprache vs. Alltagssprache“ angeführt. Des Weiteren ist die Bedeutung des Begriffspaares *sauer/Säure* ohne Kontext problematisch. Die Gegenüberstellung mit einem anderen Begriffspaar, entweder mit *basisch/Base* oder *süß/Zucker*, präzisiert die Bedeutung von *sauer/Säure*. Die Verwendung des Begriffs *Metall* kann auch zum Stolperstein werden. Aus chemischer Sicht ist ein Metall „metallischer“ je unedler es ist, wohingegen aus alltagssprachlicher Sicht ein Metall als umso „metallischer“ angesehen wird, je edler es ist. Vollmer führt dazu ein Beispiel aus einem Schulbuch an, darin heißt es „Natrium, ein seltsames Metall“ (Vollmer 1980: 60). Fachlich aus Chemikersicht wäre es jedoch richtig, Natrium ein *typisches Metall* zu nennen, da der Metallcharakter unter anderem durch eine Neigung, untermauert durch Tendenzen im Periodensystem, zu leichter Abgabe eines oder mehrerer Außenlektronen definiert wird.³¹

2.2.5.2 Bestimmte Unterrichtsthemen

Einige Themengebiete im Chemieunterricht sind speziell betroffen, wenn von Stolpersteinen gesprochen wird. Dazu zählen das Energie-Konzept, Redox-Reaktionen, chemisches Rechnen und die Elektrochemie. In Bezug auf das Energie-Konzept sind der logische Widerspruch im Gebrauch der Begriffe *Energieverbrauch* und *Energieerhaltung*, die synonyme Verwendung von *Energie* und *Kraft*, sowie die Vermischung von *Energie* als Zustandsgröße und den Prozessgrößen *Arbeit* sowie *Wärme* beispielsweise problemstiftend. Die ersten beiden Beispiele beziehen sich auf die Vermischung von Alltags- und Fachgebrauch, das dritte Beispiel ist auf eine ungenaue Definition zurückzuführen. Außerdem sollten die Begriffe *Wärme* und *Temperatur* klar unterschieden werden.³²

Bei Redoxreaktionen ist eines der größten Probleme, dass es unterschiedliche Definitionen für die Begriffe *Oxidation*, *Reduktion* und *Redoxreaktion* gibt. Dabei widersprechen historische Definitionen den heutigen Beschreibungskonzepten. Zusätzlich sind Illustrationen der Umgruppierung von Sauerstoffatomen mit kleineren Kationen und größeren Anionen problematisch, da dabei die Fehlvorstellung entstehen kann, dass Atome durch Erwärmung die Größe verändern.³³ Außerdem geben Hablitz-Tkocz und Werner ein anschauliches Beispiel für die problematische Vermischung der Stoff- und

³¹ vgl. [4]: 58–60.

³² vgl. [20]: 29-31.

³³ vgl. [21]: 5, 7, 8.

Teilchenebene: „Der elementare Wasserstoff (Stoffebene!) entzieht hierbei dem Kupferoxid (Stoffebene!) die gebundenen Sauerstoff-Atome (Teilchenebene!) und reagiert zur Verbindung Wasser (Stoffebene!).“ ([21]: 7) Gleichzeitig wird eine optimierte Erklärung geboten: „Kupferoxid reagiert mit Wasserstoff zu Kupfer und Wasser. Dabei reagieren die Wasserstoff-Moleküle mit den Oxid-Ionen aus dem Kupferoxid-Gitter zu Wasser-Molekülen.“ ([21]: 7)

In der Elektrochemie ist die Verwendung der Begriffe *Anode* und *Kathode* mit Problemen behaftet, da bei elektrolytischen Vorgängen (erzwungen) oder galvanischen Elementen (freiwillig) der Minus- und Pluspol jeweils einmal *Anode* und einmal *Kathode* ist. Somit wird die Zuteilung von SchülerInnen sehr leicht durcheinander gebracht. Dies muss in der didaktischen Planung berücksichtigt werden.³⁴

2.2.6 Methoden(werkzeuge) für den sprachsensiblen Unterricht

Eine allgemeine Möglichkeit Unterrichtsinhalte didaktisch effektiv aufzubereiten und Problemen, die durch Stolpersteine verursacht werden können, vorzubeugen sind Methodenwerkzeuge, ein weiteres Forschungsfeld des sprachsensiblen Fachunterrichts. Dabei handelt es sich um Methoden oder Hilfestellungen um SchülerInnen in ihren Lernprozessen voranzubringen. Der Einsatz dieser didaktischen Werkzeuge ist fachunabhängig und soll die Kommunikation in der Schule anregen.³⁵ Freimann und Schlieker charakterisieren Methodenwerkzeuge als Ursprung schüleraktiven Unterrichts, aktivierend für selbstständiges Arbeiten von SchülerInnen und fordernd sowie fördernd. Dabei wird der Wechsel zwischen den in Kapitel 2.2.2 vorgestellten Darstellungsebenen methodisch genutzt, Informationen für besseres Verständnis aufbereitet und der individuelle Forschungsdrang geweckt.

Trotz der aufwendigeren Vorbereitungsphase wird durch den Einsatz von eben diesen Werkzeugen die Lehrperson während der Unterrichtsstunde entlastet und es bleibt somit Zeit für individuelle Fragen oder Problemen von SchülerInnen. Außerdem sind sie in einer Vielzahl von Kontexten anwendbar und adaptierbar. Der Verlauf dieser Methodik kann nach Belieben strukturiert und somit für angeleitete bis unangeleitete Unterrichtssequenzen eingesetzt werden.³⁶ Leisen stellt fest, dass Methodenwerkzeuge in LehrerInnenhand, also von der Lehrperson erstellt und eingesetzt, oder in

³⁴ vgl. [9]: 75, 76.

³⁵ vgl. [22]: 2.

³⁶ vgl. [23]: 7-9.

LernerInnenhand, also von Lehrperson und/oder LernerInnen geplant und von jenen auch eingesetzt, sein können. Die Merkmale der beiden Gruppen unterscheiden sich durchaus. Werkzeuge in Lehrerhand nutzen die Zeit effektiv, sind auf Einzelarbeit der SchülerInnen ausgelegt, in Form von Arbeitsblättern vorbereitet und unterstützend in der Übungsphase einsetzbar. Methodenwerkzeuge in Lernerhand hingegen sind in Bezug auf das Zeitmanagement unsicher – nicht alle SchülerInnen brauchen gleich lange –, auf Gruppenarbeit ausgelegt, unterschiedlich einsetzbar und vorbereitungsintensiv.³⁷ Beispiele für Methodenwerkzeuge sind Puzzles, Memorykärtchen, Reizwortaufgaben, Mind-Maps, Reformulierungsaufgaben, Diagramme, Auswahlaufgaben oder Lückentexte. Einige Methodenwerkzeuge werden in den Kapiteln 3.4.1 und 3.4.3 als Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen im sprachsensiblen Experimentierunterricht präsentiert.

3. Sprachsensibler Experimentalunterricht in der Chemie

3.1 Ziele für den Experimentalunterricht mit Fokus auf Sprachsensibilität

Durch Experimente kann gezeigt werden, wie Erkenntnis in der Chemie entsteht. Historisch gesehen wurde Chemieunterricht von Beginn an durch den Experimentalunterricht und die daraus resultierende Erkenntnisfindung definiert. Chemie ist die Wissenschaft der Stoffe. Um Stoffe und deren Verhalten zu untersuchen ist der methodische Einsatz von Experimenten auch im Unterricht eminent wichtig. Das *Royal College of Chemistry* veröffentlichte im 19. Jahrhundert wichtige Inhalte des Chemieunterrichts. Neben fachlichen Inhalten und fachlichem Austausch innerhalb von Europa wird die Wichtigkeit von „hands-on-experience and experiments“ hervorgehoben.³⁸

3.1.1 Ziele für den Experimentalunterricht

Um bestimmte Ziele des chemischen Experimentalunterrichts formulieren zu können, wurde von Welzel *et al* eine umfassende Umfrage in europäischen Ländern durchgeführt. Zu diesen Ländern zählten Dänemark, Deutschland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien und Italien. Teil 1 der Umfrage umfasste die Formulierung von sogenannten Hauptzielkategorien, die als allgemeine Ziele für den Experimentalunterricht dienen. Aus den in Abbildung 4/links formulierten Zielen wurden anschließend in Teil 2 der

³⁷ vgl. [1]: 92.

³⁸ vgl. [24]: 17, 18.

Umfrage die drei wichtigsten Ziele erhoben und das Ergebnis in Abbildung 4/rechts erhalten.³⁹

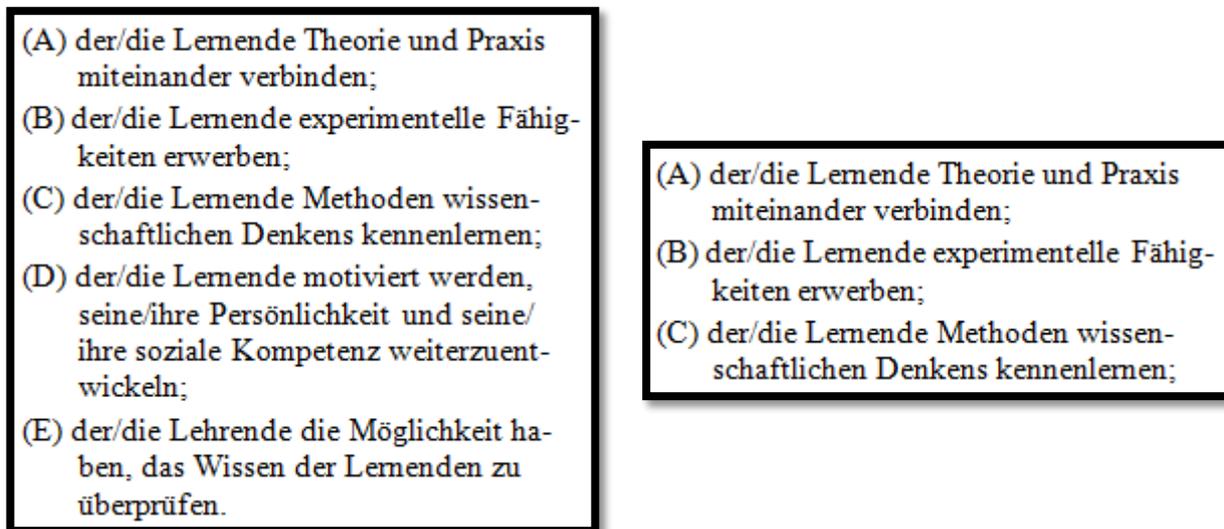


Abbildung 4: Hauptzielkategorien (links) und die drei wichtigsten Ziele (rechts)

3.1.2 Sprachförderung als Ziel des chemischen Experimentalunterrichts

Der sprachensible Charakter des Experimentalunterrichts wird ebenso von der Motivation der SchülerInnen getragen. Es können Sprachlernen und Fachlernen im Chemieunterricht effektiv kombiniert werden. In Bezug auf die Sprache können SchülerInnen unter anderem lernen, wie Beobachtungen ausgedrückt und Argumentationen formuliert werden. Bezüglich der Fachinhalte werden, neben der Theorie, außerdem Genauigkeit, Teamfähigkeit bei Gruppenarbeiten und die Handhabung bestimmter Geräte gelernt. Die in diesem Unterkapitel als „weitere Eckpunkte“ angeführten Charakteristika können auch auf sprachensible Experimentierunterlagen umgelegt werden. Die Formulierungen von Experimentieranleitungen müssen fachlich korrekt und mit besonderem Augenmerk auf schwierige Fachwörter verfasst werden. Die verwendete Sprache muss auf das Alter und die gegebene sprachliche Kompetenz der SchülerInnen angepasst werden. In den Zielen nach der Umfrage von Welzel *et al* sind jedoch nur fachliche Ziele berücksichtigt. In Bezug auf das Experimentieren im sprachsensiblen Chemieunterricht werden neben diesen fachlichen Zielen ebenso sprachliche Ziele verfolgt.

³⁹ vgl. [25]: 33, 34.

3.2 Besonderheiten von sprachsensiblen Aufgabenstellungen und sprachsensiblen Experimentiervorlagen

3.2.1 Sprachensible Aufgabenstellungen

Der Nutzen von sprachsensiblen Aufgaben kann an einigen besonderen Charakteristika festgemacht werden. Sprachensible Aufgaben fordern und fördern Sprachbeiträge, Problemlösungskompetenzen und Handlungskompetenzen der SchülerInnen, da sie Lernprozesse begleiten und beeinflussen. Außerdem werden durch Aufgaben, im Vergleich zu Frontalunterricht, alle SchülerInnen zu aktiver Mitarbeit gebracht und durch die sprachsensiblen Arbeitsaufträge beim eigenständigen, aber auch gemeinsamen, Arbeiten unterstützt. Sprachensible Aufgaben sind am sprachlichen Ist-Wissen orientiert. Dafür werden Aufgaben mit zwei- oder mehrdimensionalen Fragestellungen erstellt. Dadurch müssen SchülerInnen ihr Vorwissen mit dem neuen Input verknüpfen, um die Aufgaben lösen zu können. Durch diese kognitiv ausgerichteten Aufgabenstellungen werden bestehende Vorstellungen von SchülerInnen in Frage gestellt oder untermauert, wobei verschiedene Kompetenzen wie beobachten, diskutieren oder Verknüpfung von Schlussfolgerungen beansprucht werden.⁴⁰

Bei der Erstellung von sprachsensiblen Arbeitsmaterialien sollten besondere Kriterien berücksichtigt werden. Das erforderliche Sprachbewusstsein beginnt bei der Planung der Unterrichtseinheit, in der die Lehrperson Problemfelder lokalisieren und darauf reagieren muss. Oftmals müssen bestehende Unterlagen, wie beispielsweise Experimentiervorlagen aus Schulbüchern, adaptiert werden. Arslan führt in seinem Artikel eine Liste mit Hilfestellungen zur Erstellung von Arbeitsunterlagen mit sprachsensiblen Charakter auf. Diese wurde in Abbildung 5 für Versuchsanleitungen adaptiert.⁴¹

Überschrift	gibt SchülerInnen ersten Ausblick auf das Thema	„Das Erhitzen von Eisen“
Unterüberschriften	unterteilen den Text in genauere Inhaltsabschnitte	Geräte Chemikalien Durchführung Beobachtungen/Skizze Ergebnis

⁴⁰ vgl. [1]: 83.

⁴¹ vgl. [26]: 23.

<p>visuelle Darstellung</p>	<p>Hilfe für Verständnis und Vorstellung</p>	<p><u>Versuchsaufbau:</u></p> 
<p>wichtige Fachbegriffe hervorheben und schwierige Begriffe beschreiben</p>	<p>legt Fokus auf Wichtiges, hilft bei Verständnisproblemen, verbessert die Arbeit mit dem Text</p>	<p>Das Eisen wird oxidiert¹, der Sauerstoff wird reduziert².</p> <p>¹Elektronen werden abgegeben, Ox.zahl ↑ ²Elektronen werden aufgenommen, Ox.zahl ↓</p>
<p>klare Struktur</p>	<p>hilft um sich im Text zurechtzufinden, unter anderem durch Unterüberschriften</p>	<p>1) <u>Gib</u> bodenbedeckt Eisen in die Metallschale. □ 2) <u>Wiege ab.</u> Masse₁ = __, __g □ 3) <u>Erhitze</u> das gesamte Eisen <u>von oben</u> mit dem Mikrobrenner. □ 4) etc...</p>

Abbildung 5: Hilfestellungen zur Erstellung von Arbeitsunterlagen mit sprachsensiblen Charakter

Bestimmte didaktische Gesichtspunkte verlangen angepasste Aufgabenstellungen. Dadurch ergeben sich für verschiedene Unterrichtssituationen unterschiedliche Arten von Aufgaben. Die vier Hauptarten, in die sprachsensibler Aufgaben eingeteilt werden können, sind:

- Aufgaben mit Lerncharakter
- Aufgaben mit Übungscharakter
- Aufgaben mit Diagnosecharakter
- Aufgaben mit Leistungscharakter

Lernaufgaben sollen SchülerInnen während des Lernprozesses unterstützen und durch beispielsweise gestufte Hilfen diesen auch steuern. SchülerInnen sollen ihre Vorstellungen selbstständig bilden und so ihr eigenes Verständnis des Fach- sowie Sprachinhaltes verbessern. Mit Lernaufgaben kann sowohl die Individualität als auch der Teamgeist gefördert werden, während die Lehrperson eine unterstützende Rolle inne hat. Bei Übungsaufgaben steht das Festigen des Lerninhalts im Vordergrund, wobei auch hier ein

Lerncharakter zu finden ist. Diese Aufgabenart sollte für optimalen Nutzen in differenzierter Form für die unterschiedlichen Niveaus der LernerInnen zur Verfügung gestellt werden. Diagnoseaufgaben sollen, im Vergleich zu Leistungsaufgaben, zur Überprüfung des eigenen Lernstandes den Ist-Stand für SchülerInnen aufzeigen. Dabei ist es wichtig, dass die Lehrperson die Schwächen der SchülerInnen mit diesen bespricht und Möglichkeiten zur Förderung bietet. Leistungsaufgaben, schließlich, dienen zur Überprüfung und Beurteilung der SchülerInnen. Die Aufgaben sind den Diagnoseaufgaben ähnlich. Vor allem Lern- und Leistungsaufgaben müssen im Unterricht klar voneinander unterschieden werden, da SchülerInnen in Lernphasen durch Leistungsaufgaben entmutigt werden könnten.⁴²

3.2.2 Sprachensible Experimentiervorlagen

Auch in Bezug auf sprachensible Experimentiervorlagen und -beschreibungen müssen nach Leisen besondere Anforderungen an diese gestellt werden. Um den SchülerInnen das Planen und Verfolgen des Ablaufs zu erleichtern, soll die zeitliche und logische Abfolge der Durchführungsschritte dargestellt werden. In weiterer Folge müssen die Ausführungen vollständig und präzise formuliert sein, um so zu langen, und somit verwirrenden, Anleitungsbeschreibungen vorzubeugen. Schließlich muss die Verwendung der Fachsprache im Kontext passend und insgesamt korrekt sein. Bei unbekanntem oder mit Schwierigkeiten behafteten Ausdrücken sollten Unterstützungen geboten werden. Diese Grundanforderungen sollen nicht nur an Experimentiervorlagen gestellt, sondern können auch als Ziele von Texten, die SchülerInnen produziert haben, formuliert werden.⁴³

Experimentbeschreibungen weisen Besonderheiten bezüglich des Wort- und Satzbaus auf. Diese Besonderheiten sind auch in der Alltagssprache zu finden, jedoch kommen diese nicht sehr häufig vor, weshalb sie für SchülerInnen eher unbekannt sind. Diese Spezifika auf Wort- und Satzebene wurden im Kapitel 2.2.1 beschrieben und können auch in Experimentiervorlagen gefunden werden, da diese Anleitungen oft Merkmale der Fachsprache aufweisen. Bei der Erstellung solcher Anleitungen muss jedoch beachtet werden, dass diese Merkmale auch Problemquellen darstellen und SchülerInnen nicht über eine uneingeschränkte Aufmerksamkeitsspanne verfügen. SchülerInnen können sich im Laborunterricht nicht länger als 60 Minuten konzentrieren.⁴⁴ Beispiele für sprachensible Experimentiervorlagen sind in Kapitel 5 dieser Arbeit zu finden.

⁴² vgl. [1]: 84.

⁴³ vgl. [27]: 18, 19.

⁴⁴ vgl. [28]: 137.

3.3 Schwierigkeiten von SchülerInnen mit Experimentierunterlagen

Im Kapitel „Stolpersteine im Chemieunterricht“ wurden Schwierigkeiten von SchülerInnen im Chemie- und allgemein im Fachunterricht, auch mit Verweisen auf die Kapitel 2.2.1 und 2.2.2 behandelt. Die Berücksichtigung dieser sprachlichen Stolpersteine durch die Lehrperson ist auch für die Erstellung von Experimentierunterlagen erforderlich. Dadurch werden das Verständnis und der Lernprozess von SchülerInnen unterstützt und an der fachlichen sowie sprachlichen Kompetenz gearbeitet. Sprachensible Experimentierunterlagen wirken diesen Schwierigkeiten entgegen.

3.3.1 Spezifische sprachliche Schwierigkeiten

Wichtig für das Arbeiten mit Experimentierunterlagen ist, dass SchülerInnen diese verstehen. Oftmals sind Verständnisprobleme, und nicht fachliche Probleme, der Grund für Schwierigkeiten im Unterricht. Als Beispiel dient Abbildung 6/links, bei der die Schwierigkeiten fett gedruckt wurden.

<p>Baue ein Experiment zur Reinigung (1) von Abwasser auf. Überlege dabei vorher (2), welche Bestandteile man (3) im Schmutzwasser finden kann und erinnere dich (4), wie man diese aus dem Wasser entfernen kann. Achte dabei besonders auf die sinnvolle Reihenfolge, nach der du die einzelnen Bestandteile des Schmutzwassers entfernen möchtest.</p> <p>(1) Nominalisierung (2) unlogischer Aufbau (3) unpersönliche Formulierung (4) mehrere Arbeitsaufträge pro Satz</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Welche Bestandteile kannst du im Abwasser finden?2. Wie kannst du die Bestandteile aus dem Abwasser entfernen?3. Welche Bestandteile entfernst du bei diesem Experiment zuerst? Warum?4. Entscheide dich für ein Experiment mit dem du Abwasser reinigen kannst. <p>Viel Spaß beim Experimentieren!</p>
---	--

Abbildung 6: Sprachliche Schwierigkeiten von Experimentierunterlagen und eine vereinfachte Version

Hier wird der Ablauf des Experiments beschrieben, jedoch das Verständnis von verschiedenen sprachlichen Faktoren beeinträchtigt. Einige dieser Faktoren werden in den Kapiteln 2.2.1 und 3.2 behandelt. Neben diesen sprachlichen Schwierigkeiten ist auch die

Abfolge der Aufträge nicht klar strukturiert, da mehrere verschiedene Aufgaben zusammengefasst wurden. Außerdem ist die unlogische Abfolge ein Problem, da SchülerInnen Experimentieranleitungen meist Schritt für Schritt abarbeiten und somit den richtigen Ablauf nicht sofort erkennen. Vereinfacht kann die problematische Experimentiervorlage in Abbildung 6/rechts gefunden werden. Ebenso können durch den Einsatz von Operatoren (konkrete Anweisungen), die, vor allem in der Oberstufe komplexen, Vorlagen vereinfacht werden.⁴⁵

Von der Lehrperson muss jedoch darauf geachtet werden, dass Hilfestellungen in Experimentiervorlagen nicht selbst zu Schwierigkeiten im Experimentalunterricht führen. Wie in Abbildung 7 dargestellt, wurde mit dem Wort *definiere* ein Operator verwendet, der für SchülerInnen ein klaren Arbeitsauftrag beschreiben soll.⁴⁶

<i>Definiere</i> die Begriffe Redoxreaktion, Oxidationsmittel, Reduktionsmittel.	
Antwort von SchülerIn 1:	Eine Redoxreaktion ist beispielsweise die Reaktion von Fe_2O_3 (rotes Eisenoxid) mit Magnesium: Magnesium entzieht dem Eisenoxid den Sauerstoff, d.h. ist hier das Reduktionsmittel. Eisenoxid ist das Oxidationsmittel, d.h. wird von Mg reduziert.
Antwort von SchülerIn 2:	Redoxreaktion = Oxidation und Reduktion laufen bei dieser Art von chemischer Reaktion gleichzeitig ab. <ul style="list-style-type: none">• Oxidationsmittel wird bei einer Redoxreaktion reduziert.• Reduktionsmittel wird bei einer Redoxreaktion oxidiert.

Abbildung 7: Hilfestellung (Operator) als Schwierigkeit

Wenn dieser Auftrag (auch solche, die in Experimentiervorlagen vorkommen können) nicht erfüllt wird (SchülerIn 2 schrieb keine Definition), zieht das nicht nur unter Umständen eine schlechte Beurteilung nach sich, sondern zeigt auch, dass Hilfestellungen nicht automatisch das Verständnis von SchülerInnen mit sich bringen. Dadurch wird gezeigt,

⁴⁵ vgl. [29]: 14, 15. // [27]: 18.

⁴⁶ vgl. [30]: 35, 38.

dass das Nutzen von Hilfestellungen mit SchülerInnen trainiert werden muss, um deren volles Potential ausschöpfen zu können.

3.3.2 Schwierigkeiten aus dem Umfeld

In Bezug auf die mögliche Heterogenität im Experimentalunterricht können auch allgemeine Hürden formuliert werden. Diese drei Hürden sind linguistischer, kultureller sowie institutioneller Art und beziehen sich auf SchülerInnen mit Migrationshintergrund sowie deutschsprachige SchülerInnen. Für das Thema dieser Arbeit ist vor allem die Hürde linguistischer Art interessant. Im sprachsensiblen Experimentalunterricht werden diese Schwierigkeiten linguistischer Art auf Defizite des naturwissenschaftlichen Unterrichts zurückgeführt und nicht als Schuld der SchülerInnen gesehen. Nicht nur im Sprachunterricht, sondern auch im Fachunterricht – auch als Entlastung des Sprachunterrichts – soll die Sprachkompetenz gefördert werden. Ebenso in Bezug auf SchülerInnen mit Migrationshintergrund sind diese sprachlichen Schwierigkeiten in der Schule zu verbessern, da Eltern oftmals selbst nicht die sprachliche Kompetenz haben, um ihre Kinder zu fördern.⁴⁷

Eine Schwierigkeit im Experimentalunterricht, die sich auf die Erstellung und den Stil von Experimentiervorlagen direkt auswirkt, ist genau dieser Umgang mit Heterogenität im Klassenzimmer. Dabei beschreibt der Begriff *Heterogenität* Unterschiede im Klassenzimmer, die auf SchülerInnen bezogen sind. Es kann sich um fachliche oder auch sprachliche Unterschiede handeln. Die Unterschiede im Ist-Zustand der fachlichen und sprachlichen Kompetenzen sollten auch in Experimentiervorschriften berücksichtigt werden, da bei Nichtberücksichtigung SchülerInnen mit Schwierigkeiten auf der Strecke bleiben. Die Konsequenz für die Lehrperson ist, dass ein heterogenes Klassenzimmer verschiedene Hilfestellungen benötigt. Hilfestellungen, wie beispielsweise kleinschrittige Anleitungen, können jedoch ebenso zu Schwierigkeiten führen, wenn sie so kleinschrittig sind, dass sie SchülerInnen davon abhalten, über die einzelnen Durchführungsschritte nachdenken zu müssen und somit der Lerneffekt geschmälert wird. Ferner wird durch Hilfestellungen die Menge an zu Lesendem vergrößert, was bei sprachschwachen SchülerInnen nicht unbedingt die gewollte Unterstützung bewirkt.⁴⁸

⁴⁷ vgl. [31]: 72, 73.

⁴⁸ vgl. [32]: 19-21.

3.4 Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen

Die in diesem Kapitel präsentierten Möglichkeiten zur Unterstützung von SchülerInnen können helfen, den in Kapitel 2.2.4 und 3.3 vorgestellten Stolpersteinen entgegenzuwirken. Im Chemieunterricht ist Potenzial vorhanden, SchülerInnen mit Defiziten im Sprachbereich schon im regulären Unterricht zu fördern. Diesen kommen die im Chemieunterricht verwendete Kurzschreibweisen von Formeln, piktographische Abbildungen sowie schematische Darstellungen von Vorgängen zugute, da dadurch Ursachen von Verständnisproblemen von Beginn an ausgeräumt werden.

Um SchülerInnen in ihrem Lernprozess während des Experimentalunterrichts zu unterstützen, kann die Lehrperson verschiedene sprachensible Hilfestellungen anwenden. In diesem Kapitel werden Unterstützungsmöglichkeiten bei der Arbeit mit Texten, wie beispielsweise Experimentiervorschriften, bei der Arbeit mit Begriffen oder Phrasen und visuelle Hilfsmittel präsentiert. Methodenwerkzeuge, beispielsweise, können auch im sprachsensiblen Experimentalunterricht als Unterstützung angewendet werden.⁴⁹ Josef Leisen hat in seinem Werk *Handbuch Sprachförderung im Fach* einen Praxisteil beigelegt, der zahlreiche sprachensible Methodenwerkzeuge, sowie Lese- und Schreibstrategien inklusive Lese-, Schreib- und Sprachübungen enthält [1]. „C. | Praxis der Sprachförderung im sprachsensiblen Fachunterricht“.

3.4.1 Möglichkeiten der Unterstützung bei der Arbeit mit Texten

Zu Beginn des Kapitels wird gezeigt, wie ein Text an eine bestimmte Unterrichtssituation angepasst werden kann. Danach werden einige Methodenwerkzeuge als Hilfestellungen vorgestellt, da diese SchülerInnen beim Auseinandersetzen mit Versuchsanleitungen, aber auch mit Fachtexten, helfen können.

3.4.1.1 Verständlichkeitsanalyse

Bei der Erstellung einer Experimentieranleitung muss der Lehrperson klar sein, dass es sich dabei um einen Fachtext handelt, der den SchülerInnen als Anleitung dienen soll. Der Text soll produktiv lesbar sein, also klar verständlich darlegen, was zu tun ist. Dabei muss die Versuchsanleitung das sprachlichen sowie fachlichen Niveau der SchülerInnen berücksichtigen und gegebenenfalls unterstützend wirken. Für die Erstellung einer

⁴⁹ vgl. [13] // [23]. // [22].

sprachsensiblen Experimentiervorlage kann eine Verständlichkeitsanalyse der Anleitung (Abbildung 8) hilfreich sein.⁵⁰

Verständliche Experimentieranleitungen, wie geht das?		
<u>einfach</u>	<u>übersichtlich</u>	<u>anschaulich</u>
Begriffe verwenden, die die SchülerInnen bereits kennen	Gliederung durch Unterüberschriften/Absätze	Beispiele zum besseren Verständnis anführen
neue Fachbegriffe erklären, bei Bedarf mit einem Beispiel	logische Reihenfolge beachten (wichtig bei Durchführungsschritten)	visuelle Unterstützung (wenn möglich als Skizzen, Bilder, Illustrationen, Schemata)
kurze Sätze, nicht verschachtelt oder zu langatmig, einfache Satzstruktur, einfache grammatikalische Strukturen	wichtige Begriffe oder Schlüsselwörter hervorheben (neue Wörter, Fachbegriffe...)	Alter der SchülerInnen berücksichtigen (Farben, Bilder, Illustrationen, rhetorische Fragen...)
keine informationsüberladenen Sätze, bei Bedarf Sätze verkürzen und teilen	Möglichkeit zur Findung einer Erklärung einbauen (Lückentext, Wörtersalat, Wörterschlange, gezielte Fragen...)	SchülerInnen direkt ansprechen, nicht zu unpersönlich („du“ statt „man“)

Abbildung 8: Verständlichkeitsanalyse für Experimentieranleitungen

3.4.1.2 Beispiele für Methodenwerkzeuge

Bei *gestuften Hilfen* sollen SchülerInnen während dem selbstständigen Arbeiten mit konkreten Anregungen unterstützt werden. Dabei werden einerseits fachliche Tipps gegeben, andererseits beispielsweise Fragen gestellt, um das Vorwissen der SchülerInnen zu aktivieren oder Hinweise gegeben, wie SchülerInnen weiterarbeiten können, falls sie festgefahren sind. Am Beginn der gestuften Hilfen steht meist die Aufforderung die Angabe in eigenen Worten dem Gegenüber zu formulieren (Abbildung 9). Effektiv sind die Hilfen, wenn SchülerInnen nicht wissen, wie sie im nächsten Schritt vorgehen sollen. Durch Beobachtung kann die Lehrperson, wenn notwendig, Unklarheiten direkt ausräumen und erhält währenddessen einen Überblick über das Vorgehen bei Problemlösungen der SchülerInnen.⁵¹

⁵⁰ adaptiert von [1]: 123, 124. // [33]: 10

⁵¹ vgl. [34]: 26-28.

Hilfe 1:

Erklärt euch gegenseitig die Aufgabe noch einmal in eigenen Worten. Klärt dabei, wie ihr die Aufgabe verstanden habt und was euch noch unklar ist.

Hilfe 2:

Erinnert euch: Um die Dichte eines Gegenstands zu ermitteln, bestimmt man seine Masse und sein Volumen und setzt beides zueinander in Beziehung.

Abbildung 9: Beispiele für gestufte Hilfen

Concept-Maps sind ein geeignetes Hilfsmittel um SchülerInnen das Vernetzen von Fachbegriffen mit ihren Vorstellungen durch Veranschaulichung zu erleichtern. Es können damit Wissens-elemente übersichtlich per Hand oder am Computer (CmapTools, FreeMind...) strukturiert werden. Dabei werden beispielsweise die Beziehungen zwischen bestimmten Fachbegriffen zu ihrer Bedeutung und den Vorstellungen der SchülerInnen graphisch dargestellt (Abbildung 10). Es können auch Formelsprache integriert und Bedeutungen von Zusammenhängen besser abgebildet werden. Concept-Maps können als Einstieg zu einem Thema, als Diskussionsbasis oder als Wissenssicherung am Ende eines Unterrichtsthemas oder am Ende von Experimenten verwendet werden. Nach Belieben kann der Komplexionsgrad gesteigert werden, solange die Übersichtlichkeit darunter nicht leidet. Jedoch sollte der Inhaltsumfang beschränkt werden, da die Konzepte sonst zu umfangreich werden können.⁵²

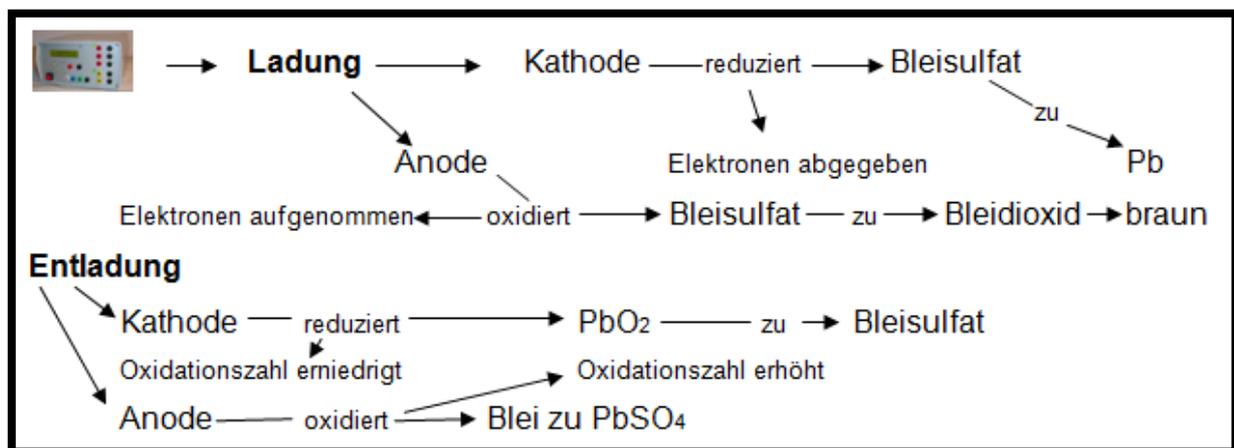


Abbildung 10: Concept-Map zum Experiment „Blei-Akkumulator“

Unter *Scaffolding* wird verstanden, dass sprachliche Lernprozesse durch Hilfestellungen systematisch unterstützt werden. Dabei wird in verschiedenen Stufen vorgegangen. In Schritt 1, dies kann ein Experiment sein, wird von SchülerInnen in Alltagssprache

⁵² vgl. [35]: 32-34.

gesprochen, die Sprache ist dabei kontextgebunden. In Schritt 2, dies kann eine Forscherkonferenz nach den durchgeführten Versuchen sein, stellt die Lehrperson sprachliche Attribute zur Verfügung, um so Aussagen der SchülerInnen fachsprachlich zu reformulieren. Die Lehrperson hat in dieser Phase eine unterstützende Funktion. Diese Phase kann einige Zeit in Anspruch nehmen. In Schritt 3 soll das neu erlernte Sprachwissen angewendet werden, indem entweder ein fachlicher Text bearbeitet oder selbst von SchülerInnen geschrieben wird (Protokoll). Dabei kann auch auf zuvor erstellte Lernplakate mit komplexen Konzepten zurückgegriffen werden. Im letzten Schritt soll das Sprachwissen gefestigt werden. Das kann unter anderem durch weitere Experimente gelingen. Bei der Planung des Unterrichts muss die Lehrperson sprachliche Besonderheiten im Vorhinein ausmachen und sich Unterstützungen dazu überlegen. Die Lehrperson sollte vor Beginn des Themenblocks den SchülerInnen themenspezifischen sprachlichen Input (wichtige Begriffe, grammatikalische Konstruktionen, hilfreiche Phrasen für Beschreibungen...) zur Verfügung stellen. Als möglicher Nachteil kann hierbei angeführt werden, dass die Methode des Scaffoldings in der Planungs- und Durchführungsphase sehr zeitintensiv ist.⁵³

3.4.2 Möglichkeiten der Unterstützung mit Begriffen oder Phrasen

Auch auf der Wortebene können SchülerInnen unterstützt werden. Neben einigen der von Leisen erarbeiteten Strategien und Methodenwerkzeugen [1]. „C.| Praxis der Sprachförderung im sprachsensiblen Fachunterricht“ können auch noch Wortgruppen, also Phrasen, und einzelne Begriffe oder die Arbeit mit diesen zur Unterstützung beitragen.

3.4.2.1 Arbeit mit Phrasen

Eine wichtige Kompetenz im Chemieunterricht ist das *Erstellen von Versuchsprotokollen*. Nicht nur der fachliche Aspekt steht hier im Vordergrund, auch an der Sprachkompetenz kann in diesem Zusammenhang gearbeitet und diese gefördert werden. Ein weites Feld an fachsprachlicher und allgemeinsprachlicher Kompetenz ist erforderlich, um vollständige und überzeugende Versuchsprotokolle zu schreiben. Neben der Übung von grammatikalischen Strukturen oder korrekter Satzstellung können auch bestimmte Phrasen geübt werden, die für die Erstellung eines Protokolls wichtig sind. Dabei kann auch auf die verschiedenen Texttypen eines Protokolls eingegangen werden. Die Durchführung ist eine Prozessbeschreibung, Beobachtungen sind Faktenbeschreibungen

⁵³ vgl. [36]: 35, 37/Abb. 2.

und Annahmen sind erklärende, grammatikalisch komplexe Abschnitte. Für jeden dieser Texttypen gibt es charakteristische Phrasen. Busch und Ralle bieten in ihrem Artikel (Busch/Ralle 2011: 55.) ein Lernplakat mit solchen hilfreichen Phrasen zur Anfertigung eines Versuchsprotokolls.⁵⁴

Eine weitere Methode der Unterstützung sind *kleinschrittige Anleitungen* und Visualisierung von Lerninhalte. Dadurch kann die Lehrperson sicherstellen, dass SchülerInnen mit einem logischen Zugang an Experimentiervorschriften herangehen, während die bestehenden Vorstellungen aktiviert werden. Außerdem ist der Zugang klar strukturiert und die SchülerInnen werden nicht überfordert. Zur Visualisierung sollen verschiedene Darstellungsformen kombiniert werden, um die Lerninhalte vielschichtig zu präsentieren.⁵⁵

3.4.2.2 Arbeit mit Begriffen

Operatoren sind Verben, die Arbeitsaufträge genau spezifizieren sollen. Somit sollen SchülerInnen genau wissen, was von ihnen verlangt wird. Die Bedeutung der für die Lehrperson eindeutigen Operatoren müssen mit SchülerInnen jedoch besprochen werden, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Als Hilfe zum Verständnis von Operatoren können Tipps gegeben werden. Solche Hilfestellungen hat Graf in seinem Artikel als Kopiervorlage integriert (Beispiele davon in Abbildung 11). Des Weiteren ist für SchülerInnen von Vorteil, wenn sie die gesamte Anleitung vor Beginn der Arbeit durchlesen und Operatoren unterstreichen, um das Ausmaß des Arbeitsauftrags zu überblicken.⁵⁶

Operator	Beispiel	Erwartung der Lehrperson
beschreiben: umfassende Angaben über einen Sachverhalt unter Nutzung von Fachbegriffen darlegen	Beschreibe das Versuchsergebnis der Wasserelektrolyse mit Hilfe des Hoffmann'schen Wasserzersetzungsapparates	+Pol: Sauerstoff (1/2 Vol.anteil) -Pol: Wasserstoff (1 Vol.anteil)
gliedern: vorgegebene oder selbst gewählte Merkmale ein-/zuordnen	Welche zwei Formeln passen nicht dazu? Begründe! Fe ₂ O ₃ , CuO, NaCl, CuO, ZnI ₂ , H ₂ O	NaCl, ZnI ₂ (keine Oxide)

⁵⁴ vgl. [7]: 54,55.

⁵⁵ vgl. [9]: 77-79.

⁵⁶ vgl. [30]: 36-38.

vergleichen: Gemeinsamkeiten und Unterschiede aufzeigen	Vergleiche Wasserstoff und Sauerstoff	<u>Wasserstoff:</u> gasförmig, brennbar, fördert die Verbrennung nicht <u>Sauerstoff:</u> gasförmig, nicht brennbar, fördert die Verbrennung
--	--	---

Abbildung 11: Tipps zu verschiedenen Operatoren

Wenn Fachbegriffe im Unterricht das erste Mal verwendet werden, dann müssen diese von den SchülerInnen verstanden und die Bedeutung in ihre Vorstellung übernommen werden. Hilfreich dafür ist, wenn Beispiele zur Verfügung stehen. Wenn SchülerInnen die neuen Fachbegriffe oder Konzepte in Experimenten oder eigenständigen Arbeiten verwenden müssen, werden sie in ihren Vorstellungen dauerhaft abgespeichert. Dies funktioniert auch mit Hilfe von Adaptionen von Spielen wie *Memory*, *Tabu* oder *Activity*. Ebenso können zur Übung am Anfang der Stunde Methodenwerkzeuge wie Lückentexte oder Lernplakate angewendet beziehungsweise erstellt werden.⁵⁷

3.4.3 Visuelle Möglichkeiten der Unterstützung

Visualisierungen von Lerninhalten helfen den SchülerInnen auf einer anderen Darstellungsebene und können daher problemlösend wirken. In *Sachcomics* oder *Chemie-Foto-Stories* können SchülerInnen Fachinhalte in ihrem eigenen Tempo darstellen. Die sequenzielle Anordnung kann SchülerInnen helfen, Durchführungsschritte besser nachzuvollziehen, um dies dann während des eigenen Experimentierens umzusetzen. Neben der interesseweckenden Funktion können Comics auch als Grundlage für Diskussionen und zur Sprachförderung eingesetzt werden, da leseschwache SchülerInnen mit visuellem Input besser umgehen können als mit textuellem Input.

In Comics und im Chemieunterricht können durchaus Parallelen gefunden werden, da beidseits mit wenigen Zeichen oder Worten Sachverhalte präsentiert werden. Ein weiterer Vorteil von Comiczeichnungen ist, dass SchülerInnen sich intensiv mit diesen Sachverhalten auseinandersetzen. In einer Chemie-Foto-Story können SchülerInnen beispielsweise Hintergründe, Abläufe oder auch einzelne wichtige Durchführungsschritte von Experimenten darstellen. Prechtl präsentiert in seinem Artikel eine einfache Anleitung zur Erstellung einer ergänzenden Foto-Story zu einem Experiment.⁵⁸ Mögliche Nachteile

⁵⁷ vgl. [37]: 75, 76.

⁵⁸ vgl. [38]: 3-5. // [39]: 9, 11, 12.

von Comics im Chemieunterricht sind Probleme der Vereinigung der Comic-Sprache mit der Fachsprache und die Emotionalisierung von fachlichen Inhalten.⁵⁹ Als beschreibendes Medium eignen sich Chemie-Foto-Stories besser als Comiczeichnungen.

4. Schulbuchanalyse

Der Hauptfokus dieser Diplomarbeit liegt, wie schon zuvor präsentiert, auf sprachsensiblen, chemischen Experimentalunterricht für die Schule. Um in Kapitel 5 sprachensible Experimentiervorlagen für SchülerInnen präsentieren zu können, werden in diesem Teil der Arbeit approbierte Schulbücher für den Chemieunterricht an österreichischen Schulen nach bestimmten Bewertungskriterien untersucht. Dabei werden approbierte Chemieschulbücher für die Sekundarstufe I sowie die Sekundarstufe II AHS und BHS berücksichtigt. Schulbücher ohne Versuchsvorschriften werden in dieser Analyse nicht mit einbezogen. Bevor die Untersuchungsergebnisse präsentiert werden können, werden im Folgenden die Bewertungskriterien vorgestellt. Allgemein wurden diese ausgewählt, weil sie einerseits sprachensible Aspekte und Problemfälle enthalten oder andererseits zur Vollständigkeit von Versuchsvorschriften beitragen.

Das erste Bewertungskriterium ist der „Aufbau“. Dabei wurde analysiert, ob die Versuchsvorschriften beispielsweise lange Sätze enthalten, unübersichtlich, sowie anschaulich oder vollständig sind und ob Alltagssprache zum Beschreiben des Versuchs verwendet wurde. Beim nächsten Kriterium handelt es sich um „Fachsprache und sprachliche Komponenten“. Dieser Punkt befasst sich mit komplizierten Fachbegriffen und deren Klärung in den Anleitungen sowie Sprachkomponenten, die für Fachsprache allgemein charakteristisch sind. Beispiele für diese sprachlichen Komponenten sind beispielsweise Operatoren, Komposita, Passivkonstruktionen, unübliche Verben, substantivierte Verben, fachtypische Abkürzungen oder verschachtelte Sätze. Nähere Erläuterungen zu diesen sprachlichen Komponenten können in Kapitel 2.2.1 gefunden werden. In den Tabellen wurden pro Schulbuch nur jene Komponenten angeführt, die bei der Untersuchung gefunden wurden. Das dritte Bewertungskriterium ist die „Bildsprache“ zur Unterstützung der Verständlichkeit der Versuchsvorschriften. Hierbei wurde untersucht, ob Bilder, Schemata oder Illustrationen zu Erklärungszwecken eingesetzt werden. Das vorletzte Kriterium ist „Sicherheitshinweise und Entsorgung“, bei dem

⁵⁹ vgl. [40]: 18.

einerseits untersucht wurde, inwieweit Gefahrenpotenziale der Versuche ausgewiesen und gekennzeichnet werden, sowie andererseits, welche Hinweise zur richtigen Entsorgung gegeben werden. Das letzte Bewertungskriterium ist die „Erklärung zum Versuch“. Dieses Kriterium ist äußerst wichtig, da durch Erklärungen Verständnisprobleme oder Fehlvorstellungen von SchülerInnen ausgeräumt werden können, sowie das eigentliche chemische Hintergrundwissen zum Experiment gefestigt wird. In den Abbildungen 12, 13 und 14 wurden jene eben erklärten Begriffe in Bezug auf die fünf Bewertungskriterien den Versuchsvorschriften der approbierten Chemieschulbücher zugewiesen.

4.1 Sekundarstufe I

	Aufbau	Fachsprache und sprachliche Komponenten	Bildsprache	Sicherheits-hinweise und Entsorgung	Erklärung zum Versuch
Abenteuer Chemie 4. Klasse [41]	übersichtlich und anschaulich gegliedert	Fachbegriffe meist in Erklärung nach Anleitung geklärt	pro Versuch ein Bild (zeigt eine Situation im Versuch – Aufbau, Flamme oder Ergebnis)	einige Versuche als „Lehrerversuch“ gekennzeichnet, Hinweise (Schutzbrille, Abzug, Säure, Base etc.) nicht bei allen Versuchen, keine Hinweise zur Entsorgung	direkt nach dem Versuch, oft mit Hinweis zu früheren Unterrichtsinhalten (Physik), Merksätze zu wichtigen Konzepten, manchmal weitere Arbeitsaufträge
Du und die Chemie 4 [42]	pro Anleitung eine Buchseite, also ausführlich, aber prägnant	Fachbegriffe werden nicht extra geklärt, Operatoren verwendet	pro Versuch mindestens ein Bild (zeigt Teil der Durchführung), oft Illustrationen	Versuche als Lehrer- oder Schülerversuch gekennzeichnet, sonstige Sicherheits-hinweise nicht explizit genannt, keine Hinweise zur Entsorgung	direkt nach dem Versuch, Fachbegriffe nicht geklärt, auch weitere Arbeitsaufträge
Chemie auf Schritt und Tritt [43]	Anleitungen sehr kurz (knappe Durchführung und kurze Beobachtungen), nicht sehr ausführlich	Fachbegriffe hin und wieder in nachstehender Erklärung geklärt	Anleitungen von Fotos (Schritt der Durchführung) begleitet, keine schematischen Darstellungen	Hinweise zur Sicherheit nur bei Säure-Basen-Versuchen, keine Hinweise zur Entsorgung	direkt nach Versuchskästen, hin und wieder werden Fachbegriffe definiert (nur inkonsequent)

Chemie ist überall 4 [44]	jeweils kurze Anleitungen zu den Versuchen	Fachbegriffe in Anleitungen nicht explizit geklärt, vereinzelt Passiv	Schemata oder Bilder unterstützend zum Versuch (Schritt der Durchführung)	Hinweise zur Sicherheit nur vereinzelt (Gefahrensymbol), keine Hinweise zur Entsorgung	kurze Erklärungen direkt nach Versuchen (teils mit Abbildungen zur Unterstützung), Fachbegriffe nicht extra geklärt
Chemie verstehen 4 [45]	kurze Formulierungen, Tipps zur Durchführung im hintersten Teil des Buchs, durch Zweiteilung eher unübersichtlich	Fachbegriffe in Anleitungen nicht explizit geklärt	Bilder unterstützend zum Versuch (Schritt der Durchführung)	Versuche mit Gefahrenpotenzial als Lehrerversuch (LV) ausgewiesen, keine Hinweise zur Entsorgung	kurze Erklärungen direkt nach Versuchen als Merksätze, vereinzelt zusätzliche Erklärungen bei den Tipps am Ende des Buchs
Erlebnis Chemie 4 [46]	alltagssprachliche Merkmale, kurze Anleitungen	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt, Operatoren werden eingesetzt	pro Versuch eine Illustration, zeigt eine Situation während der Durchführung	Hinweise zur Sicherheit als Symbole neben den Versuchen, keine Hinweise zur Entsorgung	keine Erklärungen direkt bei den Versuchen, da Versuche in eigenem Praktikumsteil am Ende jedes Kapitels
Faszination Chemie 4 Praxis [47]	ausführliche Anleitungen, übersichtlich	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt, Operatoren werden verwendet	teilweise Bilder (Schritt der Durchführung) bei den Versuchen	einige Versuche als Lehrerversuche ausgewiesen, ansonsten nur vereinzelt Hinweise zur Sicherheit (fett gedruckt), keine Hinweise zur Entsorgung	keine Erklärungen direkt bei den Versuchen (Praxisteil), Hintergrund zu Experimenten im Wissensteil
ganz klar Chemie 4 [48]	Anleitungen in einem Fließtextblock, nicht sehr übersichtlich	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt	Bilder mit Bezug zum Versuch (keine erklärende Funktion)	Hinweise zur Sicherheit als Symbole neben den Überschriften der Versuche, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärungen meist vor den Anleitungen zu den Versuchen, manchmal auch danach, jedoch nicht im Versuchsabschnitt, Fachbegriffe nicht geklärt

Impuls Chemie 4 [49]	sehr übersichtlich aber auch sehr kurz	nicht viele Fachbegriffe verwendet – wenn, dann fast immer erklärt, oft mit Operatoren	Bilder mit Bezug zum Versuch, teilweise auch schematische Darstellungen	Hinweise zur Sicherheit nicht explizit angeführt, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärungen nicht direkt bei Versuchskasten, Erklärungen meist vor oder nach der Anleitung
Mehrfach Chemie Teil 2 [50]	sehr übersichtlich und anschaulich, vielfältig	Fachbegriffe (vor allem im Wissensteil) geklärt, schwierige Wörter auch im Praxisteil angesprochen, oftmals sprachlicher Input für Bearbeitung einer Aufgabe, Operatoren verwendet	Skizzen, Schemata oder Bilder bei Versuchen	Hinweise zur Sicherheit bei jedem Experiment wenn notwendig, bei Bedarf auch spezielle Hinweise zur Entsorgung	Erklärungen meist direkt nach der Anleitung, voller Hintergrund im Praxisteil (Verweise zu eben diesem)
Stoffe [51]	meist äußerst kurz, oft zu unübersichtlich da zu viel auf einer Seite	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt	fallweise Illustrationen oder Bilder bei Versuchen	Unterscheidung zwischen Lehrer- und Schülerversuchen, Hinweise zur Sicherheit auch als Symbole vorhanden, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärungen nicht direkt bei den Anleitungen, Verweise zu den Versuchen im Text
Chemie heute [52]	manchmal unübersichtlich da nicht explizit als Experiment oder Versuch bezeichnet (nur als „Übungen“)	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt	oft Bilder zu den Versuchen (Schritt der Durchführung oder zu verwendende Materialien)	Hinweise zur Sicherheit bei Bedarf, keine Hinweise zur Entsorgung	explizite Erklärungen nicht bei Anleitungen zu Versuchen, oft jedoch nach Erklärung der SchülerInnen gefragt
C 8 [53]	meist sehr kurz, mit blauem Hintergrund	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt, jedoch wichtige Begriffe fett gedruckt	fallweise Illustrationen auf der gleichen Buchseite	keine Hinweise zur Sicherheit oder Entsorgung	Verweise zu Abbildungen, Versuche in Textblock mit Information zum Hintergrund eingebettet
Treffpunkt Chemie [54]	übersichtlich gliedert, in eigenem Kasten (lila)	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen geklärt	meist Illustrationen und Bilder bei Versuchen	Hinweise zur Sicherheit und zur Entsorgung vorhanden	Erklärungen nicht direkt bei Versuchen, meist davor

Treffpunkt Chemie Arbeitsheft [55]	übersichtlich auf einer ganzen Buchseite, sehr wenige Anleitungen zu Versuchen	Fachbegriffe im Wissensteil geklärt, Anleitung grundsätzlich einfach formuliert	Skizze als Unterstützung	keine Hinweise zur Sicherheit oder zur Entsorgung vorhanden	Erklärungen im Wissensteil
Chemie verstehen 4 [56]	sehr kurze Formulierungen, pro Kapitel nummeriert	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitung geklärt	Abbildungen oder Skizzen fallweise auf der gleichen Seite wie die Anleitung	fallweise Hinweise zur Sicherheit, fast keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärungen nicht direkt bei den Versuchen, davor oder danach im Text
Expedition Chemie 4 Praxisteil [57]	sehr übersichtlich gegliedert, Schritte nummeriert	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitung geklärt, Anleitungen jedoch einfach formuliert	Abbildungen von Geräten bei den Versuchen, wichtige Geräte als Abbildungen am Anfang des Buchs	Hinweise zur Sicherheit sogar am Anfang des Buchs erklärt, Hinweise zur Entsorgung vorhanden	Erklärungen im Wissensteil

Abbildung 12: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe I

4.2 Sekundarstufe II – AHS

	Aufbau	Fachsprache und sprachliche Komponenten	Bildsprache	Sicherheits-hinweise und Entsorgung	Erklärung zum Versuch
EI-Mo [58]	kurze Anleitung, teilweise nicht ausführlich	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu Versuchen geklärt, Operatoren verwendet, teilweise Komposita	keine Illustrationen, Bilder oder Grafiken bei den Anleitungen	Versuche in Lehrer- und Schülerversuche unterteilt, Hinweise zur Sicherheit als Symbole oder kurze Sätze, Hinweise zur Entsorgung direkt nach den Schülerversuchen	keine Erklärung direkt bei Anleitungen, Hintergrund zu Versuchen davor oder danach im Fließtext
Chemie begreifen [59]	übersichtlicher Aufbau, pro Versuch eine Buchseite	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu Versuchen geklärt, neutral („man“ statt „Sie“ oder „du“), teils Nominalstil	Illustrationen zu einzelnen Schritten der Durchführung	keine Hinweise zur Sicherheit, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärung als „Kurzfassung“ direkt vor der Anleitung zum Versuch, Aufträge und Genaueres zum Protokoll am Ende der Anleitung

Rundum Chemie 1 [60]	alltagssprachliche Formulierungen, übersichtlich strukturiert	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt, Verben werden substantiviert, Operatoren verwendet, längere Sätze, distanziert („Sie“ statt „du“)	fallweise ein Schema oder Bild bei Versuchen (zeigt Situation aus Durchführung)	Hinweise zur Sicherheit als Symbole, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärung des Versuchs nicht direkt bei Anleitung, fallweise als „Basiswissen“ oder als „Theorie“-Block
Rundum Chemie 2 [61]	teilweise eher kurz	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitungen zu den Versuchen geklärt, längere Sätze, distanziert („Sie“ statt „du“)	fallweise ein Schema oder Bild bei Versuchen (zeigt Situation aus Durchführung)	Hinweise zur Sicherheit als Symbole, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärung des Versuchs nicht direkt bei Anleitung, Hintergrund zu Experimenten in Kapiteln zuvor zu finden
Chemie im Kontext [62]	nicht sehr anschaulich oder übersichtlich	Fachbegriffe nicht in Anleitung zu Versuchen geklärt, längere Sätze, Komposita, substantivierte Verben	fallweise Schemata oder Bilder mit Bezug zum Experiment am Seitenrand	keine Hinweise zur Sicherheit, keine Hinweise zur Entsorgung	Erklärung fallweise im Fließtext der Buchseite davor oder danach, teilweise Ergebnis des Versuchs nach Anleitung

Abbildung 13: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe II – AHS

4.3 Sekundarstufe II – BHS

	Aufbau	Fachsprache und sprachliche Komponenten	Bildsprache	Sicherheits-hinweise und Entsorgung	Erklärung zum Versuch
Chemie Stoffe und Strukturen HLW 1 [64]	sehr unterschiedliche Anleitungen: teilweise sehr kurz, teilweise ausführlich und übersichtlich gegliedert	Fachbegriffe nicht direkt in Anleitung zu Versuchen geklärt, distanziert („Sie“ statt „du“), unübliche Verben	fallweise Bilder oder Illustrationen neben Anleitungen zu Versuchen	Hinweise zur Sicherheit am Seitenrand neben den Anleitungen, keine Hinweise zur Entsorgung	fallweise Erklärung direkt nach der Anleitung zum Versuch, fallweise auch Erklärung am Seitenrand, Verweise auf online-Ressourcen

<p>NaWi – Arbeitsweisen und Methoden [65]</p>	<p>alltagssprachliche Merkmale, teilweise sehr kurze und nicht ausführliche Anleitungen</p>	<p>Fachbegriffe nicht direkt in Anleitung zu Versuchen geklärt, neutral („man“ statt „Sie“ oder „du“), unübliche Verben, Komposita</p>	<p>fallweise Bilder oder Illustrationen neben Anleitungen zu Versuchen</p>	<p>Hinweise zur Sicherheit am Seitenrand neben den Anleitungen, keine Hinweise zur Entsorgung</p>	<p>fallweise Erklärung direkt nach der Anleitung zum Versuch, fallweise auch Erklärung am Seitenrand, oftmals auch Verweise auf LehrerIn</p>
<p>NaWi – Physik, Chemie HTL I/II [66]</p>	<p>kurze Verweise zu Experimenten, übersichtlich bei genauerer Beschreibung</p>	<p>Fachbegriffe teilweise fett gedruckt, Passiv, Komposita,</p>	<p>Bilder und Illustrationen von Durchführung oder Aufbau</p>	<p>nur sehr selten Hinweise zur Sicherheit, keine eigenen Hinweise zur Entsorgung</p>	<p>Erklärung zu den Versuch im Fließtext, in den die Anleitungen eingebettet sind</p>

Abbildung 14: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe II – BHS

4.4 Beispiele für Versuchsanleitungen in Schulbüchern

Um einen Einblick in Versuchsanleitungen aus den untersuchten Schulbüchern zu gelangen, werden hier zwei Beispiele präsentiert. Das erste Beispiel ist, in Bezug auf die angewendeten Beurteilungskriterien, ein Schulbuch mit sehr gelungenen Anleitungen zu chemischen Versuchen für SchülerInnen. Die Versuchsanleitungen des zweiten Beispiels weisen durchaus Potenzial zur Verbesserung auf.

Das erste Beispiel ist das Schulbuch „Mehrfach Chemie Teil 2 – Anwenden & Forschen“⁶⁰ der Autoren Thomas Kechajas und Eva Voitic und ist für die Sekundarstufe I approbiert. Die Versuchsanleitungen dieses Buchs zeichnen sich durch die einfach verständliche Ausdrucksweise und die übersichtliche sowie anschauliche Gestaltung aus. Pro Versuch wird eine Buchseite verwendet, die jeweils in *Materialien*, *Chemikalien*, *Durchführung*, *Beobachtung* und meist *Erklärung* gegliedert ist. Dabei wird für *Beobachtung* ein vielfältiges Repertoire an Aufgaben, wie beispielsweise vorgedruckte Tabellen oder Fragen, verwendet. Fachbegriffe werden in Teil 1 der Schulbücher geklärt, wobei direkt bei den Versuchsanleitungen schwierige Wörter nochmals bei Bedarf angesprochen werden. Außerdem wird sprachlicher Input, wie beispielsweise zu verwendete Wörter oder Lückentexte, geboten. Zur klaren Formulierung des Arbeitsauftrags werden Operatoren verwendet. Zusätzlich werden Skizzen, Schemata oder Bilder verwendet, um

⁶⁰ vgl. [50]

Versuchsaufbauten oder bestimmte Abläufe zu zeigen. Hinweise zur Sicherheit können bei den Versuchen in Form von Symbolen oder kurzen Aussagesätzen gefunden werden. Bei Bedarf werden auch spezielle Hinweise zur Entsorgung gegeben. Schließlich werden bei den Versuchen Erklärungen direkt nach der Durchführung in vielfältiger Form, wie beispielsweise Schlangensätze, Lückentexte oder Single-Choice-Aufgaben, präsentiert. Der volle Hintergrund zu den jeweiligen Versuchsanleitungen kann im Praxisteil (Teil 1) gefunden werden.

Das zweite Beispiel ist das Schulbuch „Chemie im Kontext“⁶¹, welches für Österreich von Elisabeth und Günther Vormayr bearbeitet wurde und für die Sekundarstufe II AHS und BHS (HTL) approbiert ist. Die Versuchsanleitungen in diesem Buch sind verständlich geschrieben, jedoch nicht sonderlich übersichtlich, da sie zwar in einem eigenen Kasten, aber auch zumeist als Fließtextblock geschrieben sind. Die gesamte Versuchsanleitung besteht in der Mehrheit der Fälle aus einer Beschreibung der Durchführung, welche fallweise zusätzlich mit einem Schema des Versuchsaufbaus oder beispielsweise einem Bild des Produkts versehen ist. Fachbegriffe werden in den Anleitungen zu den Experimenten nicht näher oder extra geklärt. Außerdem sind in den Versuchsvorschriften Komposita und substantivierte Verben in längeren, teils komplexeren, Sätzen zu finden. Des Weiteren finden sich in den Anleitungen zu den Versuchen keine Sicherheitshinweise oder Entsorgungshinweise. Schließlich sind direkt in den Versuchssektionen teilweise nur Ergebnisbeschreibungen, jedoch keine Erklärungen zu den Experimenten zu finden. Diese werden teilweise im Fließtext, davor oder danach präsentiert, sind dort jedoch nicht direkt auf das Experiment, sondern auf den gesamten Hintergrund bezogen.

5. Sprachensible Versuchsanleitungen

In diesem Kapitel der Diplomarbeit wird ein Handout mit Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen präsentiert. Die acht selbst erstellten und hier vorgestellten Versuchsanleitungen beinhalten ein SchülerInnenblatt, zwei LehrerInnenblätter mit erwarteten Antworten sowie fachlichen Ergänzungen und die Analyse der sprachsensiblen Kriterien. Die Unterlagen in diesem Kapitel können für den Chemieunterricht als Kopiervorlagen eingesetzt werden. Sämtliche Fotos, Abbildungen und schriftliche Teile sind vom Autor dieser Diplomarbeit angefertigt worden und werden deshalb nicht zitiert.

⁶¹ vgl. [62].

5.1 Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen

Allgemeine Hinweise

- **am Beginn der Versuchsanleitung:** Ziele des Versuchs (abhaken!)
-  **Präsens** (= Gegenwart) ist die Zeit, in der Protokolle geschrieben werden
- **ich-Form:** Beschreibe was du gemacht und beobachtet hast!
- **wichtige Inhaltspunkte:**
 - Titel des Versuchs
 - Name (bei Bedarf Teampartner) und Datum
 - Geräte (nur wirklich verwendete)
 - Chemikalien (nur verwendete)
 - Durchführung (logische & zeitliche Abfolge; abhaken!)
 - Skizze (von Versuchsaufbau) mit Beobachtungen (bei Bedarf mit Foto)
 - Ergebnisse (bei Bedarf als Tabelle/Diagramm) mit Erklärung

Durchführungsschritte (abhaken!) = Prozessbeschreibung

Operatoren können in Formulierungen von Durchführungsschritten in Versuchsanleitungen gefunden oder in Durchführungsbeschreibungen in Versuchsprotokollen verwendet werden.

	<u>Operatoren</u> ⁶²	<u>Beispiele für Aufgabenstellungen</u>	<u>Beispiele für Antworten</u>
<u>TRA</u>	ableiten (= Schlüsse ziehen)	Leite mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes die ausgeglichene Reaktionsgleichung ab.	$2 \text{ H}_2 + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
<u>PRO</u>	ablesen (= den Stand eines Messgerätes ermitteln)	Lies von der Waage den Wert mit zwei Kommastellen ab.	22,03 g
<u>PRO</u>	abwiegen (= die Masse mit Hilfe einer Waage bestimmen)	Wiege 10g Stahlwolle ab.	Die abgewogene Stahlwolle hat 10g. Nachkommastellen werden notiert.

⁶² adaptiert von [30]: 36, 37.

<u>TRA</u>	analysieren (= wichtige Punkte in einer Fragestellung nach bestimmten Vorgaben bearbeiten)	Analysiere, warum der pH-Wert bei Säurezugabe sinkt.	Durch Zugabe der Salzsäure wird die Konzentration an H ⁺ -Ionen erhöht, wodurch der pH-Wert sinkt.
<u>TRA</u>	anwenden (= vorhandenes Wissen auf einen neuen Sachverhalt umlegen)	Wende deine Kenntnisse der Elektrolyse von Kupferchlorid auf Zinkchlorid an.	Kupferchlorid (CuCl ₂) und Zinkchlorid (ZnCl ₂) reagieren zum jeweiligen Metall und zu 2 Cl ⁻ .
<u>TRA</u>	aufstellen (= eine Hypothese finden)	Stelle eine Hypothese zum Versuch „Erhitzen von Eisen(wolle)“ auf.	Die oxidierte Eisen(wolle) ist schwerer, da nun Sauerstoff am Eisen gebunden ist.
<u>TRA</u>	auswerten (= Ergebnisse, eines Versuchs, zu einer Schlussfolgerung zusammenzuführen)	Werte das erhaltene Ergebnis des Versuchs „Erhitzen von Eisen(wolle)“ aus. Masse _{Eisen} = 10,2g Masse _{Eisenoxid} = 11,3g	Während dem Versuchs nimmt die Masse zu, da Eisen beim oxidieren Sauerstoff bindet.
<u>REP</u>	aufzählen (= einzeln angeben)	Zähle sechs Edelgase auf.	Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon.
<u>PRO</u>	begründen (= Ergebnisse, eines Versuchs, auf bestehende Gesetzmäßigkeiten zurückführen)	Begründe die Aussage „Alkalimetalle sind reaktionsfreudige Metalle“.	Nach Abgabe des einzelnen Elektrons in der äußersten Schale ist der Edelgaszustand erreicht. Elemente streben diesen Zustand an, daher sind Alkalimetalle so reaktionsfreudig.
<u>PRO</u>	berechnen (= mit mathematischen Verfahren Ergebnisse bestimmen)	Berechne wie viele Mol 3g reinem Eisen beinhalten.	$\underline{n} = m/M = 3g \text{ Fe}/55,8g/mol$ Fe = <u>0,05mol Fe</u>
<u>REP</u>	beschreiben (= darlegen eines Sachverhalts)	Beschreibe den Reaktionsablauf des Thermitverfahrens in Worten.	Eisenoxid (reduziert) und Aluminium (oxidiert) reagieren zu Eisen und Aluminiumoxid

<u>REF</u>	beurteilen (= eine begründete Aussage über Vor- & Nachteile sowie Durchführbarkeit bestimmter Schritte treffen)	Beurteile die Vor- und Nachteile der flächen-deckenden Verwendung von Biodiesel.	Pro- und Contraargumente, Sichtweisen verschiedener Betroffener (Autofahrer, Umwelt-schützer, Vertreter der Industrie), abschließende, begründete Stellungnahme
<u>REF</u>	bewerten (= <u>siehe:</u> beurteilen)	<u>siehe:</u> beurteilen	<u>siehe:</u> beurteilen
<u>REP</u>	charakterisieren (= wesentliche Merkmale anführen)	Charakterisiere das Element <i>Sauerstoff</i> .	Sauerstoff ist ein geruchloses, geschmack-loses, brandförderndes, farbloses Gas (bei Raum-temperatur) mit dem chemischen Symbol O
<u>TRA</u>	darstellen (= einen Umstand mit graphischen oder sprachliche Mitteln wiedergeben)	Stelle den Aufbau des Versuchs „Erhitzen von Eisen(wolle)“ als Skizze dar.	
<u>REP</u>	definieren (= exakt umschreiben)	Definiere den Begriff <i>Säure</i> nach Brönsted/Lowry.	Eine Säure ist ein Stoff der Protonen abgeben kann und wird auch Protonendonator genannt.
<u>PRO</u>	diskutieren (= einen Sachverhalt untersuchen, auf Vor- und Nachteile, und darstellen)	Diskutiere die Auswirkungen von „saurem Regen“ auf die Umwelt.	Durch Versauerung von Boden können Pflanzen geschädigt werden. Außerdem werden das Ökosystem in Gewässern gestört und...
<u>REP</u>	durchführen (= beispielsweise eine Versuchsanleitung bearbeiten)	Führe den Versuch laut Anleitung durch.	Alle Punkte der Versuchsanleitung werden ordnungsgemäß bearbeitet.

PRO	einfüllen (= etwas in einen Behälter/Gefäß geben)	Fülle 10ml destilliertes Wasser in ein Becherglas.	Im Becherglas befinden sich nun 10ml destilliertes Wasser.
PRO	einwiegen (= eine bestimmte Menge einer Substanz in einem Behälter/Gefäß abwägen)	Wiege 5,5g NaCl in ein Becherglas ein.	Im Becherglas befinden sich nun 5,5g NaCl.
PRO	entnehmen (= etwas aus einem Behälter/Gefäß nehmen)	Entnimm aus dem Becherglas 10ml Schwefelsäure.	Die Menge der Schwefelsäure im Becherglas hat sich um 10ml verringert.
TRA	erklären (= erläutern mittels Fachsprache)	Erkläre den Begriff der <i>Oxidation</i> .	Die Oxidation beschreibt eine chemische Reaktion bei der Elektronen abgegeben werden.
TRA	erläutern (= Sachverhalte beschreiben)	Erläutere den Zusammenhang von <i>Oxidation</i> und <i>Reduktion</i> .	Oxidation und Reduktion kommen als Redox-Reaktion gekoppelt vor. Dabei wird ein Stoff oxidiert und ein anderer reduziert.
PRO	ermitteln (= eine Lösung oder ein Ergebnis finden)	Ermittle die Oxidationszahlen für die Verbindung ZnCl ₂ .	Cl, als Halogen, hat die Oxidationszahl -1. Da die Summe der Oxidationszahlen in Verbindungen 0 ergeben muss, hat Zn die Oxidationszahl +2.
PRO	erörtern (= <u>siehe:</u> diskutieren)	<u>siehe:</u> diskutieren	<u>siehe:</u> diskutieren
TRA	gliedern (= etwas nach bestimmten Merkmalen einteilen)	Gliedere die Elemente O, Fe, C, F und Cs nach steigender Elektronegativität.	Cs < Fe < C < O < F
PRO	hinzufügen (= etwas in, beispielsweise, zu einem Gemisch dazugeben)	Füge den zermahlenden Kartoffelchips 10ml Aceton hinzu.	Im Gefäß befinden sich nur die zermahlenden Kartoffelchips <u>und</u> 10ml Aceton.

PRO	hinzugeben (= <u>siehe:</u> <i>hinzufügen</i>)	<u>siehe:</u> <i>hinzufügen</i>	<u>siehe:</u> <i>hinzufügen</i>
TRA	interpretieren (= Zusammenhänge verdeutlichen, Bedingungen herausarbeiten)	Wie kann folgende Skizze interpretiert werden?	A reagiert mit B unter Bildung von C und D. ΔH beträgt -92,44 kJ/mol.
REP	kennzeichnen (= <u>siehe:</u> <i>charakterisieren</i>)	<u>siehe:</u> <i>charakterisieren</i>	<u>siehe:</u> <i>charakterisieren</i>
PRO	messen (= ein bestimmtes Maß, Temperatur, Strecke etc., bestimmen)	Miss die Temperatur des Destillats.	81,2°
TRA	notieren (= (genau) niederschreiben)	Notiere die genaue Masse der Probe.	10,15 g
REP	nennen (= <u>siehe:</u> <i>aufzählen</i>)	<u>siehe:</u> <i>aufzählen</i>	<u>siehe:</u> <i>aufzählen</i>
TRA	ordnen (= <u>siehe:</u> <i>gliedern</i>)	<u>siehe:</u> <i>gliedern</i>	<u>siehe:</u> <i>gliedern</i>
TRA	skizzieren (= mit Hilfe von knappen Worten oder einer Illustration verdeutlichen)	Skizziere den allgemeinen Versuchsaufbau einer Flammenfärbung.	
REF	Stellung beziehen/nehmen (= zu einem Sachverhalt eine begründete Aussage abgeben)	Nimm zu dieser Aussage Stellung: „Fluor ist ein Nichtmetall.“	Diese Aussage ist richtig, Fluor ist ein Halogen und es fehlen ihm typische Merkmale für Metalle wie thermische Leitfähigkeit oder Metallglanz.
TRA	[über]prüfen (= Vermutungen an Erkenntnissen messen)	Überprüfe folgende Aussage: „Sand kann Feuer löschen.“	Wie im Experiment gesehen, wird ein Feuer durch Bedecken mit Sand gelöscht.

<u>TRA</u>	übertragen (= <u>siehe: anwenden</u>)	<u>siehe: anwenden</u>	<u>siehe: anwenden</u>
<u>PRO</u>	untersuchen (= gezielt Fragen an etwas stellen)	Wie kann die Wasserhärte untersucht werden?	<ul style="list-style-type: none"> • Titration mit EDTA • Schnellteststreifen
<u>REF</u>	vergleichen (= Gemeinsamkeiten & Unterschiede aufzeigen)	Vergleiche Stickstoff und Sauerstoff.	<u>Stickstoff</u> : gasförmig, nicht brennbar, fördert die Verbrennung nicht <u>Sauerstoff</u> : gasförmig, nicht brennbar, fördert die Verbrennung
<u>TRA</u>	zeichnen (= etwas graphisch darstellen)	Zeichne die Strukturformel von Methan.	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $
<u>TRA</u>	zuordnen (= nach Zusammenhängen ordnen)	Ordne folgenden Elementen den <i>Nichtmetallen</i> oder <i>Metallen</i> zu: Cu, N, Al, Ar, Na.	<u>Metall</u> : Cu, Al, Na <u>Nichtmetall</u> : N, Ar

Durchführung mit **gestuften Hilfen** (paarweise):

- Löst die Aufgabe, indem ihr miteinander kommuniziert.
- Die Kärtchen sind eine Hilfestellung, wenn ihr nicht mehr weiter wisst.
- Ihr müsst die Kärtchen jedoch nicht verwenden.
- Ihr müsst auch nicht alle Kärtchen verwenden.
- Entscheidet selbst, wann ihr eine Hilfe nutzen wollt.
- Benützt die Kärtchen in der richtigen Reihenfolge und nur je eine Hilfe auf einmal.
- Führt die Hilfestellung aus und überlegt gemeinsam, wie sie euch weiterhelfen kann.

Beobachtung = Faktenbeschreibung (zeitliche Abfolge!)

– vier Sinne⁶³:     (nur bei Bedarf!)

<u>Sehen</u>		
<i>auffallen</i>	<i>feststellen</i>	<i>schäumen</i>
<i>auflösen</i>	<i>gefrieren</i>	<i>schmelzen</i>
<i>(sich) befinden</i>	<i>glimmen</i> (= brennen ohne Flamme)	<i>sehen</i>
<i>bemerken</i>	<i>glühen</i> (= orange-rot leuchtend; ohne Flamme)	<i>sieden</i>
<i>blubbern</i>	<i>klar</i>	<i>tropfen</i>
<i>brennen</i> (= Flammenbildung; Stoffumwandlung)	<i>kochen</i>	<i>trüb</i>
<i>entstehen</i>	<i>kondensieren</i>	<Veränderung beschreiben>
<i>erkennen</i>	<i>kristallisieren</i>	<i>verdampfen</i>
<i>erstarren</i>	<i>leuchten</i>	<i>(sich) zeigen</i>
<i>farbig</i>	<i>rauchen</i>	<i>zersetzen</i>

<u>Hören</u>	
<i>hören</i>	<i>rauschen</i>
<i>knallen</i>	<i>summen / surren</i>
<i>knistern</i>	<Veränderung beschreiben>
<i>pfeifen</i>	<i>zischen</i>

⁶³ <http://www.gettyimages.de/detail/illustration/body-parts-lizenfreie-illustration/479397771> [01.05.2016].

<u>Riechen</u>	
<i>beißend</i>	<i>süßlich</i>
<i>riechen</i>	<Veränderung beschreiben>
<i>scharf</i>	<i>verbrannt</i>

<u>Fühlen</u>	
<i>fühlen</i>	<Veränderung beschreiben>
<i>glatt</i>	<i>rau</i>
<i>heiß</i>	<i>kühl</i>
<i>hart</i>	<i>spröde</i> <i>weich</i>

Beobachtungen als Chemie-Fotostory (Layout wie folgt):

<Zeichnung>	<Zeichnung>	<Zeichnung>
<Text>	<Text>	<Text>

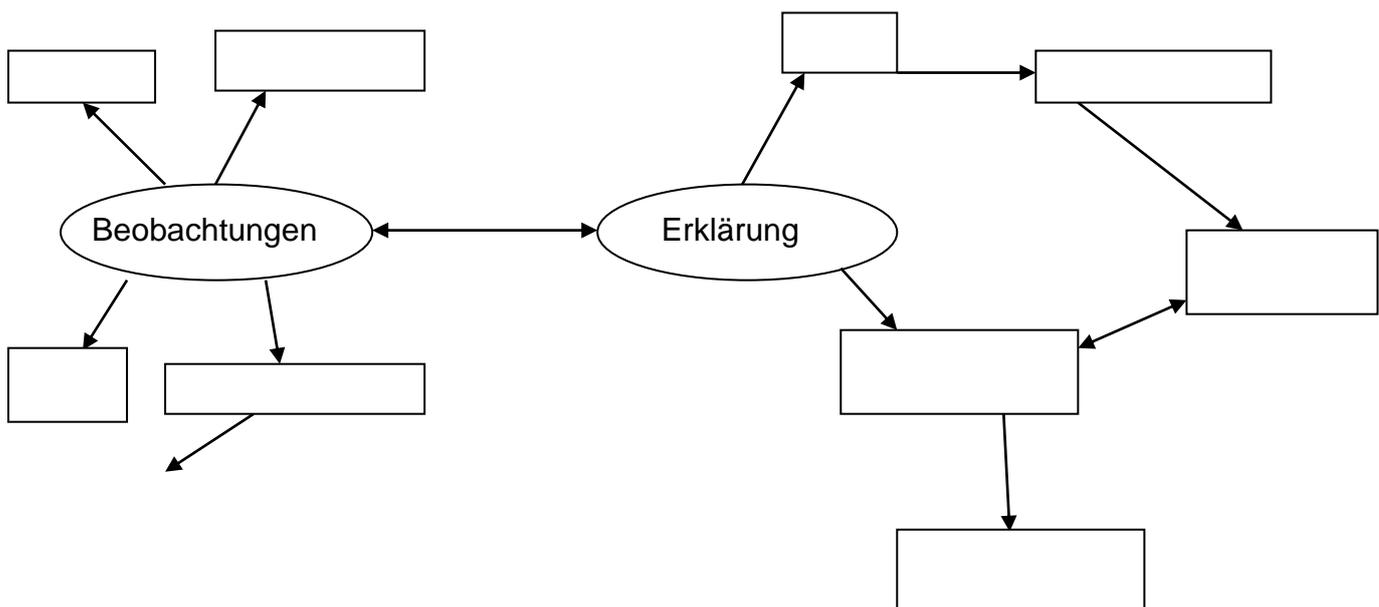
- Stelle deine Beobachtungen als Comicstrip dar.
- Zeichne und beschreibe die Schritte.

Erklärung = deutender Text

<i>Aus diesem Grund...</i>	<i>Im Gegensatz zu...</i>
<i>...bedeutet, dass...</i>	<i>Im Unterschied zu...</i>
<i>Dabei entsteht...</i>	<i>...ist darauf zurückzuführen, dass...</i>
<i>Daher ergibt sich...</i>	<i>...kann damit begründet werden.</i>
<i>Damit ist gemeint, dass...</i>	<i>...reagiert mit..., weil...</i>
<i>Das passiert, weil...</i>	<i>...reagiert mit...zu...und...</i>
<i>Der Hintergrund dazu ist, dass...</i>	<i>...unterscheidet sich von..., weil...</i>
<i>Die Erklärung dafür ist, dass...</i>	<i>...verändert sich, weil...</i>
<i>Die Ursache dafür ist, dass...</i>	<i>...weist auf...hin.</i>
<i>Ein Grund dafür ist, dass...</i>	<i>...wird gebildet.</i>

Concept-Maps als Erklärung:

- In Concept-Maps kannst du dein Wissen vernetzen.
- Stelle darin Zusammenhänge dar (als Mind-Map, mit Pfeilen, mit Vernetzungen...).
- Verwende wenn möglich Worte, Formeln und/oder Bilder.



5.1.1 Analyse des Handouts „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“

Dieses Handout kann an SchülerInnen ausgeteilt und im Chemiesaal zum Nachschlagen an einer Pinnwand aufgehängt werden. Es soll SchülerInnen beim Experimentieren im Chemieunterricht sowie beim Erstellen von Versuchsprotokollen mit sprachlichem Input zu unterstützen.

Im ersten Teil „Allgemeine Hinweise“ wird für SchülerInnen der gewünschte Aufbau eines Versuchsprotokolls gezeigt. Außerdem wird in diesen Hinweisen auf das Tragen einer Schutzbrille bei jedem Versuch hingewiesen.

Im Teil „Durchführung = Prozessbeschreibung“ werden gängige Operatoren mit Beispielen vorgestellt. Diese sollen SchülerInnen helfen einerseits, dass Versuchsanleitungen richtig verstanden werden (siehe Kapitel 3.3.1) und andererseits, dass Durchführungsschritte in Versuchsprotokollen richtig beschrieben werden können. Die erste Spalte der Tabelle dient der Zuteilung zu den Aufgabenteilen für die kompetenzorientierte Reifeprüfung: REP ist der Reproduktionsteil, TRA ist der Transferteil und PRO/REF ist der Problemlösungs- oder Reflexionsteil.⁶⁴ Am Ende dieses Abschnitts wird erklärt, wie Arbeitsaufträge mit gestuften Hilfen bearbeitet werden sollen.

Im nächsten Teil „Beobachtung = Faktenbeschreibung“ werden Symbole für vier Sinne (Sehen, Hören, Riechen und Fühlen) gezeigt. Damit sollen SchülerInnen angeregt werden, dass Beobachtungen nicht nur mit dem Seh-Sinn sondern auch mit anderen Sinnen gemacht werden können. Um SchülerInnen das Verfassen von Beobachtungsbeschreibungen zu vereinfachen, werden in diesem Teil für jeden dieser vier Sinne nützliche Wörter zur Verfügung gestellt. Anschließend wird dargestellt, wie eine Chemie-Fotostory zur Beschreibung von Beobachtungen eingesetzt werden kann.

Der letzte Teil dieses Handouts, „Erklärung = deutender Text“, besteht aus Phrasen für die Formulierung von Erklärungen. Zuletzt wird in diesem Teil das Erstellen von Concept-Maps erklärt, womit SchülerInnen Erklärungen und fachliche Zusammenhänge darstellen können.

⁶⁴ vgl. [71]: 11.

5.2 V1: Erhitzen von Eisen

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Waage, Mikrobrenner, Metallschale, Tiegelzange



Chemikalien: Eisen (Fe) in Form dünner Fasern, Luft



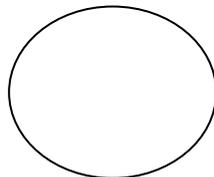
Durchführung:

- 1) Gib bodenbedeckt Eisen in die Metallschale.
- 2) Wiege nun ab. **Masse_{vorher}** = __, __ **g**
- 3) Erhitze das gesamte Eisen von oben mit dem Mikrobrenner.
- 4) Lasse es auskühlen!!
- 5) Wiege nun ab. **Masse_{nachher}** = __, __ **g**
- 6) Vergleiche die beiden Massen.
- 7) Skizziere den Versuch und beschreibe deine Beobachtungen.

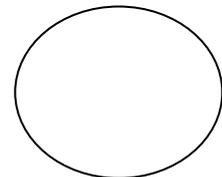
Erklärung – Verwende folgende Stichworte⁶⁵:

Sauerstoff; Eisen; Eisenoxid; oxidiert/reduziert; Luft; Eisen; schwerer oder gleich oder leichter weil...; <Bindungsart>

Klebe ein: Ausgangsstoff



Endstoff



Wortgleichung: _____ und _____ reagiert zu _____

Formelgleichung: _____ + _____ → _____ FeO

Gib überschüssige Endstoffe der Lehrperson zurück!

⁶⁵ Eisenoxid ... Verbindung von Eisen und Sauerstoff (FeO)
oxidieren ... Elektronen werden abgegeben; Oxidationszahl wird erhöht
reduzieren ... Elektronen werden aufgenommen; Oxidationszahl wird erniedrigt

5.2.1 V1: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Für diesen Versuch können sowohl elektronische Waagen als auch Balkenwaagen benutzt werden. Bei einer Balkenwaage kann die Eisenwolle auf einer Seite der ausbalancierten Waage erhitzt und dann durch Ausschlagen der Waage die Gewichtszunahme beobachtet werden.

Bei elektronischen Waagen muss die Empfindlichkeit überschritten werden. Die Menge an Eisenwolle muss somit, je nach Waage, größer gewählt werden. Bei vollständiger Umsetzung nimmt die Masse circa um 13% zu, also von 10g auf circa 11,3g.

Chemikalien:

In der Versuchsvorschrift wird von *Eisen* beziehungsweise *Eisenwolle* und nicht, wie oftmals üblich, von *Stahlwolle* gesprochen, da der Begriff *Stahl* zuerst bei den SchülerInnen eingeführt werden müsste. Die Eisenwolle sollte für gutes Gelingen des Versuchs möglichst fein sein.

Die Verwendung der Chemikalie *Luft* kann bei SchülerInnen auf Verwirrung stoßen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Sauerstoff aus der Luft bei Versuchen allgegenwärtig ist. Der Versuch wäre im Vakuum so nicht durchführbar.

Eisenwolle für Maler eignet sich besonders gut, da diese sehr fein ist. Der Versuch kann auch mit einem dünnen Kupferblech durchgeführt werden. Dabei wird die Außenseite oxidiert (und schwarz) und es kann ebenfalls eine Gewichtszunahme beobachtet werden.

Erwartete Beobachtungen:



Das Eisen beginnt zu glühen und wird dunkler. Das Endprodukt ist schwerer, weil am Eisen Sauerstoff gebunden wurde.



Das abgekühlte Endprodukt ist bröselig. → Ionenbindung

Die Symbole für *Hören* und *Riechen* sind hier nicht angeführt, da bei diesem Versuch vorwiegend Beobachtungen betreffend *Sehen* und *Tasten* gemacht werden können.

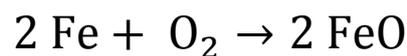
Erwartete Skizze:



Erwartete Erklärungen:

Eisen reagiert mit dem Sauerstoff aus der Luft zu Eisenoxid. Das Eisen oxidiert dabei. Das Eisenoxid ist schwerer als das Eisen, weil es den Sauerstoff gebunden hat (Ionenbindung).

Eisen und Sauerstoff reagiert zu Eisenoxid



Ergänzungen zu den Erklärungen:

Bei der Oxidation von Eisen mit Sauerstoff zu Eisenoxid entstehen Eisen(II)-oxid (FeO) und Eisen(III)-oxid (Fe₂O₃). Als Vereinfachung für SchülerInnen wird in der Reaktionsgleichung nur Eisen(II)-oxid angegeben. Auf die Entstehung von Eisen(III)-oxid kann im Unterricht hingewiesen werden. Eisen(I)-oxid (Fe₂O) entsteht nicht, da dieses unter den Bedingungen (Druck, Temperatur) an der Erdoberfläche instabil ist. Eisen(II,III)-oxid (Fe₃O₄) ist ebenso nicht im Produkt, da es aus Eisen und Sauerstoff nur bei sehr hohen Temperaturen entstehen kann.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Die oxidierte Eisenwolle kann für Versuche in der Elektrochemie wiederverwendet und als Vorzeigeobjekt den SchülerInnen präsentiert werden. Falls die oxidierte Eisenwolle entsorgt wird, ist sie zu den festen Laborabfällen oder in den Restmüll zu geben.

Sicherheitshinweise sind in der Versuchsvorschrift nicht enthalten, da SchülerInnen als einzigen Sicherheitshinweis eine Schutzbrille tragen sollen. Dieser Hinweis wird ihnen für jeden Versuch in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben.

Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.2.2 V1: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Erhitzen von Eisen“

Gemäß dem Kapitel 3.2.1 folgen sprachensible Arbeitsaufträge bestimmten Kriterien. Diese Kriterien werden in dieser Versuchsanleitung berücksichtigt. Die Übersichtlichkeit ist dank einer Gliederung durch Unterüberschriften gegeben. Außerdem werden visuelle Hilfsmittel im Abschnitt „Geräte“ verwendet. Schließlich ist der Abschnitt „Durchführung“ durch die Nummerierung der einzelnen Schritte sowie Kästchen zum Abhaken klar strukturiert. Ebenso werden die drei Hauptschritte in der ersten Zeile zum Abhaken angeführt.

In der Durchführungsbeschreibung wird darauf geachtet, dass Charakteristika von Fachsprache (vgl. Kapitel 2.2.1 und 3.2.2) auf ein Minimum reduziert sind, da diese Stolpersteine (vgl. Kapitel 2.2.4.2 und 2.2.4.3) beinhalten und deshalb größtenteils alltagsübliche Sprache verwendet wird. Dadurch sollen ebenso sprachliche Schwierigkeiten, wie in Kapitel 3.3.1 vorgestellt, vermieden werden. Der Versuch wird bewusst „Erhitzen von Eisen“ genannt. Ebenso bekannt ist dieser Versuch als „Verbrennen von Stahlwolle“. Jedoch ist mit dem Wort *verbrennen*, wie in Kapitel 2.2.5 beschrieben, ein möglicher Stolperstein gegeben. Auch der Begriff *Stahlwolle* kann als problematisch angesehen werden. Den SchülerInnen muss die Zusammensetzung von Stahl nicht geläufig sein. Außerdem werden in der Alltagssprache mit dem Begriff *Wolle* eher Textilien verbunden. Durch das Anwenden der Verständlichkeitsanalyse aus Kapitel 3.4.1.1 wird erkannt, dass die vorliegende sprachensible Versuchsanleitung diesen Kriterien „einfach, übersichtlich und anschaulich“ folgt.

Im Abschnitt „Erklärung“ werden schwierige Begriffe, wie *oxidieren* oder *reduzieren* (vgl. Stolperstein in Kapitel 2.2.5) in Fußnoten geklärt. Ebenso wird ein Methodenwerkzeug (vgl. Kapitel 2.2.6) angewendet und verschiedene Darstellungsebenen (vgl. Kapitel 2.2.2) angesprochen und auch zwischen diesen durch Formelgleichung, Wortgleichung und eingeklebte Proben gewechselt. Am LehrerInnenblatt wird bei der erwarteten Erklärung darauf geachtet, dass kein Stolperstein mit verwirrendem Wechseln zwischen Stoff- und Teilchenebene (vgl. Kapitel 2.2.5) eingebaut wird.

Dieser Versuch ist für den Einsatz in der Sekundarstufe I gedacht. Fachlich ist dieser Versuch im Lehrplan der Unterstufe⁶⁶ dem Punkt „Grundmuster chemischer Reaktionen“ zuzuteilen.

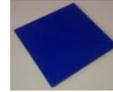
⁶⁶ vgl. [67]: 3.

5.3 V2: Flammenfärbung

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Brenner, Uhrgläser, Magnesiastäbchen, Spatel, Kobaltglas (falls vorhanden)



Chemikalien:

Lösungen⁶⁷ von:

Natriumchlorid (NaCl)

Calciumchlorid (CaCl₂)

Lithiumchlorid (LiCl)

Bariumchlorid (BaCl₂)

Kaliumchlorid (KCl)



Durchführung:

- 1) Gib etwas Probenlösung auf ein Uhrglas.
- 2) Bringe circa 1cm des Magnesiastäbchens zum Glühen⁶⁸.
- 3) Tauche die Spitze in eine Lösung und halte in die Flamme.
 - a. Betrachte bei Kaliumchlorid durch das Kobaltglas.
- 4) Skizziere den Versuch (Foto) und beschreibe deine Beobachtungen (Tabelle).

Erklärung – Fülle die Lücken:

Ionen – höheres – verschiedene Färbungen – Elektronen – Lichtteilchen – Grundzustand⁶⁹

Die _____ werden durch die Wärmeenergie in ein _____ Energieniveau angeregt. Wenn diese Elektronen wieder in den _____ zurückfallen, wird die zuvor aufgenommene Energie als _____ (Photonen) wieder abgegeben. Unterschiedliche _____ nehmen unterschiedliche Mengen an Energie auf (und geben sie danach wieder ab). Daraus ergeben sich _____ der Flamme.

Entsorge verschmutzte Magnesiastäbchen-Stücke sowie Probenreste im Hausmüll und über den Abfluss!

⁶⁷ Probensalz in Wasser gelöst

⁶⁸ Das Magnesiastäbchen soll orange leuchten.

⁶⁹ Zustand mit niedrigster Energie für die Elektronen

5.3.1 V2: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

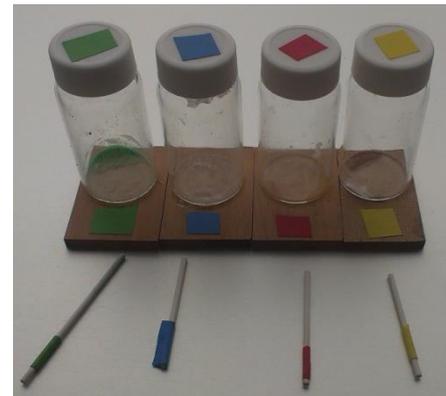
Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Einstiegshinweis:

Das Prinzip der Flammenfärbung wird unter anderem in der Pyrotechnik angewendet. Die unterschiedlichen Farben von (Silvester-)Raketen sind auf den Einsatz unterschiedlicher Metallsalze zurückzuführen. Dies eignet sich beispielsweise als alltagsbezogener Einstieg in die (qualitative) analytische Chemie.

Geräte:

Die Magnesiastäbchen sollten vorher mit verschieden färbigem Isolierband markiert werden. Ebenso sollten die Behälter der Salzlösung mit der entsprechenden Farbe gekennzeichnet werden. Somit werden die Proben bei der Durchführung nicht verunreinigt.



Kaliumchlorid weist eine schwachviolette Flammenfärbung auf. Um diese Färbung besser sehen zu können, sollte durch Kobaltglas beobachtet werden. Kobaltglas absorbiert gelbes Licht, wodurch einer störenden Flammenfärbung, die durch Natrium hervorgerufen wird, entgegengewirkt werden kann.

Chemikalien:

Die in dieser Versuchsanleitung verwendeten Salze sind nur Beispiele. Auch andere Ionen in Salzen weisen Flammenfärbungen auf. Hier einige Beispiele:

<u>Ion des Elements:</u>	<u>Flammenfärbung:</u>
Antimon	blass-blau
Blei	blass-blau
Caesium	bläulich-violett
Kupfer	grün
Molybdän	blass-grün
Rubidium	rötlich-violett
Strontium	rot

Die Salzlösungen können in kleinen Kunststoffflaschen aufbewahrt und wiederverwendet werden.

Erwartete Beobachtungen:



<u>Ion des Elements:</u>	<u>Flammenfärbung:</u>
Barium	blass-grün
Calcium	rötlich-orange
Kalium	schwach violett
Lithium	rot
Natrium	gelb-orange

Die Symbole für *Hören*, *Riechen* und *Tasten* sind hier nicht angeführt, da bei diesem Versuch vorwiegend Beobachtungen betreffend *Sehen* gemacht werden können.

Erwartete Skizze:

< Foto einer Flammenfärbung >

Erwartete Erklärungen:

Die **Außenelektronen** werden durch die Wärmeenergie in ein **höheres** Energieniveau angeregt. Wenn diese Elektronen wieder in den **Grundzustand** zurückfallen, wird die zuvor aufgenommene Energie als **Lichtteilchen** (Photonen) wieder abgegeben. Unterschiedliche **Ionen** nehmen unterschiedliche Mengen an Energie auf (und geben sie danach wieder ab). Daraus ergeben sich **verschiedene Färbungen** der Flamme.

Ergänzungen zu den Erklärungen:

Die wieder abgegebene Energie bestimmt die beobachtbare Flammfärbung. Je mehr Energie abgegeben wird, desto niedriger ist die Wellenlänge des beobachtbaren Lichts.

$$E = \frac{h * c}{\lambda}$$

E ... Energie
h ... Plank'sches Wirkungsquantum ($6,626 * 10^{-34}$ Js)
c ... Lichtgeschwindigkeit (299.792.458 m/s)
 λ ... Wellenlänge

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Die abgebrochenen Spitzen der benutzten Magnesiastäbchen können im Restmüll und die Probenreste im Ausguss entsorgt werden.

Die Mehrheit der verwendeten Salze reizt Augen oder Haut. Der Hinweis zum Tragen der Schutzbrille wird den SchülerInnen in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben.

Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.3.2 V2: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Flammenfärbung“

Der Aufbau der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Flammenfärbung“ entspricht typischen Merkmalen wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben. Durch Überschriften ist sie übersichtlich gegliedert, dies wird auch durch eine Nummerierung der Durchführungsschritte unterstützt und durch Abbildungen der Geräte wird es den SchülerInnen erleichtert, mit diesen zu arbeiten. Eine weitere Erleichterung sind die Kästchen zum Abhaken der einzelnen Schritte, da die SchülerInnen somit auf einen Blick wissen, ob sie vollständig gearbeitet haben.

Um den Durchführungsteil klar verständlich zu gestalten, werden Operatoren, vorgestellt in Kapitel 3.4.2.2, zur Formulierung der einzelnen Schritte angewendet. Außerdem wird in der Versuchsanleitung darauf geachtet, dass fachsprachliche Besonderheiten, die in den Kapiteln 2.2.1 und 3.3.1 vorgestellt wurden, vermieden werden. Schwierige Begriffe sind als Fußnote erklärt. Der Kontext des Begriffs *Lösungen* kann ein Stolperstein sein, da (vgl. Kapitel 2.2.4.3) er im Alltagssprachlichen Gebrauch oftmals in Zusammenhang mit *Problemen* verwendet wird. Ebenso ist der Begriff *Grundzustand*, im Erklärungsteil der Versuchsanleitung zu finden, problematisch (vgl. Kapitel 2.2.4.2), da dieser in der Chemie eine spezielle Definition hat. Der Begriff *glühen*, ein weiterer Stolperstein, der auch in Kapitel 2.2.5 „Häufige Stolpersteine im Chemieunterricht“ zu finden ist, wird ebenso im Durchführungsteil erklärt. Eine Verständlichkeitsanalyse (vgl. Kapitel 3.4.1.1) zeigt, dass die Experimentiervorschrift diesen Kriterien (einfach, übersichtlich, anschaulich) folgt.

Im Erklärungsteil dieser Versuchsanleitung sollen SchülerInnen einen Lückentext bearbeiten. Durch dieses Methodenwerkzeug (vgl. Kapitel 2.2.6) wird gesichert, dass alle SchülerInnen auf dem gleichen Wissensstand sind. In der bereitgestellten Erklärung wird darauf geachtet, dass die Formulierungen leicht verständlich und Fachbegriffe erklärt werden (siehe auch Lösung am LehrerInnenblatt).

Dieser Versuch kann so in der Sekundarstufe I eingesetzt werden. Jedoch wäre es auch möglich, den Versuch anspruchsvoller zu gestalten (siehe „Ergänzungen zu den Erklärungen“) und somit auch in der Sekundarstufe II einzusetzen. Fachlich ist dieses Experiment im Lehrplan der Unterstufe⁷⁰ in den Abschnitt „Aufbauprinzipien der Materie“ einzuteilen. Für die Oberstufe⁷¹ ist es in den Abschnitt „Strukturen und Modellbildung“ zuzuteilen.

⁷⁰ vgl. [67]: 2.

⁷¹ vgl. [68]: 2, 3.

5.4 V3: Elektrische Leitfähigkeit

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Batterie, Lämpchen, Bechergläser



Chemikalien: Nagel (Fe), Alufolie (Al), destilliertes Wasser, Glas (SiO₂), Kunststoff (PE oder PP), Speisesoda (NaHCO₃), Magnesiumtablette (MgO, MgCO₃), Kochsalz (NaCl)

Durchführung:

- 1) Baue den Versuch laut Schulbuch auf.
- 2) Löse die Probe (bei Bedarf).
- 3) Schließe den Stromkreis.
- 4) Stelle deine Beobachtungen als Chemie-Fotostory dar.
- 5) Zeichne den Vorgang während des Versuchs als Skizze.

Erklärung – Bringe die Sätze in die richtige Reihenfolge:

- (a) Kationen sind positiv geladene Ionen, Anionen sind negativ geladene Ionen.
- (b) Diese Elektronen bewegen sich durch das Metall und leiten den elektrischen Strom.
- (c) Diese Ionenverbindungen bestehen aus Kationen und Anionen.
- (d) Metalle bilden eine Metallbindung aus, dabei sind alle Außenelektronen frei beweglich.
- (e) Die Kationen wandern zur Kathode und die Anionen wandern zur Anode, wodurch elektrischer Strom fließen kann.
- (f) Auch Ionenverbindungen sind (in gelöster Form) leitfähig. (

Gib die verwendeten Objekte zurück und die Probenlösungen in den Abfluss.

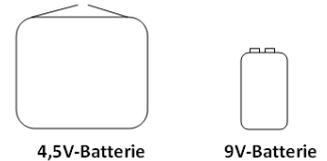
5.4.1 V3: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Bei dem Versuch kann statt einem Lämpchen auch ein Voltmeter oder Multimeter verwendet werden. Mit einem Multimeter kann neben der Spannung auch meist die Stromstärke und der Widerstand gemessen werden.

Als Batterie eignen sich eine 9V-Batterie oder eine 4,5V-Batterie, da diese von der Form her praktisch sind.



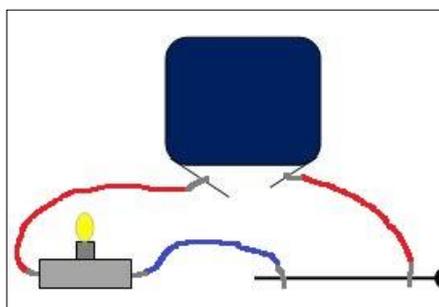
Die Bechergläser müssen nicht groß sein. Es wird so viel Lösung gebraucht, dass die beiden Elektroden eingetaucht werden können.

Chemikalien:

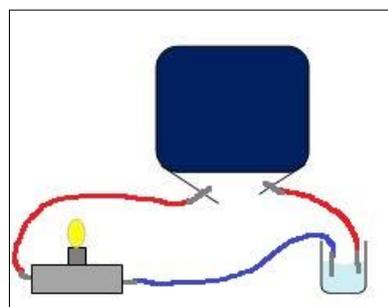
Bei diesem Versuch bietet es sich an, SchülerInnen verschiedene Objekte ausprobieren zu lassen (Leiter und Nichtleiter). Ebenso können SchülerInnen Objekte/Substanzen von zuhause mitbringen und diese in der Schule untersuchen. Außerdem kann ein Salzbrocken mit gelöstem Salz verglichen werden.

Einige Beispiele für zu untersuchende Objekte/Substanzen wären: *Muscheln (Nichtleiter)*, *Steine (Nichtleiter)*, *verschiedene Salze (Leiter)*, *Zahnstocher (Nichtleiter)*, *Bleistift (Leiter)*, *Büroklammer mit Überzug (Nichtleiter)*, *Büroklammer (Leiter)* oder *Geld (Leiter)*.

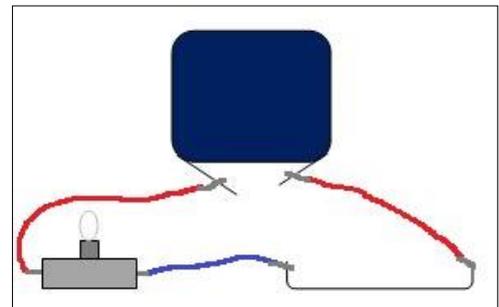
Erwartete Beobachtungen (als Fotostory):



Der Nagel (und die Alufolie) leitet den elektrischen Strom.

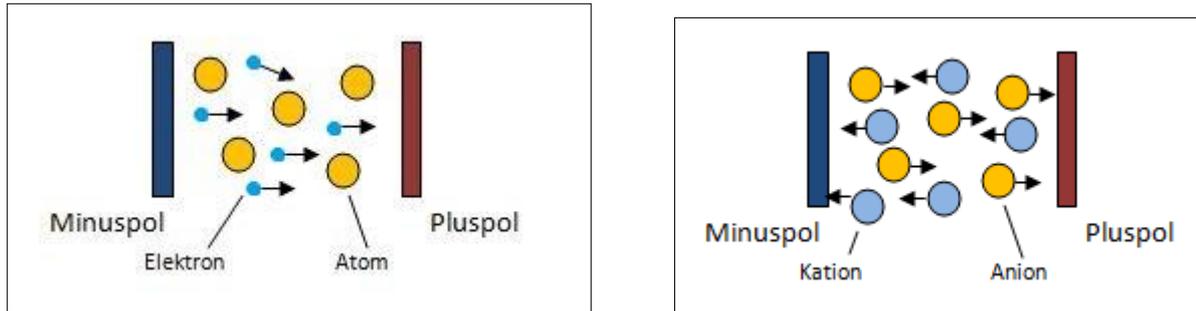


Die gelöste Magnesium-tabletten (gelöstes Kochsalz und gelöstes Speisesoda) leiten den elektrischen Strom.



Der Kunststoffbehälter (und das Glas) leiten den elektrischen Strom nicht.

Erwartete Skizze (gezeichnetes Schema – links: Metalle; rechts: gelöste Salze):



Erwartete Erklärungen:

(d) Metalle bilden eine Metallbindung aus, dabei sind alle Außenelektronen frei beweglich. **(b)** Diese Elektronen bewegen sich durch das Metall und leiten den elektrischen Strom. **(f)** Auch Ionenverbindungen sind (in gelöster Form) leitfähig. **(c)** Diese Ionenverbindungen bestehen aus Kationen und Anionen. **(a)** Kationen sind positiv geladene Ionen, Anionen sind negativ geladene Ionen. **(e)** Die Kationen wandern zur Kathode und die Anionen wandern zur Anode, wodurch elektrischer Strom fließen kann.

→ weitere Lösungsmöglichkeit: (d), (b), (f), (c), (e), (a)

Ergänzungen zu den Erklärungen:

Ionenverbindungen weisen nur in gelöster Form elektrische Leitfähigkeit auf, da die Ionen in der Kristallstruktur nicht frei beweglich sind.

Metalle leiten den Strom besser als Ionenverbindungen, da die Ionen größer sind als die Elektronen in den Metallen. Somit sind die Elektronen viel beweglicher als die Ionen.

Graphit bildet Kohlenstoffschichtstrukturen (hexagonal) aus. Dabei werden pro Kohlenstoffatom drei Außenelektronen für Bindungen verwendet. Das vierte Außenelektron ist delokalisiert und kann sich in der Schicht frei bewegen, somit kann dort elektrischer Strom geleitet werden. In handelsüblichem Graphit (Bleistift) ist die Kristallstruktur etwas verschoben, somit kann elektrischer Strom auch außerhalb der Schicht geleitet werden.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Verwendete Objekte sollen von der Lehrperson wieder abgesammelt und aufbewahrt werden. Gelöste Proben können im Ausguss entsorgt werden.

Besondere Sicherheitshinweise sind bei diesem Versuch nicht notwendig.

Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.4.2 V3: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung

„Elektrische Leitfähigkeit“

Die Gliederung dieser Experimentiervorlage folgt den Charakteristika von sprachsensiblen Aufgabenstellungen aus Kapitel 3.2.1. Neben Überschriften zur Gliederung werden Aufzählungen und Möglichkeiten zum Abhaken angewendet. Um sprachlichen Schwierigkeiten vorzubeugen, werden in den einzelnen Schritten der Durchführungsbeschreibung Operatoren (vgl. Kapitel 3.4.2.2) verwendet, die im Handout „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ definiert werden (vgl. Kapitel 5.1).

Typische Charakteristika von Fachsprache oder schwierigen Experimentiervorlagen, wie in den Kapiteln 2.2.1 und 3.2.2 beschrieben, werden in dieser sprachsensiblen Anleitung vermieden. In Bezug auf die Verständlichkeitsanalyse aus Kapitel 3.4.1.1 wird ersichtlich, dass in dieser Versuchsanleitung Begriffe verwendet werden die die SchülerInnen schon kennen, prägnante Sätze in gegliedertem Aufbau formuliert werden, wichtige Wörter (beispielsweise Operatoren) hervorgehoben sind, SchülerInnen direkt angesprochen werden und ein Methodenwerkzeug zur Findung einer Erklärung zum fachlichen Hintergrund des Experiments eingesetzt wird.

Zur Beschreibung der Beobachtungen soll das Methodenwerkzeug *Fotostory* (vgl. Kapitel 3.4.3) genutzt werden. In Kapitel 5.1 wird beim Punkt „Beobachtungen als Chemie-Fotostory“ beschrieben, wie eine solche bildliche und textliche Darstellung angefertigt wird.

Im Teil „Erklärung“ sollen SchülerInnen die vorformulierten Sätze in die richtige Reihenfolge bringen (vgl. *Methodenwerkzeuge* in Kapitel 2.2.6). Dabei werden sie sprachlich gefördert, da die logische Satzreihenfolge durch Marker auf der Wortebene gefunden werden muss. Diese linguistischen Marker tragen zur *Kohäsion* des Textes bei. Der Ausdruck *Diese Ionenverbindungen* verweist auf einen Satz davor, in dem ebenso *Ionenverbindung* vorkommt, somit ist die Reihenfolge im Text klar vorgegeben. Außerdem wird bei der vorgefertigten Erklärung darauf geachtet, dass es eine verwirrende Vermischung von Stoff- und Teilchenebene vermieden wird. Diese Vermischung wird als möglicher Stolperstein im Unterricht in Kapitel 2.2.5 beschrieben.

Dieser Versuch ist für den Einsatz in der Sekundarstufe I gedacht. In den Lehrplan⁷² kann er zum Abschnitt „Aufbauprinzipien der Materie“ zugeordnet werden.

⁷² vgl. [67]: 2.

5.5 V4: Wasser entzündet Feuer

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Abdampfschale, Pasteurpipette, Spatel



Chemikalien: Filterpapier, 4g Zinkstaub (Zn), 4g Ammoniumnitrat (NH₄NO₃), Wasser,



1g Ammoniumchlorid (NH₄Cl)

Durchführung:

- 1) Vermische die Ammoniumsalze vorsichtig (!) auf dem Filterpapier.
- 2) Füge das Zinkpulver vorsichtig (!) hinzu.
- 3) Bilde einen Kegel in der Abdampfschale.
- 4) Füge einen Tropfen Wasser hinzu.
- 5) Skizziere den Versuch (als Foto) und beschreibe deine Beobachtungen.

Erklärung – Gib die folgende Erklärung in EIGENEN WORTEN wieder⁷³:

Zink und Ammoniumnitrat reagieren in einer Redoxreaktion. Dabei wird elementares Zink zu Zinkoxid oxidiert und das Nitrat-Ion (NO₃⁺) zu Stickstoff reduziert. Die Zugabe von Wasser führt zu einer stark exothermen Reaktion, wodurch das Pulvergemisch entzündet wird (Flammenbildung).

Wortgleichung:

_____ und _____ reagiert zu _____, _____ und _____

Formelgleichung: _____ + _____ $\xrightarrow{\text{NH}_4\text{Cl}}$ _____ + _____ + 2 H₂O

Gib den Rest in den Behälter für mindergiftige (anorganische) Stoffe.

⁷³ Zinkoxid ... Verbindung von Zink und Sauerstoff (ZnO)

oxidieren ... Elektronen werden abgegeben; Oxidationszahl wird erhöht

reduzieren ... Elektronen werden aufgenommen; Oxidationszahl wird erniedrigt

exotherm ... chemische Reaktion, bei der Energie (z.B.) in Form von Wärme abgegeben wird

5.5.1 V4: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Das Vermischen von Ammoniumnitrat und Ammoniumchlorid soll grundsätzlich sehr vorsichtig gemacht werden, da es zu einer möglichen vorzeitigen Entzündung kommen könnte. Aus eben diesem Grund sollte das Vermischen nicht in der Abdampfschale gemacht werden. Zum Vermischen der verschiedenen Chemikalien kann auch eine Feder benutzt werden, da dabei die Reibung auf ein Minimum reduziert wird.

Chemikalien:

Bei diesem Versuch kann auch eine Spatelspitze Strontiumnitrat oder Bariumnitrat zum Pulvergemisch hinzugefügt werden. Dadurch kann die Flamme rot (bei $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$) oder grün (bei $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) gefärbt werden.



Die Mischung der Reagenzien ist ähnlich der der (mittlerweile veralteten) Leclanché-Batterie und könnte ein Grund für Batterie-Brände gewesen sein.

Erwartete Beobachtungen:



Nachdem ein Tropfen Wasser auf den Kegel getropft wird, sprühen ein paar Funken. Dann kann man nach ein paar Sekunden eine Flamme und Rauch beobachten.



Beim Sprühen der Funken hört man es knistern.



Während der Reaktion riecht es verbrannt und verkohlt (nach Rauch).

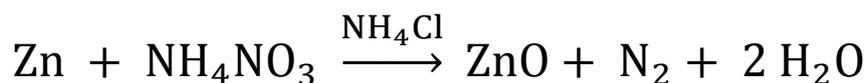
Erwartete Skizze:

< Foto der Flammenbildung >

Erwartete Erklärungen:

Zink und Ammoniumnitrat reagieren zu Zinkoxid, Stickstoff und Wasser. Das ist eine Redoxreaktion. Das Zink wird oxidiert, das Ammoniumnitrat wird reduziert. Wenn man Wasser hinzugibt, dann passiert eine exotherme Reaktion und das Pulver brennt.

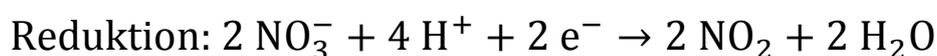
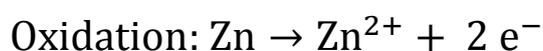
Zink und Ammoniumnitrat reagiert zu Zinkoxid, Stickstoff und Wasser



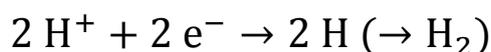
Ergänzungen zu den Erklärungen:

Die Chlorid-Ionen des Ammoniumchlorids verhindern, dass Zink eine Oxidschicht bildet, wodurch die Redoxreaktion verlangsamt werden würde.

Die obige Erklärung ist eine vereinfachtere Form. Der Redox-Vorgang ist in einer wissenschaftlicheren Form etwas komplexer. Die Elektronen des Zink werden im Säuren auf das Nitrat-Ion übertragen. Dabei werden vorwiegend Stickoxide gebildet.



Außerdem werden von Zink Elektronen auf Wasserstoffionen und Ammoniumionen übertragen, wodurch diese reduziert werden:



Durch die Hinzugabe von Wasser wird das Pulver entzündet und eine stark exotherme Redoxreaktion läuft ab.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Die Reste der verwendeten Chemikalien werden in den Behälter für mindergiftige (anorganische) Stoffe gegeben.

Ammoniumnitrat



Ammoniumchlorid



Zinkpulver



Der Hinweis zum Tragen der Schutzbrille wird den SchülerInnen in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben.

Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.5.2 V4: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung

„Wasser entzündet Feuer“

Der Aufbau dieser Experimentiervorschrift weist typische Merkmale von sprachsensiblen Aufgabenstellungen auf (vgl. Kapitel 3.2.1). Durch Unterüberschriften und durch Nummerierung der Schritte ist die Anleitung übersichtlich gegliedert. Operatoren (vgl. Kapitel 3.4.2.2), die der klaren Formulierung der Durchführungsschritte dienen, sind hervorgehoben.

Außerdem wird in der sprachlichen Formulierung der Durchführung darauf geachtet, Charakteristika der Fachsprache, die oftmals Stolpersteine sind, wie in Kapitel 2.2.4.2 und 2.2.4.3 beschrieben, zu vermeiden und klare, prägnante Sätze zu verfassen. Ein weiterer, möglicher Stolperstein ist die Definition von *Oxidation* und *Reduktion* (vgl. Kapitel 2.2.5). Deshalb werden die Begriffe *oxidieren* und *reduzieren* in einer Fußnote definiert. Des Weiteren sind auch die in der Alltagssprache unüblichen Begriffe *Zinkoxid* und *exotherm* in dieser Fußnote zu finden.

Im Abschnitt „Erklärungen“ sollen SchülerInnen die vorgegebene Erklärung in eigenen Worten wiedergeben. Dabei ist zu erwarten, dass fachsprachliche Elemente in Alltagssprache übersetzt werden. In einem nächsten Schritt können dann von der Lehrperson die Wichtigkeit der Fachsprache, ihre Besonderheiten sowie der Unterschied zur Alltagssprache thematisiert werden. Außerdem ist zu erwarten, dass die Formulierungen nicht ganz prägnant und möglicherweise fehlerhaft sind (siehe „Erwartete Erklärungen“ am LehrerInnenblatt). Diese möglicherweise fehlerhaften Formulierungen müssen dann bei Bedarf richtig gestellt werden. In weiterer Folge wird in diesem Abschnitt der sprachsensiblen Versuchsanleitung die Überführung von fachlichen Inhalten aus einer Darstellungsebene (vgl. Kapitel 2.2.2) in eine andere geübt. Dabei wird dieser Inhalt von einem Experiment (gegenständliche Darstellungsebene) zu einer Skizze (bildliche Darstellungsebene) und zu einem Text als Erklärung (sprachliche Darstellungsebene) hin zur Formelgleichung (mathematische Darstellungsebene) und schließlich zur Wortgleichung (sprachliche Form der mathematischen Darstellungsebene) überführt.

Diese Versuchsanleitung ist für den Gebrauch in der Sekundarstufe II gedacht. In den Lehrplan der Oberstufe⁷⁴ ist das Experiment zum Abschnitt „Stoffumwandlung und Energetik“ zuzuordnen.

⁷⁴ vgl. [68]: 3.

5.6 V5: Elektrolyse einer Kaliumiodid-Tablette

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Reibschale mit Pistill, Batterie, Becherglas, Petrischale



Chemikalien: 2 Kaliumiodid-Tabletten (KI), Phenolphthaleinlösung, Wasser



Durchführung:

- 1) Verreibe die Tabletten fein und löse sie in Wasser.
- 2) Gieße die Flüssigkeit ohne Rückstände⁷⁵ ab (circa 1,5 cm hoch).
- 3) Gib 5 Tropfen Phenolphthalein hinzu.
- 4) Rühre um und halte die Pole⁷⁶ in die Lösung.
- 5) Skizziere den Versuch und beschreibe deine Beobachtungen.

Erklärung – Bilde vollständige Sätze⁷⁷:

- Elektrolyse – Vorgang – nicht selbstständig – sein – ablaufen.
- Energiequelle – Batterie – gebraucht werden.
- Elektrolyse – Kaliumiodid (___) – Kathode Kaliumhydroxid (___) – Anode Hydrogeniodid (___) – sich bilden.
- Phenolphthalein – Indikator – pH-Wert – sein.
- Kaliumhydroxid – Base – Farbumschlag – rosa – Kathode (Minuspole) – wird beobachtet.

Gieße die Restlösung in den Abfluss.

⁷⁵ Es sollen keine Reste der Kaliumiodid-Tablette in die Petrischale gelangen.

⁷⁶ Die beiden Metallbügel der Batterie sind Plus- und Minuspole.

⁷⁷ Anode – Oxidation – Pluspol, hierher wandern die negativ geladenen Anionen
(Elektronenabgabe)

Kathode – Reduktion – Minuspole, hierher wandern die positiv geladenen Kationen
(Elektronenaufnahme)

5.6.1 V5: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Statt einer Petrischale kann auch eine kleinere Kristallisierschale für den Versuch verwendet werden. Die Petrischale ist durch den flachen Rand praktischer.

Die 4,5V-Batterie ist im Umgang sehr praktisch, da die beiden Pole als längere Metallstücke angebracht sind. Auch eine 9V-Batterie eignet sich für den Versuch, allerdings ist mit dieser Art von Batterie der Umgang unpraktischer, da die beiden Pole schwieriger in die Lösung zu tauchen sind.

Chemikalien:

Der Versuch kann mit verschiedenen leitenden Materialien erweitert werden. Diese können zwischen der Batterie und der Kaliumiodid-Lösung eingebaut werden. Ebenso können nichtleitende Materialien eingebaut und die Ergebnisse beobachtet oder verglichen werden. Einige Beispiele für mögliche Objekte wären: *Muscheln (Nichtleiter)*, *Steine (Nichtleiter)*, *Zahnstocher (Nichtleiter)*, *Bleistift (Leiter)*, *Büroklammer mit Überzug (Nichtleiter)*, *Büroklammer (Leiter)* oder *Geld (Leiter)*. Jedoch sollte vorher ausprobiert werden, ob die Leitfähigkeit der einzelnen Objekte ausreicht um anschauliche Ergebnisse erreichen zu können.

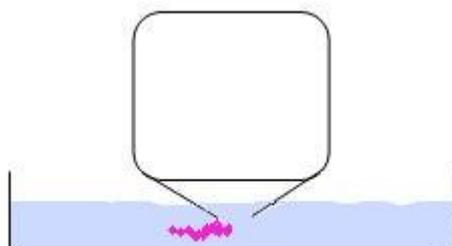
Erwartete Beobachtungen:



Hält man die Pole der Batterie für einige Zeit in die Lösung, kann man an einem der Pole die Bildung von rosa Schlieren beobachten.

Die Symbole für *Hören*, *Riechen* und *Tasten* sind hier nicht angeführt, da bei diesem Versuch vorwiegend Beobachtungen betreffend *Sehen* gemacht werden können.

Erwartete Skizze:



Erwartete Erklärungen:

Eine Elektrolyse ist ein Vorgang, der nicht selbstständig abläuft. Als Energiequelle wird eine Batterie gebraucht. Bei der Elektrolyse von Kaliumiodid (KI) bildet sich an der Kathode Kaliumhydroxid (KOH) und an der Anode Hydrogeniodid (HI). Phenolphthalein ist ein Indikator für den pH-Wert. Kaliumhydroxid ist eine Base, daher kann an der Kathode (Minuspol) ein rosa Farbumschlag beobachtet werden.

Ergänzungen zu den Erklärungen:

Die genauen Reaktionsgleichungen an Anode und Kathode lauten wie folgt:



Der Unterschied zwischen Elektrolyse und Galvanischem Element kann angesprochen werden, da in der Umkehr ein Stolperstein für SchülerInnen liegt.

Bei der Elektrolyse (endotherm) ist der Pluspol die Anode (Oxidation), weil hierher die Anionen wandern und unter Elektronenabgabe oxidiert werden. Der Minuspol ist die Kathode (Reduktion), weil hierher die Kationen wandern und unter Elektronenaufnahme reduziert werden.

Bei einem Galvanischen Element (exotherm) ist der Pluspol die Kathode (Reduktion), weil hier Elektronen aufgenommen werden. Der Minuspol ist die Anode (Oxidation), weil hier Elektronen abgegeben werden.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Die Restlösung kann über den Abfluss entsorgt werden, da sie stark verdünnt ist.

Phenolphthalein



Der Hinweis zum Tragen der Schutzbrille wird den SchülerInnen in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben.

Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.6.2 V5: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung

„Elektrolyse einer Kaliumiodid-Tablette“

Die Gliederung in Unterüberschriften, mit visuellen Hilfsmitteln und klarer Struktur durch Aufzählungszeichen folgt dem charakteristischen Aufbau von sprachsensiblen Aufgabenstellungen und Experimentiervorlagen (vgl. Kapitel 3.2.1). Die drei allgemeinen Hauptschritte des Versuchs sind zu Beginn der Anleitung abzuhaken. Die einzelnen Versuchsschritte können im Durchführungsteil abgehakt werden.

Im Durchführungsabschnitt wird darauf geachtet, dass wichtige Wörter hervorgehoben sind. Dies sind Operatoren (vgl. Kapitel 3.4.2.2), die für klare Aufgabenstellungen wichtig sind (vgl. Kapitel 5.1). In diesem Fall ist auch *ohne Rückstände* unterstrichen, da dies für den Erfolg des Versuchs ausschlaggebend ist. Des Weiteren werden Merkmale der Fachsprache (vgl. Kapitel 2.2.1), die Stolpersteine sein können (vgl. Kapitel 2.2.4.2 und 3.3.1), umgangen und durch einfachere, prägnante Sätze ersetzt. In Bezug auf die Verständlichkeitsanalyse aus Kapitel 3.4.1.1 zeigt sich, dass diese Versuchsanleitung den dort formulierten Kriterien (einfach, übersichtlich, anschaulich) entspricht.

Für die Formulierung einer Erklärung zum Versuch werden den SchülerInnen Schlagworte geliefert (vgl. *Methodenwerkzeuge* in Kapitel 2.2.6), die sie zu vollständigen Sätzen ordnen, ändern und ergänzen sollen. Dabei wird die sprachliche Kompetenz der SchülerInnen gefordert. Aus fachlicher Sicht ist der Unterschied von Kathode/Anode bei der Elektrolyse und in einer galvanischen Zelle problematisch. Dies wurde auch im Kapitel 2.2.5 besprochen. Deshalb wird die Definition für Kathode/Anode betreffend die Elektrolyse, sowie die Vorgänge in einer Fußnote wiederholt. Dabei wird auch auf *Oxidation* und *Reduktion* verwiesen, die auch in Kapitel 2.2.5 als möglicher Stolperstein vorgestellt wurden. Je nach Bedarf kann für diesen Versuch noch die Reaktionsgleichung in Formeln und/oder Worten eingebaut werden (siehe „Ergänzungen zu den Erklärungen“ am LehrerInnenblatt), wenn weitere Darstellungsebenen gewünscht sind.

Sicherheitshinweise sowie Entsorgungshinweise sind sowohl am SchülerInnenblatt als auch am LehrerInnenblatt angeführt.

Dieser Versuch ist für den Einsatz in der Sekundarstufe II gedacht. Als Einbettung in den Lehrplan der Oberstufe⁷⁸ bietet sich hier der Abschnitt „Stoffumwandlung und Energetik“ an.

⁷⁸ vgl. [68]: 3.

5.7 V6: Blei-Akku

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Spannungsquelle, Kabel mit Krokodilklemmen, Lämpchen, Becherglas,



Schmirgelpapier

Chemikalien: 2 Bleiplatten, Schwefelsäure (H₂SO₄ – 20%ig)



Durchführung:

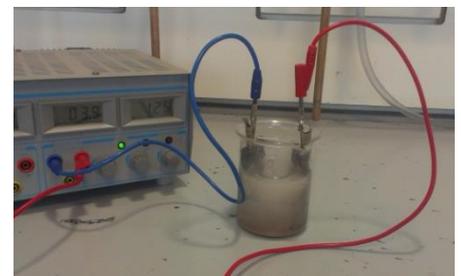
1) Reinige die Bleiplatten mit dem Schmirgelpapier.

2) Baue den Versuch auf.

3) Lade für circa 5 Minuten.

4) Ersetze die Spannungsquelle durch ein Lämpchen.

5) Beschreibe deine Beobachtungen.

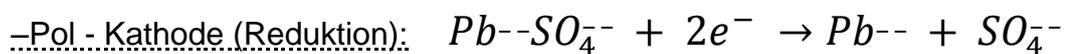


Erklärung⁷⁹:

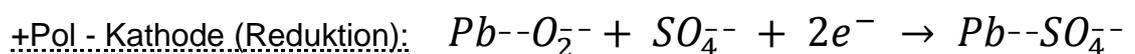
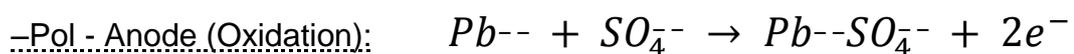
6) Ergänze die Oxidationszahlen, formuliere Wortgleichungen und zeichne eine Concept-Map zu den Vorgängen des Ladens und Entladens.



Ladung des Blei-Akkus:



Entladung des Blei-Akkus:



Die verwendete Schwefelsäure wird weiterverwendet, nicht im Abfluss entsorgen.

⁷⁹ Oxidation ... Elektronen werden abgegeben; Oxidationszahl wird erhöht

Reduktion ... Elektronen werden aufgenommen; Oxidationszahl wird erniedrigt

5.7.1 V6: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Die benötigte Spannungsquelle sollte eine Spannung von 2-4 Volt Gleichstrom aufweisen. Statt dem Netzgerät als Spannungsquelle kann auch eine Batterie eingesetzt werden.

Statt einem Lämpchen kann auch ein Motor eingesetzt werden. Ebenso kann ein Voltmeter zwischengeschaltet (circa 2 Volt wenn komplett geladen) und somit der Spannungsabfall während des Entladens dokumentiert werden.

Chemikalien:

Je gründlicher die Bleiplatten zuvor mit dem Schmirgelpapier von der Oxidschicht befreit werden, desto besser funktioniert der Versuch.

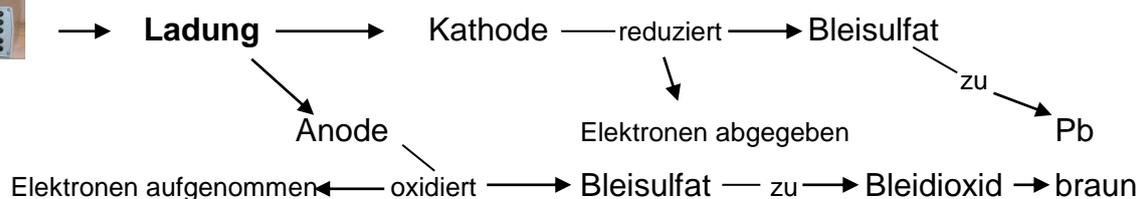
Erwartete Beobachtungen:



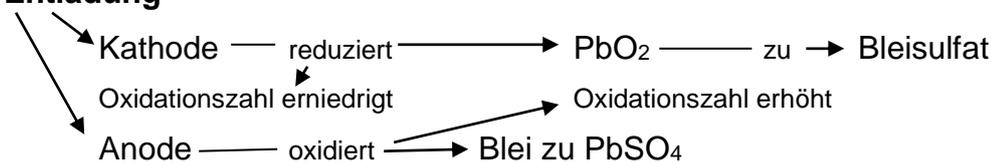
Die Bleiplatte am Pluspol färbt sich beim Laden braun. Die andere Platte bleibt gleich, aber es blubbert an diesem Pol stärker als am Pluspol (Gasentwicklung). Nach dem Laden leuchtet das Glühlämpchen (für circa 1 Minute). Die braune Schicht verschwindet nicht vollkommen. Die andere Bleiplatte wird leicht weiß.

Die Symbole für *Hören*, *Riechen* und *Tasten* sind hier nicht angeführt, da bei diesem Versuch vorwiegend Beobachtungen betreffend *Sehen* gemacht werden können.

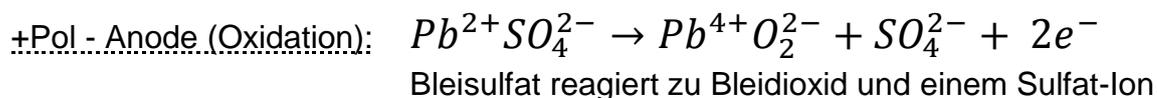
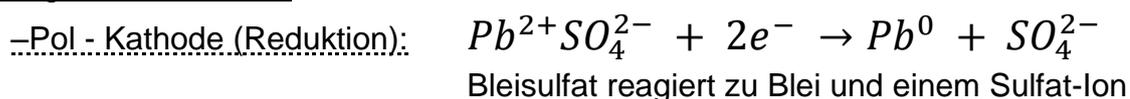
Erwartete Erklärungen als Concep-Map:



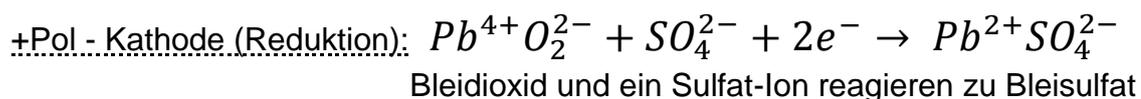
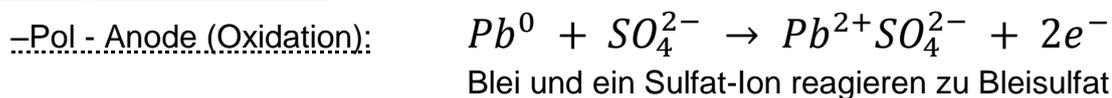
Entladung



Ladung des Blei-Akkus:



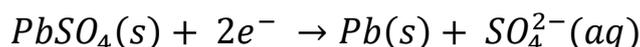
Entladung des Blei-Akkus:



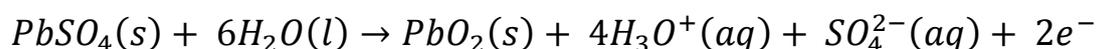
Ergänzungen zu den Erklärungen:

Beim Ladevorgang laufen folgende Reaktionen ab (Elektrolyse – endotherm):

Minuspol – Kathode (Reduktion):

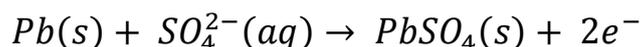


Pluspol – Anode (Oxidation):

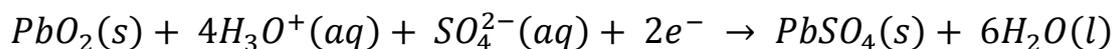


Beim Entladevorgang laufen folgende Reaktionen ab (Galvanisches Element – exotherm):

Minuspol – Anode (Oxidation):



Pluspol – Kathode (Reduktion):



Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:



Die Schwefelsäure kann weiterverwendet werden. Jedoch kann diese nur für diesen Versuch verwendet werden, da es dabei zu Bleikontamination kommt.



Der Hinweis zum Tragen der Schutzbrille wird den SchülerInnen in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben.

Dauer des Versuchs:

circa 20 – 25 Minuten

5.7.2 V6: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Blei-Akku“

Aufgebaut ist diese Versuchsanleitung nach Merkmalen für sprachensible Aufgabenstellungen, die in Kapitel 3.2.1 besprochen werden. Neben einer klaren Struktur wird der Versuchsaufbau visuell dargestellt und wichtige Begriffe unterstrichen. Dadurch sollen sich SchülerInnen in der Anleitung besser zurechtfinden.

Die Durchführungsschritte werden von einer Abbildung des Versuchsaufbaus begleitet. Die Operatoren für die klare Formulierung der Schritte (vgl. Kapitel 3.4.2.2) sind hervorgehoben und auf mögliche sprachliche Stolpersteine (vgl. Kapitel 2.2.4.2 und 2.2.4.3) in Form von Charakteristika der Fachsprache, vorgestellt in Kapitel 2.2.1, wird verzichtet. Die Formulierungen sind einfach gehalten, komplexer Satzbau wird vermieden und Konstruktionen wie Passiv oder Nominalisierungen werden nicht verwendet. Nach der Verständlichkeitsanalyse aus Kapitel 3.4.1.1 kann diese sprachensible Versuchsanleitung als einfach, übersichtlich und anschaulich charakterisiert werden.

Die Aufgabenstellung zu den Erklärungen ist dreigeteilt. Zuerst soll eine Form von Lückentext (vgl. *Methodenwerkzeuge* in Kapitel 2.2.6) bearbeitet werden. Danach sollen die Formelgleichungen in Wortgleichungen überführt werden (vgl. *Darstellungsebenen* in Kapitel 2.2.2). Die Halbgleichungen wurden für diesen Versuch deshalb gewählt, um die Vorgänge auf der Teilchenebene anschaulich zu zeigen und nicht Stoff- und Teilchenebenen zu vermischen, da dies bei SchülerInnen zu Verständnisschwierigkeiten führen kann (vgl. Kapitel 2.2.5). Die vollständigen Gleichungen werden am LehrerInnenblatt als „Ergänzungen zu den Erklärungen“ präsentiert. Schließlich soll als Erklärung zum Versuch eine Concept-Map erstellt werden. Eine Beschreibung, wie solch eine Concept-Map erstellt wird, ist für SchülerInnen im Handout (hier: Kapitel 5.1) zu lesen. Concept-Maps helfen SchülerInnen ihr bisheriges Wissen mit neuem Input zu vernetzen und individuell abgestimmt darzustellen (vgl. Kapitel 3.4.1.2). Der stichwortartige Aufbau minimiert die sprachlichen Anforderungen, sodass auch sprachlich schwächere SchülerInnen sehr gute Ergebnisse erzielen können. Die zuvor angeführte Überführung in verschiedene Darstellungsebenen (Formelgleichung in Wortgleichung) wird durch die Concept-Map erweitert, da dabei Illustrationen, Wörter, aber auch Formeln verwendet werden können.

Dieses sprachensible Experiment ist für die Sekundarstufe II ausgelegt. In den Lehrplan⁸⁰ kann der Versuch unter „Stoffumwandlung und Energetik“ eingeordnet werden.

⁸⁰ vgl. [68]: 3.

5.8 V7: Messung des pH-Werts

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Reagenzgläser + Ständer, pH-Meter, Bechergläser, Pasteurpipetten

Chemikalien: Indikatorpapier, Essig, Milch, Chlorreiniger, 0,1M/0,01M Salzsäure (HCl),
0,1M/0,01M Natronlauge (NaOH)



Durchführung:

- 1) Baue den Versuch auf.
- 2) Miss die pH-Wert mit dem Indikatorpapier.
- 3) Miss den pH-Wert mit dem pH-Meter.
- 4) Vergleiche die beiden Methoden.
- 5) Skizziere den Versuch (Durchführung) und beschreibe deine Beobachtungen.



Gestufte Hilfen:

- 6) Stell den Zusammenhang „Verdünnen von Säuren / pH-Wert-Änderung“ her.

Erklärung – kreuze die richtige Erklärung an und markiere die Fehler:

- (a) Säuren geben OH^- -Ionen ab, Basen geben H_3O^+ -Ionen ab. Diese Ionen können elektrischen Strom leiten. Je stärker die Säure/Base, desto weniger Ionen sind in Lösung und desto geringer ist die Leitfähigkeit. Das pH-Meter misst die Leitfähigkeit der Säure/Base und kann so den pH-Wert anzeigen. Das Universalindikatorpapier reagiert auf eine bestimmte Leitfähigkeit mit einer bestimmten Farbänderung. Der pH-Wert kann in gewissen abgelesen werden.
- (b) Säuren geben H_3O^+ -Ionen ab, Basen geben OH^- -Ionen ab. Diese Ionen können elektrischen Strom leiten. Je stärker die Säure/Base, desto mehr Ionen sind in Lösung und desto höher ist die Leitfähigkeit. Das pH-Meter misst die Leitfähigkeit der Säure/Base und kann so den pH-Wert anzeigen. Das Universalindikatorpapier reagiert auf bestimmte pH-Werte mit einer bestimmten Farbänderung. Der pH-Wert kann in gewissen Schritten abgelesen werden.
- (c) Säuren geben H_3O^+ -Ionen ab, Basen geben OH^- -Ionen ab. Diese Ionen können elektrischen Strom leiten. Je schwächer die Säure/Base, desto mehr Ionen sind in Lösung und desto höher ist die Leitfähigkeit. Das pH-Meter misst die Löslichkeit der Säure/Base und kann so den pH-Wert anzeigen. Das Universalindikatorpapier reagiert auf bestimmte pH-Werte mit einer bestimmten Farbänderung. Der pH-Wert kann in gewissen Schritten abgelesen werden.

Verdünn die Reste der Proben großzügig mit Wasser und entsorge sie im Abfluss.

5.8.1 V7: Gestufte Hilfen – Kärtchen

Stellt den Zusammenhang „Verdünnen von Säuren / pH-Wert-Änderung“ her.

Hilfe 1:

Erklärt euch die Aufgabe in eigenen Worten. Klärt, was euch unklar ist.

Hilfe 2:

Findet gemeinsam heraus, was ihr zum Thema *Säure und Basen* schon wisst.

Hilfe 3:

Der pH-Wert ist der negativ dekadische Logarithmus der H_3O^+ -Konzentration.

$$pH = \log[H_3O^+]$$

$$10^{-pH} = [H_3O^+]$$

Hilfe 4:

Schaut euch die Ergebnisse der pH-Wert-Messung der Versuche an. Könnt ihr daraus etwas ableiten?

Als **Zusatzpunkt** kann noch folgende Fragestellung gegeben werden:

Legt die Erkenntnis danach auf den Zusammenhang „Verdünnen von Basen / pH-Wert-Änderung“ um.

Hilfe 5 – Zusatzpunkt:

Wird eine Säure um den Faktor 10 verdünnt, dann erhöht sich der pH-Wert um den Faktor 1.

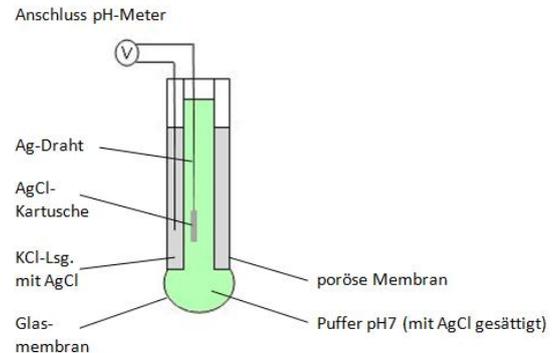
Wird eine Base um den Faktor 10 verdünnt, dann _____ sich der pH-Wert um den Faktor ____.

5.8.2 V7: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

In guten Klassen oder in solchen mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt kann die genaue Funktionsweise eines pH-Meters und dessen genauer Aufbau thematisiert werden. Eine weitverbreitete Methode der pH-Wert-Messung ist die mit einer Glaselektrode. Dabei wird ein Potential verwendet, welches in direktem Zusammenhang mit der H_3O^+ -Konzentration steht. Eine Spannung aus der Potentialdifferenz zu einer Bezugselektrode lässt den pH-Wert ermitteln. Wie in der Abbildung erkennbar besteht die Elektrode zumeist aus einer Ag/AgCl-Halbzelle. Die poröse Membran stellt die Verbindung zur Lösung dar. Eine KCl-Lösung wird verwendet um die Elektrode aufzubewahren, sodass diese leitfähig bleibt.



Chemikalien:

Weitere Proben aus dem Alltag sind beispielsweise *Wasser (neutral)*, *Entkalker (sauer)*, *WC-Reiniger (sauer)*, *Duschgels (leicht sauer)*, *Parfum (leicht sauer)*, *Seife (basisch)*, *Zitronensaft (sauer)*, *Cola (sauer)*, *Wein (sauer)*, *Orangensaft (sauer)*, *Öl (leicht sauer)* oder *Kaffee (leicht sauer)*.

Auch verschiedene Salzlösungen aus beispielsweise *Kochsalz (neutral)*, *Natriumacetat (basisch)*, *Ammoniumacetat (neutral)*, *Kaliumnitrat (neutral)* oder *Natriumcarbonat (basisch)* können untersucht werden.

Erwartete Beobachtungen:

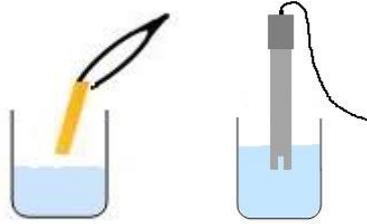


Die Messungen mit Indikatorpapier sind weniger präzise als jene mit dem pH-Meter.

	Essig	Chlorreiniger	Milch	0,1M HCl	0,01M HCl	0,1M NaOH	0,01M NaOH
pH-Meter	3	10	6	1	2	13	12
Ind.papier	3-5	9-12	6-7	1	1-2	12-14	10-12

Die Symbole für *Hören*, *Riechen* und *Tasten* sind hier nicht angeführt, da bei diesem Versuch vorwiegend Beobachtungen betreffend *Sehen* gemacht werden können.

Erwartete Skizze:



Erwartete Erklärungen:

(b) Säuren geben H_3O^+ -Ionen ab, Basen geben OH^- -Ionen ab. Diese Ionen können elektrischen Strom leiten. Je stärker die Säure/Base, desto mehr Ionen sind in Lösung und desto höher ist die Leitfähigkeit. Das pH-Meter misst die Leitfähigkeit der Säure/Base und kann so den pH-Wert anzeigen. Das Universalindikatorpapier reagiert auf bestimmte pH-Werte mit einer bestimmten Farbänderung. Der pH-Wert kann in Schritten abgelesen werden.

Erwartete Erklärung zu den gestuften Hilfen:

Wird eine Säure um den Faktor 10 verdünnt, dann erhöht sich der pH um den Faktor 1.

Zusatzpunkt:

Wird eine Base um den Faktor 10 verdünnt, dann erniedrigt sich der pH um den Faktor 1.

Der pH-Wert ist als negativ dekadischer Logarithmus der H_3O^+ -Ionen-Konzentration definiert.

$$pH = \log[H_3O^+]$$

Durch Umformen dieser Formel erhält man: $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

Die pH-Skala geht von $10^0 = [H_3O^+]$ bis $10^{-14} = [H_3O^+]$. Somit ergibt sich die oben erwähnte Abhängigkeit.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:



Nach Neutralisation oder großzügigem Verdünnen mit Wasser können die Reste der Probenlösungen im Abfluss entsorgt werden. Falls größere Mengen an Resten vorhanden sind können diese aufbewahrt und wiederverwendet werden.

Der Hinweis zum Tragen der Schutzbrille wird den SchülerInnen in den „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ gegeben. Zusätzlich sollten Schutzhandschuhe verwendet werden.

Dauer des Versuchs:

circa 20 – 25 Minuten

5.8.3 V7: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „Messung des pH-Werts“

Bei dieser sprachsensiblen Versuchsanleitung können im Aufbau bestimmte Charakteristika von sprachsensiblen Versuchsanleitungen gefunden werden. Unterüberschriften helfen bei der Gliederung der Anleitung, visuelle Darstellungen helfen den SchülerInnen bei der Durchführung des Experiments und eine klare Struktur beugt Verwirrungen und Verwechslungen vor.

Im Durchführungsteil wird neben einer klaren Struktur auf einfache und präzise Formulierungen Wert gelegt und wichtige Wörter zu diesen Formulierungen sind unterstrichen (vgl. *Operatoren* im Kapitel 3.4.2.2). Somit soll sprachlichen Stolpersteinen, wie in den Kapiteln 2.2.4.2, 2.2.4.3 und 3.3.1 präsentiert, vorgebeugt werden. Die Durchführung umfasst einen weiteren Teil. Dieser Teil ist eine Aufgabenstellung, die mit gestuften Hilfen (vgl. Kapitel 3.4.1.2) bearbeitet werden soll. Dabei handelt es sich um eine Fragestellung, die von SchülerInnen in Paaren bearbeitet werden. Es steht ihnen frei, ob sie die gestuften Hilfen in Form von Kärtchen (vgl. Kapitel 5.8.1) verwenden. Diese Kärtchen sind ebenso präzise mit Operatoren formuliert. Wie gestufte Hilfen verwendet werden und worauf dabei geachtet werden soll, wird den SchülerInnen auf dem Handout (vgl. Kapitel 5.1) erklärt.

Im Abschnitt „Erklärungen“ wird auf ein Methodenwerkzeug (vgl. Kapitel 2.2.6) zurückgegriffen. Dabei sollen die SchülerInnen unter drei Erklärungen die einzig richtige finden. Diese Erklärungen sind so formuliert, dass keine unbekanntes Begriffe vorhanden und sprachliche Stolpersteine vermieden sind. Für die erwarteten Erklärungen zu den gestuften Hilfen werden die Lösungen zu den Kärtchen aus Kapitel 5.8.1 präsentiert. Die Erkenntnisse aus dem Arbeitsauftrag können für die Thematisierung des Aufbaus der pH-Skala verwendet werden (siehe LehrerInnenblatt „Erklärungen zu den gestuften Hilfen“).

Dieser Versuch ist für den Gebrauch in der Sekundarstufe II konzipiert. In den Lehrplan⁸¹ ist er in den Abschnitt „Stoffumwandlung und Energetik“ einzubetten. Eine „light-Version“ dieses Versuchs kann auch in der Sekundarstufe I verwendet werden. Dabei können ausschließlich Proben aus dem Alltagsgebrauch analysiert werden. Beispiele für solche Proben sind am LehrerInnenblatt unter „Chemikalien“ vermerkt. In den Lehrplan der Unterstufe⁸² ist das Experiment zu dem Abschnitt „Grundmuster chemischer Reaktionen“ zuzuteilen.

⁸¹ vgl. [68]: 3.

⁸² vgl [67]: 3.

5.9 V8: CO₂ in Atemluft

Führe den Versuch durch. Schreibe deine Beobachtungen auf. Finde Erklärungen dafür.



Geräte: Reagenzglas, Trinkhalm



Chemikalien: Calciumhydroxid-Lösung – Ca(OH)₂, Phenolphthalein



Durchführung:

- 1) Fülle ein Reagenzglas zwei Finger breit.
- 2) Füge 3 Tropfen Phenolphthalein hinzu.
- 3) Atme mit dem Trinkhalm in die Lösung.
 - a. **Nicht** durch den Trinkhalm **einatmen**!!
- 4) Skizziere den Versuch und beschreibe deine Beobachtungen.

Erklärung – Fülle die Lücken mit EINEM Wort:

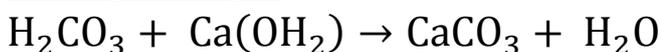
Formelgleichung 1:



Wortgleichung 1:

_____ und _____ reagiert zu _____

Formelgleichung 2:



Wortgleichung 2:

_____ und _____ reagiert zu _____ und _____

Die _____ neutralisiert das Calciumhydroxid (_____). Die Farbe verschwindet, da Phenolphthalein ein _____ ist, der sich bei neutralem pH-Wert von rosa auf farblos ändert.

Entsorge die Reste der Proben im Behälter für anorganische Metallsalze.

5.9.1 V8: LehrerInnenblatt – Hinweise und Ergänzungen

Als Information zum gewünschten Aufbau des Versuchsprotokolls wird den SchülerInnen „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ zur Verfügung gestellt.

Geräte:

Alufolie kann verwendet werden, um das Reagenzglas abzudecken und so Spritzer der blubbernden Lösung abzufangen.

Der Versuch kann auch mit Stativ, einem Glasrohr und einem Becherglas durchgeführt werden. Ebenso gibt es Plastikröhrchen mit Rückschlagventilen, um einem möglichen Einatmen durch das Röhrchen vorzubeugen.

Chemikalien:

Die Calciumhydroxid-Lösung soll für die SchülerInnen vorbereitet werden. Die Lösung sollte nicht zu sehr verdünnt sein, damit die Reaktion gut ablaufen kann.

Phenolphthalein eignet sich für diesen Versuch als Indikator sehr gut, da es vom basischen in den neutralen Bereich einen sehr anschaulichen Umschlag von rosa auf farblos zeigt. Andere Indikatoren die verwendet werden können sind beispielsweise *Thymolblau* (von blau auf gelb), *Thymolphthalein* (von blau auf farblos), *Alizarinorange R* (orange auf blassorange) oder *Indigokarmin* (von gelb auf blau).

Erwartete Beobachtungen:

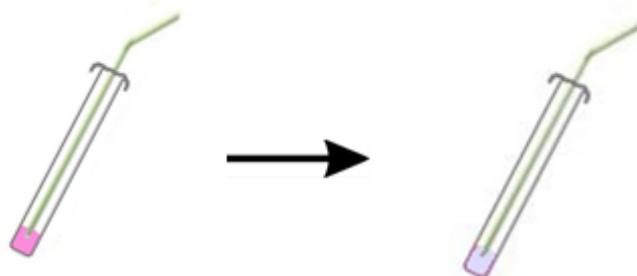


Die Calciumhydroxid-Lösung ist farblos. Nach Zugabe des Phenolphthaleins färbt sich die Lösung rosa. Nach dem Ausatmen entfärbt sich die Lösung. Wenn man weiterhin in die Lösung ausatmet, dann kann eine leichte Trübung (Calciumcarbonat) beobachtet werden.



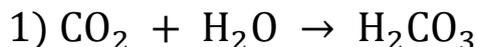
Beim Ausatmen hört man die Lösung blubbern.

Erwartete Skizze:

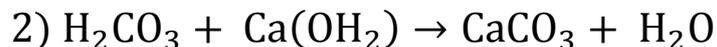


Erwartete Erklärungen:

1) Kohlenstoffdioxid und Wasser reagiert zu Kohlenstoffsäure



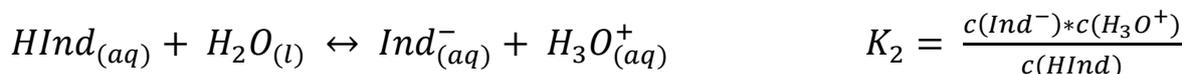
2) Kohlenstoffsäure und Calciumhydroxid reagiert zu Calciumcarbonat und Wasser



Die **Kohlenstoffsäure** neutralisiert das Calciumhydroxid (**Ca(OH)₂**). Die Farbe verschwindet, da Phenolphthalein ein **Indikator** ist, der sich bei neutralem pH-Wert von rosa auf farblos ändert.

Ergänzungen zu den Erklärungen:

In der Unterstufe kann dieser Versuch nicht nur beim Thema „Luft“ eingebaut werden, sondern auch bei „Säuren und Basen“. Dabei kann in der Oberstufe beispielsweise die Funktionsweise eines Indikators besprochen werden. Ein pH-Indikator ist selbst eine schwache Säure oder schwache Base. Bei folgender Reaktionsgleichung handelt es sich um eine wässrige Indikator-Lösung, dabei ist *HInd* die saure Form und *Ind⁻* die basische Form des Indikators.



Der Indikator kann ein Proton abgeben (als *HInd*) und auch eines aufnehmen (als *Ind⁻*). Diese beiden Formen des Indikators haben verschiedene Farben. Im Sauren überwiegt *HInd*, somit zeigt sich dessen Farbe. Im Basischen überwiegt *Ind⁻*, somit zeigt sich dessen Farbe. Am Umschlagspunkt sind die Konzentrationen der beiden Formen gleich, damit kürzen sie sich im Massenwirkungsgesetz weg und am Umschlagspunkt gilt: $pK_s = \text{pH}$.

Entsorgungshinweise/Sicherheitshinweise:

Die Probenreste sollen im Behälter für anorganische Metallsalze entsorgt werden.

Calciumhydroxid



Phenolphthalein



Dauer des Versuchs:

circa 15 Minuten

5.9.2 V8: Analyse der sprachsensiblen Versuchsanleitung „CO₂ in Atemluft“

Diese Versuchsanleitung ist gemäß bestimmten Charakteristika von sprachsensiblen Aufgabenstellungen und Experimentiervorlagen aufgebaut (vgl. Kapitel 3.2.1). Bei diesen Charakteristika handelt es sich um Überschriften zur klaren Strukturierung, hier wurden ebenso Aufzählungszeichen verwendet, visuellen Darstellungen zur Unterstützung und das Hervorheben von wichtigen Begriffen. In diesem Fall sind Operatoren, das sind Verben die Durchführungsschritte klar beschreiben, unterstrichen.

Im Durchführungsteil sind außerdem fachsprachliche Merkmale vermieden (vgl. Kapitel 2.2.1), um so möglichen Stolpersteinen, wie in den Kapiteln 2.2.4.2 und 2.2.4.3 beschrieben, vorzubeugen. Neben den schon erwähnten Aufzählungszeichen zur klaren Strukturierung, können die einzelnen Durchführungsschritte zur besseren Übersicht abgehakt werden. Vom Versuch soll eine Skizze angefertigt werden, somit sollen SchülerInnen Informationen von der gegenständlichen Darstellungsebene (Experiment) in die bildliche Darstellungsebene (Skizze) überführen (vgl. Kapitel 2.2.2).

An diesem Punkt wird im Abschnitt „Erklärungen“ angeknüpft. Hier soll von der gegenständlichen Darstellungsebene (Experiment) und von der mathematischen Darstellungsebene (Formelgleichung) in die sprachliche Darstellungsebene (Wortgleichung) übergeführt werden. Zusätzlich soll ein Lückentext zu diesem Versuch vervollständigt werden (vgl. *Methodenwerkzeuge* im Kapitel 2.2.6), bei dem allerdings keine Schlagworte gegeben sind. Diese Worte sollen die SchülerInnen aus den Formelgleichungen zuerst in die Wortgleichung ableiten und dann richtig einsetzen.

Dieses Experiment ist für die Sekundarstufe I geplant. Dabei müssen jedoch besondere Sicherheitsanweisungen ausgegeben werden, da keinesfalls durch den Strohhalm eingeatmet werden darf. Deshalb ist dieser Hinweis auch als Unterpunkt extra im Durchführungsteil angeführt. In den Lehrplan der Unterstufe⁸³ ist dieser Versuch in die Abschnitte „Grundmuster chemischer Reaktionen“, sowie „Biochemie und Gesundheitserziehung“ einzuordnen. Zusätzlich kann dieses Experiment auch in der Sekundarstufe II verwendet werden. Dabei kann dann auch die genaue Funktionsweise eines Indikators besprochen werden (siehe LehrerInnenblatt „Ergänzungen zu den Erklärungen“). In den Lehrplan⁸⁴ ist dieser Versuch in die Abschnitte „Stoffumwandlung und Energetik“ und „Chemie und Leben“ einzubetten.

⁸³ vgl. [67]: 3.

⁸⁴ vgl. [68]: 3, 4.

6. Conclusio

„*Sprachsensibler Fachunterricht* ist der bewusste Umgang mit Sprache beim Lehren und Lernen im Fach;“ [1]: 3. Dieses Zitat ist der Anfang und steht gleichzeitig auch am Ende dieser Diplomarbeit. Die Arbeit im sprachsensiblen Chemieunterricht, und auch im sprachsensiblen Fachunterricht insgesamt, beginnt mit dem bewussten Umgang der Sprache und somit der eigenen Sprachsensibilität der Lehrperson. Als Ausgangspunkt für eben diese Sprachsensibilität zeigt diese Diplomarbeit, mit welchen, teils vorhersehbaren aber auch teils subtilen, Stolpersteinen SchülerInnen im Chemieunterricht konfrontiert sind und mit welchen Möglichkeiten, oder vielmehr sprachsensiblen Instrumenten, SchülerInnen bei diesen sprachlichen Schwierigkeiten unterstützt werden können.

Die in Kapitel 4 untersuchten, und in Österreich approbierten, Schulbücher für das Fach Chemie zeigen, dass sprachensible Kriterien in diesen Versuchsanleitungen nur selten umgesetzt wurden und SchülerInnen bei fachlichen und/oder sprachlichen Schwierigkeiten beim Experimentieren nicht gezielt unterstützt werden. Die in den Kapiteln 2 und 3 vorgestellten Stolpersteine im Chemieunterricht und Möglichkeiten zur Unterstützung dabei, sind im Handout „Tipps zum Experimentieren und zu Versuchsprotokollen“ (vgl. Kapitel 5.1) und in den acht erstellten sprachsensiblen Versuchsanleitungen (vgl. Kapitel 5.2 bis 5.9) umgesetzt worden. Dabei wird fachlicher und sprachlicher Output durch gezielte Hilfestellungen gefördert sowie gefordert und der bewusste Umgang mit Sprache unterstützt.

7. Glossar

Alltagssprache	Sprache, die sich direkt auf Umgebung bezieht; kontextabhängig, vergleichend, anthropomorph
anthropomorph	vermenschlichend
Bildsprache	Sprache, die aus Schemata, Illustrationen oder Metaphern aufgebaut ist
chemische Umgangssprache	Untergliederung der <i>Fachsprache</i> , lockerer (und nicht immer präziser) Umgang mit Fachsprache
Darstellungsebenen	fünf Arten der Darstellung von Fachinhalten (mathematisch, symbolisch, sprachlich, bildlich, gegenständlich)
Darstellungsformen	Synonym für <i>Darstellungsebenen</i>
Fachsprache	Sprache, mit spezieller Wortwahl und Satzbau bezüglich eines bestimmten Fachgebiets
Heterogenität	Unterschiedlichkeit (<u>hier</u> : in Bezug auf Muttersprache der SchülerInnen)
Homonym	Wort mit verschiedenen, weit auseinanderliegenden Bedeutungen
Laborsprache	Sprache mit einfacher Grammatik, kurzen Sätzen und fachlichen Abkürzungen für den Laborgebrauch
Lehrsprache	Synonym für <i>Unterrichtssprache</i>
mathematische Sprache	Sprache mit Symbolcharakter und Formelzeichen
methodische Zwischensprache	Synonym für <i>Unterrichtssprache</i>

morphologisch	ein Teilgebiet der Grammatik betreffend, die sich mit dem Aufbau von Wörtern befasst
Operator	ein Verb, dass einen Arbeitsauftrag beschreibt
Polysem	Wort mit mehreren, ähnlichen Bedeutungen
sprachsensibel	auf Sprache achtend, sich Problemen, die durch Sprache verursacht werden, bewusst sein
Stolperstein	<u>hier</u> : ein Problem von SchülerInnen im Unterricht
syntaktisch	ein Teilgebiet der Grammatik betreffend, die sich mit dem Aufbau von Sätzen befasst
Unterrichtssprache	Sprache, die im Unterricht eingesetzt wird, Mischform aus Alltags- und Fachsprache
Werkstattsprache	Synonym für <i>Unterrichtssprache</i>
Wissenschaftssprache	Untergliederung der <i>Fachsprache</i> , komplexe (mit Formeln) und meist schriftlich verwendete Form der Fachsprache

8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die verschiedenen Sprachen an einem Beispiel.....	15
Abbildung 2: Adaptierte Darstellungsformen mit deren Ebenen und Beispielen.....	16
Abbildung 3: Adaptiertes Aktivierungsrechteck nach Bolte und Pastille	17
Abbildung 4: Hauptzielkategorien (links) und die drei wichtigsten Ziele (rechts).....	25
Abbildung 5: Hilfestellungen zur Erstellung von Arbeitsunterlagen mit sprachsensiblen Charakter.....	27
Abbildung 6: Sprachliche Schwierigkeiten von Experimentiervorlagen und eine vereinfachte Version.....	29
Abbildung 7: Hilfestellung (Operator) als Schwierigkeit	30
Abbildung 8: Verständlichkeitsanalyse für Experimentieranleitungen.....	33
Abbildung 9: Beispiele für gestufte Hilfen	34
Abbildung 10: Concept-Map zum Experiment „Blei-Akkumulator“	34
Abbildung 11: Tipps zu verschiedenen Operatoren	37
Abbildung 12: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe I	42
Abbildung 13: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe II – AHS	43
Abbildung 14: Approbierte Schulbücher Sekundarstufe II – BHS	44

9. Literaturverzeichnis

- [1] Leisen, Josef. 2010: *Handbuch Sprachförderung im Fach: sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis; Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. [1. Auflage]. Bonn: Varus.
- [2] Seyfarth, Marion; Bolte, Claus: „Untersuchungen zur Sprache im Chemieunterricht.“ In: Dietmar Höttecke (Hrsg./Ed.). *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich – Zur Didaktik der Physik und Chemie, Probleme und Perspektiven*. Lit-Verlag, Münster. 2007. 313-315.
- [3] Stork, Heinrich: „Naturwissenschaftlicher Unterricht und Sprachgebrauch.“ In: H. Behrendt (Hrsg./Ed.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Leuchtturm, Alsbach. 1995. 175-177.
- [4] Vollmer, Günter. 1980: *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*. [1. Auflage]. Frankfurt am Main: Diesterweg Aarau.
- [5] Leisen, Josef. 1998: „Sprache(n) im Physikunterricht“. In: *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 47. Jahrgang Nr. 2, 2-4.
- [6] Stäudel, Lutz; Franke-Braun, Gudrun; Parchmann, Ilka. 2008: „Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 19. Jahrgang Nr. 106/107, 4-9.
- [7] Busch, Hannah; Ralle, Bernd. 2011: „Fachbegriffe und ihre Bedeutung – Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 22. Jahrgang Nr. 124/125, 52-55.
- [8] Meloefski, Roland. 2007: „Vom Alltagsbegriff zum Fachbegriff – Über die Notwendigkeit, im (Chemie-)Unterricht Vorstellungen zu entwickeln“. In: *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht* 60. Jahrgang Nr. 4, 223ff.

- [9] Anton, Michael A.: „Wie heißt das auf Chemisch? Sprachebenen der Kommunikation im und nach dem Chemieunterricht“. In: Gabriele Fenkart, Anja Lembens, Edith Erlacher-Zeitlinger (Hrsg./Ed.). *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. [Band 16]. Studienverlag Ges.m.b.H, Innsbruck, Wien. 2010. 63-86.
- [10] Bolte, Claus; Pastille, Reinhard: „Naturwissenschaften zur Sprache bringen – Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierenden naturwissenschaftlichen Unterrichts“. In: Gabriele Fenkart, Anja Lembens, Edith Erlacher-Zeitlinger (Hrsg./Ed.). *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. [Band 16]. Studienverlag Ges.m.b.H, Innsbruck, Wien. 2010. 26-46.
- [11] Friedrich, Jens. 2015: „Stolpersteine im Chemie-Unterricht“. In: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule* 64. Jahrgang Nr. 2, 4.
- [12] Kotowski, Marc; Kullmann, Kurt. 1999: „Fachbegriffe als sprachliche Distraktoren“. In: *Chemie in der Schule* 46. Jahrgang Nr. 3, 171-173.
- [13] Markic, Silvija; Abels, Simone. 2013: „Die Fachsprache der Chemie – Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 24. Jahrgang Nr. 135, 10-14.
- [14] Merzyn, Gottfried. 2008: „Sprache und Chemie lernen“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 19. Jahrgang Nr. 106/107, 94-97.
- [15] Rincke, Karsten: „Von der Alltagssprache zur Fachsprache – Bruch oder schrittweiser Übergang?“. In: Gabriele Fenkart, Anja Lembens, Edith Erlacher-Zeitlinger (Hrsg./Ed.). *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften*. [Band 16]. Studienverlag Ges.m.b.H, Innsbruck, Wien. 2010. 47-62.
- [16] Merzyn, Gottfried. 1987: „Die Sprache unserer Schulbücher“. In: *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht* 40. Jahrgang Nr. 2, 75-80.

- [17] Galler, Norbert. 2012: „Vermittlung zwischen ‚Sprachextremen‘ – Über die Problematik von ‚Alltagsbegriffen‘ im Chemieunterricht“. In: *Chemie & Schule* 27. Jahrgang Nr. 2, 11-14.
- [18] Kullmann, Kurt. 1998: „Schwierigkeiten mit der Sprache – Brennen als Stoffumwandlung und andere Begriffe“. In: *Chemie in der Schule* 45. Jahrgang Nr. 2, 88-91.
- [19] Rossa, Eberhard. 2005: *Chemie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I&II*. [1. Auflage]. Berlin: Cornelsen Scriptor. 112-119.
- [20] Huber, N.; Habelitz-Tkotz, W. (2015): „Stolpersteine auf dem Weg zu einem naturwissenschaftlichen Energie-Konzept“. In: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule* 64. Jahrgang Nr. 2, 29-36.
- [21] Habelitz-Tkotz, W.; Werner, E. (2015): „Die Redox-Reaktion – ein bekanntes Problemfeld im Chemieunterricht mit hausgemachten Stolpersteinen“. In: *Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule* 64. Jahrgang Nr. 2, 5-11.
- [22] Leisen, Josef. 2003: „Methoden-Werkzeuge – Neue Erfahrungen mit bekannten Materialien“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 14. Jahrgang Nr. 75/76, 6-12.
- [23] Freiman, Thomas; Schlieker, Volker. 2001: „Jeder lernt anders“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 12. Jahrgang Nr. 64/65, 4-9.
- [24] Pfeifer, Peter. 2010: „Das Experiment im Spiegel des Chemieunterrichts – Zwischen Tradition und aktueller Bedeutung“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 21. Jahrgang Nr. 118/119, 16-19.
- [25] Welzel, Manuela *et al.* 1998: „Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden“. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 4. Jahrgang Nr. 1, 29-44.

- [26] Arslan, C. 2010: „Meine Schüler verstehen nicht alles –Sprachsensibilisierung im Fachunterricht“. In: *Pädagogik* 62. Jahrgang Nr. 6, 22-25.
- [27] Leisen, Josef. 2003: „Vorgänge und Experimente beschreiben“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 14. Jahrgang Nr. 75/76, 18-19.
- [28] v. Aufschnaiter, Claudia *et al.* 2007: „Lernprozesse im Schülerlabor anregen und evaluieren – Eine Untersuchung im TechLab der Universität Hannover“. In: *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht* 60. Jahrgang Nr. 3, 132-139.
- [29] Markic, Silvija; Baginski, Katja. 2014: „Aufgaben leichter verstehen – Lese- und Verständnishilfen zur Bearbeitung von Aufgaben“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 25. Jahrgang Nr. 142, 14-17.
- [30] Graf, Erwin. 2000: „Aufgaben gut stellen und richtig beantworten – Tipps für Lehrende und Lernende“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 11. Jahrgang Nr. 56, 35-38.
- [31] Tajmel, Tanja *et al.*: “Detect the Barriers and Leave Them Behind – Science Education in Culturally and Linguistically Diverse Classrooms”. In: Tanja Tajmel, Klaus Starl (Hrsg./Ed.). *Science Education Unlimited – Approaches to Equal Opportunities in Learning Science*. Waxmann, Münster. 2009. 67-84.
- [32] Tschentscher, Corinna; Kulgemeyer, Christoph. 2014: „Mit Heterogenität beim Experimentieren umgehen – Hilfen und Tipps zur Erstellung differenzierter Versuchsanleitungen“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 25. Jahrgang Nr. 144, 19-21.
- [33] Leisen, Josef; Seyfarth, Marion. 2006: „Was macht das Lesen von Fachtexten so schwer? – Hilfe zur Beurteilung von Texten“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 17. Jahrgang Nr. 95, 9-11.

- [34] Franke-Braun, Gudrun. 2008: „Sprache und Verständnis – Schülerkommunikation bei der Bearbeitung von Aufgaben“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 19. Jahrgang Nr. 106/107, 25-29.
- [35] Dunker, Nina *et al.* 2008: „Fachbegriffe erarbeiten, Fachkonzepte entwickeln – Concept Mapping als Mittel zum Begriffsverstehen und Vernetzen“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 19. Jahrgang Nr. 106/107, 30-34.
- [36] Krämer, Silke. 2009: „Scaffolding – ein Baugerüst für die Fachsprache – Förderung des Sprachverständnisses von lernschwächeren Schülern“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 20. Jahrgang Nr. 111/112, 34-41.
- [37] Krämer, Silke. 2008: „Texte verstehen und schreiben – Sprachförderung im sprachbewussten Chemieunterricht“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 19. Jahrgang Nr. 106/107, 72-79.
- [38] Sieve, Bernhard; Prechtl, Markus. 2013: „Comics und Bildergeschichten – Chancen für den Chemieunterricht“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 24. Jahrgang Nr. 133, 2-7.
- [39] Prechtl, Markus. 2013: „Gebildet durch Bilder – Sachcomics lesen und Chemie-Foto-Storys gestalten“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 24. Jahrgang Nr. 133, 8-12.
- [40] Oechslin, Dorothea; Keller, Felix. 2013: „Diskrepante Botschaften im Sachcomic – Klippen und Fallen der Wissensvermittlung über Bilderzählungen“. In: *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 24. Jahrgang Nr. 133, 13-18.

Schulbücher Sekundarstufe I

- [41] Pfaffl, Hans; Pesek, Peter. 2009: *Abenteuer Chemie 4. Klasse – Entdecke die Welt*. [1. Auflage]. Wien: Ed. Hölzel.
- [42] Haider, Rosina *et al.* 2014: *Du und die Chemie 4*. [1. Auflage]. Salzburg: Ivo Haas.

- [43] Moritz, Petra. 2014: *Chemie auf Schritt und Tritt*. [4. Auflage]. Eisenstadt: E. Weber Verlag.
- [44] Neufingerl, Franz. 2014: *Chemie ist überall 4*. [5. Auflage]. Wien: Westermann Wien.
- [45] Kaufmann, Erwin *et al.* 2014: *Chemie verstehen 4*. [1. Auflage]. Wien: öbv.
- [46] Albrecht, Thomas *et al.* 2010: *Erlebnis Chemie 4*. [5. Auflage]. Wien: E. Dorner.
- [47] Vormayr, Elisabeth *et al.* 2010: *Faszination Chemie 4 Praxis*. [1. Auflage]. Linz: Veritas.
- [48] Bodingbauer, Lothar. 2006: *ganz klar Chemie 4*. [1. Auflage]. Wien: Jugend & Volk.
- [49] Gruber-Kalteis, Gerald *et al.* 2010: *Impuls Chemie 4*. [1. Auflage]. Wien: öbv.
- [50] Kechajas, Thomas; Voitic, Eva. 2014: *Mehrfach Chemie Teil 2 – Anwenden & Forschen*. [1. Auflage]. Linz: Veritas.
- [51] Magyar, Roderich *et al.* 2014: *Stoffe*. [1. Auflage]. Wien: öbv.
- [52] Becker, Ralf; Obendrauf, Viktor. 2010: *Chemie heute*. [5. Auflage]. Linz: Veritas.
- [53] Lach, Otto *et al.* 2011: *C 8*. [aktualisierte Auflage]. Eisenstadt: E. Weber Verlag.
- [54] Dvorak, Kurt *et al.* 2014: *Treffpunkt Chemie*. [4. Auflage]. Wien: E. Dorner GmbH.
- [55] Dvorak, Kurt *et al.* 2015: *Treffpunkt Chemie Arbeitsheft*. [1. Auflage]. Wien: E. Dorner GmbH.
- [56] Kaufmann, Erwin *et al.* 2014: *Chemie Verstehen 4* [1. Auflage]. Wien: öbv.
- [57] Haim, Kurt *et al.* 2016: *Expedition Chemie 4 Praxisteil* [1. Auflage]. Wien: E. Dorner GmbH.

Schulbücher Sekundarstufe II – AHS

- [58] Magyar, Roderich. 2011: *El-Mo*. [1. Auflage]. Wien: öbv.
- [59] Wohlmuth, Michael. 2006: *Chemie begreifen – Denkfiguren, Lernzyklus, Stundenbilder*. [2. Auflage]. Wien: öbv.
- [60] Dvorak, Kurt *et al.* 2006: *Rundum Chemie 1*. [1. Auflage]. Wien: E. Dorner.
- [61] Dvorak, Kurt *et al.* 2007: *Rundum Chemie 2*. [1. Auflage]. Wien: E. Dorner.
- [62] Vormayr, Elisabeth; Vormayr, Günther. 2009: *Chemie im Kontext*. [2. Auflage]. Linz: Veritas.
- [63] Pribas, Gerald. 2004: *Chemie aktuell*. [1. Auflage]. Salzburg: Naturwissenschaftliche VerlagsgmbH.

Schulbücher Sekundarstufe II – BHS

- [64] Koliander, Brigitte. 2010: *Chemie Stoffe & Strukturen – HLW I*. [1. Auflage]. Wien: Manz.
- [65] Koliander, Brigitte *et al.* 2014: *Naturwissenschaften – Arbeitsweisen und Methoden – Grundlagen der Chemie, Physik, Biologie und Ökologie*. [1. Auflage]. Wien: Manz.
- [66] Zechmann, Heiner *et al.* 2013: *Naturwissenschaften HTL I/II – Physik, Chemie*. [2. Auflage]. Linz: Trauner.

Webliographie

- [67] Lehrplan Chemie Unterstufe:
http://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/ahs6_780.pdf?4dzgm2 [01.05.2016].
- [68] Lehrplan Chemie Oberstufe:
http://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_09_11861.pdf?4dzgm2
[01.05.2016].
- [69] <http://www.sprachsensiblerfachunterricht.at> [01.05.2016].
- [70] http://www.schule-studium.de/Chemie/Reaktionsgleichung_Rosten_Eisen.html
[01.05.2016].
- [71] Die kompetenzorientierte Reifeprüfung Chemie:
https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfch_22323.pdf
[01.05.2016]