

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Wissenschaftliche Hausarbeit, die an der Universität Kassel angefertigt wurde. Die hier veröffentlichte Version kann von der als Prüfungsleistung eingereichten Version geringfügig abweichen. Weitere Wissenschaftliche Hausarbeiten finden Sie hier:

<https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2011040837235>

Diese Arbeit wurde mit organisatorischer Unterstützung des Zentrums für Lehrerbildung der Universität Kassel veröffentlicht. Informationen zum ZLB finden Sie unter folgendem Link:

www.uni-kassel.de/zlb

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien im Fach Chemie, eingereicht der Hessischen Lehrkräfteakademie – Prüfungsstelle Kassel –

**Differenzieren im Chemieunterricht – Konzeption
differenzierenden Unterrichtsmaterials für die
Sekundarstufe II zum Thema Redoxreaktionen**

Verfasserin: Nicole Fischer

Gutachter: Prof. Dr. D.-S. Di Fuccia

Erscheinungsjahr: März 2021

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Problemlage: Heterogenität in der Sekundarstufe II	3
2.1 Heterogenität	4
2.2 Heterogenität in der Sekundarstufe II.....	5
2.2.1 Heterogenität in der Einführungsphase.....	5
2.2.2 Überblick über mögliche Umgangsweisen mit Heterogenität	8
3. Differenzierung	10
3.1 Formen der Differenzierung	12
3.2 Äußere Differenzierung.....	14
3.2.1 Leistungsdifferenzierung	14
3.2.2 Interessendifferenzierung.....	15
3.3 Innere Differenzierung	16
3.3.1 Unterrichtsorganisatorische Differenzierung.....	16
3.3.2 Didaktische Differenzierung	17
3.3.3 Differenzierung der Aufgaben	18
3.4 Methoden innerer Differenzierung	19
3.5 Chancen innerer Differenzierung	20
3.6 Grenzen und Probleme innerer Differenzierung	22
3.7 Handlungshinweise für Lehrkräfte	24
4. Differenzieren im Chemieunterricht	25
4.1 Forschungsstand zur inneren Differenzierung im Chemieunterricht	25
4.2 Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht	29
4.2.1 Warum wird differenziert?.....	30
4.2.2 Was wird differenziert?.....	30
4.2.3 Wie wird differenziert?	32
4.2.4 Wo wird differenziert?	33
4.2.5 Wer differenziert?	34
4.3 Chemieunterricht in der Einführungsphase	34
4.3.1 Kurswahlverhalten im Fach Chemie.....	35
5. Redoxreaktionen – „ein bekanntes Problem im Chemieunterricht“	38
5.1 Fachliche Grundlagen zu Redoxreaktionen.....	38
5.2 Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen	40
5.3 Prävention der Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen.....	42
5.4 Zusammenfassende Begründung der Themenwahl	45

6. Gestufte Lernhilfen	46
6.1 Beschreibung des Aufgabenformats	47
6.2 Wirkungseffekte gestufter Lernhilfen	49
6.3 Einsatz in der Sekundarstufe II.....	51
6.4 Zusammenfassende Begründung der Methodenwahl.....	52
7. Konzeption des differenzierenden Unterrichtsmaterials.....	54
7.1 Vorbemerkungen zum Einsatz des Materials	54
7.2 Erste Aufgabenstellung: „Kupfergewinnung – leicht erklärt?“	55
7.2.1 Material 1: Aufgabe mit gestuften Lernhilfen	57
7.2.2 Erläuterungen zu den Lernhilfen	59
7.2.3 Variationen und Ergänzungen.....	60
7.3 Zweite Aufgabenstellung: „Wasserstoff – Energieträger der Zukunft“ ..	61
7.3.1 Material 2: Aufgabe mit gestuften Lernhilfen	63
7.3.2 Erläuterungen zu den Lernhilfen	66
7.3.3 Variationen und Ergänzungen.....	67
8. Diskussion und Reflexion des konzipierten Materials	68
8.1 Diskussion des Aufgabenformats	68
8.2 Chancen und Grenzen des Materials	70
9. Fazit	74
10. Verzeichnisse.....	77
10.1 Literaturverzeichnis	77
10.2 Abbildungsverzeichnis	88
10.3 Tabellenverzeichnis	88
11. Versicherung gem. § 25 Abs. 7 HLbGDV	89

1. Einleitung

„Kinder und Jugendliche unterscheiden sich in ihren Lernvoraussetzungen. [...] Heterogenität ist beides: Realität in Schulen und Klassenzimmern sowie Herausforderung für das schulische Lernen, die Unterrichtsgestaltung und die Organisationsform von Lerngruppen. Seit jeher ist der möglichst optimale Umgang mit Heterogenität Kernauftrag unseres Bildungssystems, jeder Bildungseinrichtung und damit insbesondere Kernauftrag jeder Schule.“ (Vock & Gronostaj 2017, S. 5)

Dieses einleitende Zitat verdeutlicht den großen Handlungsbedarf in Bezug auf die wachsende Heterogenität der Schülerschaft. Dass Heterogenität eine Herausforderung für Schule und Unterricht darstellt, ist keine Neuheit. So zeigen Leistungsvergleichsstudien wie PISA oder TIMSS auf, dass die in Deutschland verfolgte Strategie der Leistungshomogenisierung nicht zum gewünschten Lernerfolg zu führen vermag (Bräu & Schwerdt 2005, S. 9). Forderungen nach Veränderungen im Schulsystem und in der Unterrichtsgestaltung werden deshalb laut. Ein möglicher Umgang mit der Unterschiedlichkeit der Schülerinnen und Schüler stellt die innere Differenzierung dar, die bereits in den 1970er-Jahren als mögliche Antwort auf die wachsende Heterogenität diskutiert wurde (Trautmann & Wischer 2009, S. 160). Denn innere Differenzierung bietet Möglichkeiten, auf die unterschiedlichen Lernausgangslagen der Lernenden einzugehen und diese im Unterricht zu berücksichtigen.

Die Heterogenität ist besonders in der gymnasialen Oberstufe ausgeprägt, weshalb dort großer Handlungsbedarf besteht. Laut Bosse (2003) gibt es „in keiner anderen Schulstufe so viel Heterogenität wie in der Oberstufe“ (ebd., S. 25). Auch Klomfaß, Stübig & Fabel-Lamla (2013) betonen dies und präzisieren die Eingrenzung auf die Einführungsphase, in der die Schülerinnen und Schüler neben den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen auch andere Herausforderungen wie das Erwachsenwerden und das Erreichen bestimmter Leistungsanforderungen bewältigen müssen (ebd., S. 151). So wird der Umgang mit der wachsenden Heterogenität als entscheidender Punkt in der (Unterrichts-)Gestaltung der Einführungsphase angesehen (Klomfaß, Stübig &

Fabel-Lamla 2013, S. 158). Neben der weitverbreiteten Strategie der Kompensation in der Einführungsphase sollten aber auch andere Ansätze im Umgang mit den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen verfolgt werden. Basierend auf individuellen Diagnosen sollten mithilfe von entsprechenden Differenzierungsmaßnahmen Lernumgebungen geschaffen werden, die die Lernenden optimal fördern und fordern können.

Selbstverständlich herrscht Heterogenität in jedem Fach vor, doch bei Betrachtung der Kurswahlmotive im Fach Chemie und unter Berücksichtigung der Unbeliebtheit des Faches fällt auf, dass in der Einführungsphase große Unterschiede in Interesse, Fähigkeit oder Motivation in den Chemiekursen bestehen (Hülsmann 2015, S. 149). Neben besonders begabten oder chemieinteressierten Schülerinnen und Schülern gibt es welche, die Chemie aus Belegverpflichtungen wählen müssen, was den großen Bedarf an Differenzierung im Fach Chemie verdeutlicht.

Daher sollen im Rahmen dieser Arbeit Materialien für den Chemieunterricht konzipiert werden, die Möglichkeit zur Differenzierung bieten und auf die unterschiedlichen Lernausgangslagen reagieren können. Ziel ist es dabei, Thema und Methode auf die Einführungsphase anzupassen, da wie bereits angedeutet in dieser die Heterogenität besonders ausgeprägt ist. Ein geeignetes Thema scheinen die Redoxreaktionen angesichts der zahlreichen Fehlvorstellungen und Schülerschwierigkeiten zu sein (Barke 2006, S. 223 ff.). Eine geeignete Methode stellen laut Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel (2010) Aufgaben mit gestuften Lernhilfen dar, weil diese die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen besonders in der Einführungsphase kompensieren können (ebd., S. 72).

Bevor das konzipierte Material vorgestellt wird, soll in Kapitel 2 zunächst die Problemlage der Heterogenität in der Sekundarstufe II bzw. in der Einführungsphase näher erläutert und mögliche Umgangsweisen mit Heterogenität speziell in der Einführungsphase aufgezeigt werden. In Kapitel 3 wird das Konzept der Differenzierung dargestellt, wobei auf die äußere und innere Differenzierung sowie die Chancen und Grenzen innerer Differenzierung eingegangen wird. Dann soll in Kapitel 4 Differenzierung im Chemieunterricht in den Fokus genommen werden. Neben einer Darstellung der zahlreichen Differenzierungsmöglichkeiten soll der Zusammenhang des

Kurswahlverhaltens mit der Heterogenität im Fach Chemie aufgezeigt und diskutiert werden. Anschließend werden in Kapitel 5 das Thema „Redoxreaktionen“ und die damit verbundenen Fehlvorstellungen und Schülerschwierigkeiten thematisiert und mögliche Präventionsmaßnahmen erörtert, was in eine zusammenfassende Begründung der Themenwahl münden soll. In Kapitel 6 wird das Aufgabenformat der gestuften Lernhilfen beschrieben. Zudem werden dessen Chancen im Allgemeinen und speziell für die Sekundarstufe II aufgeführt, um schließlich eine Begründung für die getroffene Methodenwahl zu liefern. Daraufhin wird in Kapitel 7 das konzipierte Material vorgestellt. Nach einleitenden Vorbemerkungen werden die Aufgaben mit gestuften Lernhilfen jeweils dargestellt und erläutert. Außerdem werden mögliche Variationen und Ergänzungen des Materials genannt. Daran anknüpfend wird das konzipierte Material in Kapitel 8 reflektiert und diskutiert, wobei die Chancen und Grenzen des Materials aufgezeigt werden sollen. Das abschließende Fazit in Kapitel 9 fasst alle Erkenntnisse der Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick über weitere Ansätze im Umgang mit der wachsenden Heterogenität.

2. Problemlage: Heterogenität in der Sekundarstufe II

Jeder Übergang während bzw. nach der Schulzeit ist für Schülerinnen und Schüler mit Herausforderungen verbunden, sei es der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule oder der Übergang von der Sekundarstufe I in die berufliche Ausbildung. Doch der Übergang von der Sekundarstufe I in die Sekundarstufe II erfährt in der Forschung meist wenig Beachtung. Erst in den letzten Jahren geriet der Übergang in die gymnasiale Oberstufe mehr in den Fokus der Forschung. Ein möglicher Grund für die wenige Beachtung ist laut Klomfaß, Stübiger & Fabel-Lamla (2013), dass die gymnasiale Laufbahn von der 5. Klasse bis zum Abitur meist als eine Einheit gesehen wird, also ohne einen besonders beachtenswerten Übergang von der Sekundarstufe I in die Sekundarstufe II (ebd., S. 149). Bosse & Kempf (2013) beschreiben dies als fehlenden institutionellen Wechsel (ebd., S. 89).

Doch besonders die Einführungsphase, das erste Jahr der gymnasialen Oberstufe, birgt Herausforderungen für die Schülerinnen und Schüler. So

befinden sich die Jugendlichen auf dem Weg des Erwachsenwerdens und stehen vor hohen Leistungsanforderungen für das Erlangen des Abiturs (Klomfaß, Stübzig & Fabel-Lamla 2013, S. 150 f.). Dazu kommt wie in der Einleitung beschrieben die in der gymnasialen Oberstufe – besonders in der Einführungsphase – vorherrschende Heterogenität in den Lerngruppen. Daher wird im Folgenden der Begriff Heterogenität zunächst im Allgemeinen sowie in Bezug auf die Sekundarstufe II erläutert.

2.1 Heterogenität

Der Begriff „Heterogenität“ bezieht sich in Bezug auf Schule auf die Unterschiedlichkeit der Schülerinnen und Schüler einer Lerngruppe. Dabei wird zwischen folgenden Kategorien unterschieden: soziale, kulturelle, sprachliche, geschlechts-, alters-, interessen- und leistungsbezogene Heterogenität (Wenning 2007, S. 25 f.). Wenning (2007) beschreibt Heterogenität als relativen Begriff zur Homogenität. Durch Vergleichsoperationen bezogen auf bestimmte Kriterien wie Alter, Geschlecht oder Leistung kann Heterogenität als Abgrenzung zur Homogenität ausgemacht werden. Die als Heterogenität ausgemachten Unterschiede werden allerdings zugeschrieben und sind dadurch nur zeitlich begrenzt gültig (ebd., S. 23). Wichtig zu wissen ist dabei, dass Lerngruppen sich in einem oder mehreren Merkmalen unterscheiden können. Während die Schülerinnen und Schüler einer Lerngruppe zwar ein gleiches Alter aufweisen, können sich diese aber beispielsweise hinsichtlich Leistung und/oder Interessen unterscheiden (Bathe, Boller & Kemper 2010, S. 15).

Ein erster Schritt des deutschen Schulsystems, Heterogenität zu mindern bzw. Homogenität zu schaffen, ist die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf verschiedene Schulformen wie Gymnasium, Realschule, Hauptschule oder Förderschule. Dies ist eine Form der äußeren Differenzierung, bei der versucht wird, eine Homogenität der Lerngruppen in Bezug auf Alter und Leistung zu erreichen. Andere Ansätze einer Homogenisierung der Lerngruppen ist die Vermeidung von Klassenwiederholung, Abschulung oder Förderschulüberweisung (Bathe, Boller & Kemper 2010, S. 16).

2.2 Heterogenität in der Sekundarstufe II

Betrachtet man den Übergang in die Sekundarstufe II, so fällt auf, dass in der Oberstufe meist von leistungs- und interessenhomogenen Lerngruppen ausgegangen wird (Bosse 2003, S. 25). Die Annahme der Leistungshomogenität beruht laut Bosse (2003) darauf, dass die Schülerinnen und Schüler, die in die gymnasiale Oberstufe gehen, bestimmte Zugangsbedingungen erfüllen müssen und somit als die „Leistungsstärkeren eines Jahrgangs“ gesehen werden (ebd., S. 25). Die Interessenhomogenität einer Lerngruppe resultiert aus der Möglichkeit, Grund- und Leistungskurse zu wählen, sowie bestimmte Fächer abzuwählen und somit eigene Schwerpunkte setzen zu können (ebd.). Denkt man an die eigene Schulzeit zurück oder hält sich vor Augen, wie Schülerinnen und Schüler der Oberstufe ihre Kurse auswählen, so fällt auf, dass oft abgewogen wird, wo am wenigsten Aufwand für möglichst gute Noten betrieben werden muss. So kann es beispielsweise passieren, dass in einem Leistungskurs ein Schüler, der am Fach sehr interessiert ist und sogar überlegt, später beruflich in die Fachrichtung zu gehen, neben einer Schülerin sitzt, die das Fach nur gewählt hat, weil andere Fächer ihr noch weniger liegen oder gefallen. Dies führt zu starken Differenzen hinsichtlich des Interesses und der Motivation, die unter anderem die Heterogenität der Lerngruppe bestimmen und somit die Gestaltung des Unterrichts beeinflussen.

2.2.1 Heterogenität in der Einführungsphase

Nachdem der Begriff Heterogenität im Allgemeinen sowie in Bezug auf die Oberstufe dargelegt wurde, soll nun im Folgenden Heterogenität speziell in der Einführungsphase näher betrachtet werden. Dazu soll zunächst die Funktion der Einführungsphase erläutert werden, woraufhin Gründe für das Entstehen von Heterogenität in der Einführungsphase beschrieben werden.

Seit der Oberstufenreform im Jahr 1972 besteht die gymnasiale Oberstufe aus einer einjährigen Einführungsphase und einer zweijährigen Qualifikationsphase. Während die Qualifikationsphase abiturrelevant ist, dient die Einführungsphase der Vorbereitung auf das Kurswahl- und Punktesystem. Zunächst gab es regionale Unterschiede bei der Umsetzung der

Einführungsphase (Klomfaß et al. 2016, S. 34). Teilweise wurde weiterhin in Klassen statt Kursen unterrichtet oder weiterhin Noten statt Punkte vergeben. Doch spätestens seit den 1980er-Jahren wird der Einführungsphase eine Brückenfunktion zugeschrieben (ebd., S. 34). So steht in der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung“ der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 15.02.2018, dass die Einführungsphase beim Übergang in die Qualifikationsphase eine Brückenfunktion einnehmen soll und für den Ausgleich unterschiedlicher Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler vor Eintritt in die Qualifikationsphase sorgen soll (Kultusministerkonferenz 2018, S. 7).

Mit dem Anfang der 2000er-Jahre nach und nach eingeführten G8-Modell, bei welchem die gymnasiale Laufbahn acht statt neun Jahre dauert, kam der Einführungsphase teilweise eine Doppelfunktion als letzter Schuljahrgang der Sekundarstufe I und als erster Schuljahrgang der Sekundarstufe II zu (Kultusministerkonferenz 2018, S. 7). Bundesländer wie Berlin, Thüringen oder Sachsen bedienen sich der Doppelfunktion der Einführungsphase und führten die zentralen Prüfungen für den Mittleren Schulabschluss am Ende des Schuljahrgangs 10 ein. Dies hat zur Folge, dass die Brückenfunktion der Einführungsphase scheinbar ausbleibt (Klomfaß et al. 2016, S. 35). Andere Bundesländer wie Hessen behielten trotz des G8-Modells die Einführungsphase (Hessisches Kultusministerium 2009, S. 18). Hier endet die Sekundarstufe I am grundständigen Gymnasium nach dem 9. Schuljahrgang, wodurch die Einführungsphase folglich zur Sekundarstufe II gehört. Mittlerweile wird in den Schulen in Hessen aber eine Wahlfreiheit zwischen G8, G9 oder dem Parallelangebot G8/G9 angeboten (vgl. Hessisches Kultusministerium 2015).

In der Einführungsphase kommen auf die Schülerinnen und Schüler neue Herausforderungen zu. Neben dem Erwachsenwerden und dem Ziel, das Abitur zu schaffen, treten Differenzen hinsichtlich der Merkmale wie Alter, Leistung und Lernvoraussetzungen auf (Klomfaß, Stübiger & Fabel-Lamla 2013, S. 151 ff.). Die in der Oberstufe auftretenden Differenzen sind in der Einführungsphase besonders stark ausgeprägt, da die Schülerinnen und Schüler einer Lerngruppe erst neu zusammenkommen. In der Mittelstufe eines grundständigen Gymnasiums sind die Schülerinnen und Schüler zunächst in

einer festen Klasse und haben in jedem Fach gemeinsam Unterricht. Doch ab der Sekundarstufe II werden diese Schülerinnen und Schüler im neuen Kursystem durchmischt. Die Schülerinnen und Schüler weisen nun unterschiedliche Lernvoraussetzungen auf, da sie aus unterschiedlichen Klassen mit anderen Lehrpersonen und anderem Unterricht stammen. An reinen Oberstufengymnasien ist die Heterogenität noch stärker ausgeprägt, weil Schülerinnen und Schüler von unterschiedlichen Schulen kommen. Es kann sogar sein, dass am Oberstufengymnasium ein Schüler einer Realschule mit einem Schüler eines Gymnasiums in eine Lerngruppe kommt. Die Unterschiede in den Lernvoraussetzungen sind hierbei noch größer. Hinzukommt das G8/G9-System, durch welches die sogenannten Doppeljahrgänge entstehen bzw. entstanden, und dieses somit einen Grund für die Altersheterogenität in der Oberstufe darstellt (Klomfaß, Stübzig & Fabel-Lamla 2013, S. 157). Diesbezüglich können bei Klomfaß, Stübzig & Fabel-Lamla (2013) weiterführende Ausführungen entnommen werden.

Im Folgenden wird sich auf das hessische Schulsystem und Kerncurriculum bezogen, da diese wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen des Lehramtsstudiums in Kassel, einer Stadt in Hessen, geschrieben wurde.

Die Beachtung dieser unterschiedlichen Lernvoraussetzungen sollte besonders in der Einführungsphase im Vordergrund stehen, um ein besseres Lernen zu ermöglichen (Klomfaß, Stübzig & Fabel-Lamla 2013, S. 158). Eine Homogenisierungsstrategie in der Einführungsphase ist die sogenannte Kompensation. So steht in der Oberstufen- und Abiturverordnung von 2009 unter § 11 „Einführungsphase“ geschrieben:

„In der Einführungsphase sollen personale, soziale und fachliche Kompetenzen gezielt gefördert und spezifische Lernarrangements verstärkt angeboten werden, um unter anderem einen Ausgleich unterschiedlicher Voraussetzungen bei den Schülerinnen und Schülern vor Eintritt in die Qualifikationsphase herzustellen. [...]“ (Hessisches Kultusministerium 2009, S. 18)

In der Einführungsphase sollen also die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler ausgeglichen werden, um

alle auf einen einheitlichen Stand für die Qualifikationsphase zu bringen. Dies soll in „spezifischen Lernarrangements“ stattfinden (Hessisches Kultusministerium 2009, S. 18). Das heißt, für die Lerngruppen sollen Methoden, Lernumgebungen und Materialien angeboten werden, die an die Lerngruppe angepasst sind. Zusätzlich werden Kompensationsstunden angeboten, in denen Stoff aus der Mittelstufe wiederholt und gefestigt werden soll. Außerdem sollen die fachlichen und überfachlichen Kompetenzen gefördert und individuelle Stärken in Orientierungs- und Profilbildungskursen ausgemacht werden, um für die Schülerinnen und Schüler Hilfestellung bei der Wahl der Leistungskurse zu leisten (ebd., S. 18 f.).

2.2.2 Überblick über mögliche Umgangsweisen mit Heterogenität

Auf die Frage, wie mit Heterogenität umgegangen werden kann, gibt es viele mögliche Antworten. Nun sollen mögliche Umgangsweisen exemplarisch aufgeführt und erläutert werden. Zudem sollen spezifische Hinweise für die Unterrichtspraxis in der Einführungsphase genannt werden.

Zu den möglichen Umgangsweisen mit Heterogenität zählen unter anderem individuelle Förderung, Diagnose und Beratung sowie innere Differenzierung (Bathe, Boller & Kemper 2010, S. 17). Mit individueller Förderung soll den Schülerinnen und Schülern einer Lerngruppe ermöglicht werden, an ihren individuellen Stärken und Schwächen arbeiten zu können (Meyer 2013, S. 97). Dies gelingt, indem eine Lernumgebung angeboten wird, die an die individuellen Lernvoraussetzungen angepasst wird, was durch innere Differenzierung erreicht werden kann (Bathe, Boller & Kemper 2010, S. 18). Diagnose dient dazu, um die Stärken und Schwächen der Lernenden beispielsweise mit Hilfe von Diagnosebögen festzustellen, was Grundlage für folgende Beratungen sein kann. Darauf aufbauend kann individuelle Förderung und innere Differenzierung effektiv umgesetzt werden (Winter 2006, S. 22). Das Konzept der inneren Differenzierung wird in Kapitel 3 ausführlich dargestellt.

Zum Umgang mit Heterogenität in der Oberstufe bzw. speziell in der Einführungsphase gibt es nur wenig Literatur. Doch neben Boller & Möller (2009) und Kress (2013), die Konzepte für die Oberstufendidaktik entwickelt haben, haben Klomfaß et al. (2016) mithilfe einer Interviewstudie

Hinweise für eine geeignete Unterrichtspraxis in der Einführungsphase herausgearbeitet und konkretisiert. In Bezug auf die Erfassung und den Umgang mit Leistungsheterogenität konnten Diagnose, Beratung und Förderung als zentrale Ausgangspunkte ausgemacht werden. Zudem konnten spezifische Gestaltungsmöglichkeiten für die Einführungsphase erfasst werden. Aus der Interviewstudie konnte herausgearbeitet werden, dass Diagnose für Lehrkräfte zwar eine Möglichkeit darstellt, die Kenntnisstände der Schülerinnen und Schüler mithilfe von Evaluationsbögen ermitteln zu können, doch dass unterschiedliche Meinungen bezüglich der Durchführung von Diagnosen zu Beginn der Einführungsphase vorherrschen. Teilweise wird darauf sogar verzichtet (Klomfaß et al. 2016, S. 41 f.).

In Bezug auf den Aspekt der Förderung kann gesagt werden, dass diese meist mit Kompensation gleichgesetzt wird. Laut Klomfaß et al. (2016) ist das Ziel der Lehrkräfte, alle Schülerinnen und Schüler auf den gleichen bzw. einen ähnlichen Stand für die Qualifikationsphase zu bringen. Dies wird umgesetzt, indem Inhalte aus der Mittelstufe wiederholt werden oder Förder- und Kompensationskurse angeboten werden (ebd., S. 42). Dabei werden aber die individuellen Lernstände der Schülerinnen und Schüler nicht beachtet. Stattdessen wird Kompensation als „Prozess der Homogenisierung“ (ebd.) angesehen. Diese fehlende individuelle Förderung resultiert vermutlich aus der fehlenden Diagnostik zu Beginn der Einführungsphase (ebd., S. 42 f.).

Aus diesen Erkenntnissen schlossen Klomfaß et al. (2016) einen Entwicklungsbedarf im Bereich Diagnose und Förderung und arbeiteten deshalb mögliche Gestaltungselemente für die Einführungsphase heraus, die als Anregung für eine Brückendidaktik dienen sollen, die sich nach der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler richtet. Dabei werden folgende Gestaltungsmöglichkeiten erwähnt: außerschulische Lernorte, Facharbeit, fächerübergreifende Projekte und Umwelttage. Zudem schlagen Klomfaß et al. (2016) vor, die Diagnose der individuellen Leistungsstände zu Beginn der Oberstufe nicht von einzelnen Lehrkräften durchführen zu lassen, sondern als Schulentwicklungsaufgabe zu gestalten (ebd., S. 43). Schließlich ist laut Helmke eine Abstimmung von Diagnose und Förderung essenziell für Konzepte wie Differenzierung und Individualisierung (Helmke 2006, S. 45).

Auch Bosse & Kempf (2013) konnten in einer Studie zum Übergang in die Sekundarstufe II hilfreiche Hinweise im Umgang mit Heterogenität zu Beginn der Einführungsphase herausfinden. Die Studie beschäftigte sich mit den Fragen, wie die Schülerinnen und Schüler ihre Lernumwelt nach dem Übergang in die Sekundarstufe II wahrnehmen, mit welchen Problemen sie konfrontiert werden und welche Formen der Unterstützung sie sich wünschen würden. Dabei kam heraus, dass 18,4 % der Schülerinnen und Schüler sich einen Ausbau der individuellen Betreuung wünschen würden (ebd., S. 93). Zudem konnte ein Bedarf an zusätzlicher Unterstützung ausgemacht werden. Im Fach Mathematik brauchen 34,6 % der Schülerinnen und Schüler Hilfe, in Fremdsprachen sind es 30,3 % und in den Naturwissenschaften 23,5 % (ebd., S. 94). Werden die Ergebnisse von G8- und G9-Schülerinnen und Schüler verglichen, fällt zudem auf, dass G8-Schülerinnen und Schüler weniger Probleme mit Zeitmanagement haben, während G9-Schülerinnen und Schüler weniger Probleme mit selbstständigem Lernen und zu ungenauen Zielangaben haben, weil diese den Umgang damit zuvor an kooperativen Schulformen gelernt haben (ebd., S. 95). Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass unter anderem aufgrund der unterschiedlichen Länge der Schulzeit (G8/G9) und den unterschiedlichen Herkunftsschulen – also aufgrund vorherrschender Heterogenität – die Schülerinnen und Schüler in der Einführungsphase „eine gezielte fachliche und methodische Unterstützung und sozial integrative Maßnahmen“ benötigen (Bosse & Kempf 2013, S. 98).

3. Differenzierung

Nicht nur aus den Studien von Klomfaß et al. (2016) und Bosse & Kempf (2013), sondern auch aus dem Bildungsbericht der Kultusministerkonferenz aus dem Jahr 2020 wird ein Handlungsbedarf in Bezug auf die wachsende Heterogenität deutlich (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2020, S. 138). Ein möglicher Grund dafür ist der anhaltende gesellschaftliche Wandel durch Veränderungen wie die Auflösung traditioneller Milieus, der Strukturwandel der Familie, die Ausbreitung individualisierter Lebensformen oder Migration (Bräu & Schwerdt 2005, S. 10). Obwohl mit der Bildungsreform vor 30 Jahren versucht wurde, eine

Chancengleichheit zu erreichen, hängen die Bildungschancen immer noch von sozialem Status und Herkunft ab (Bräu & Schwerdt 2005, S. 10). Ein erster und wichtiger Schritt im Umgang mit Heterogenität ist es, diese Unterschiedlichkeit der einzelnen Schülerinnen und Schüler anzuerkennen und angepasste Lernumgebungen zu schaffen, wie folgendes Zitat verdeutlicht:

„Heterogenität in der Klasse zu akzeptieren heißt mehr, als etwa Niveaugruppen einzurichten [...]. Konsequente Differenzierung und Individualisierung und Schaffung einer anregenden Lernumgebung und Stärkung selbsttätiger Lernprozesse gehören dazu und erfordern eine neue Rolle der Lehrenden.“ (Kleinschmidt-Bräutigam 2004, S. 245 zitiert nach Jürgens 2005, S. 152).

Einen Ansatz, die Lernumgebung an die heterogenen Lernvoraussetzungen und Lernprozesse anzupassen, um einen optimalen Lernerfolg für alle Lernenden zu schaffen, stellt also die innere Differenzierung dar, was folgendes Zitat noch einmal unterstreicht:

„Wenn Unterricht jeden einzelnen Schüler optimal fördern will [...], dann muss er im Sinne innerer Differenzierung durchdacht werden“ (Klafki & Stöcker 1976, S. 503).

Mithilfe von Differenzierung ist es möglich, auf die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler einzugehen und individuelle Lernwege zu eröffnen. Dabei kann die gleichzeitige Orientierung am Individuum und an der Lerngruppe für eine optimale Entfaltung der Schülerinnen und Schüler sorgen (Bönsch 2009, S. 12). Im Folgenden soll das didaktische Konzept der Differenzierung dargestellt werden. Dabei werden zunächst mögliche Formen der Differenzierung aufgeführt und näher erläutert. Anschließend werden die Chancen und Probleme der inneren Differenzierung beschrieben und kritisch hinterfragt.

3.1 Formen der Differenzierung

„Unter Differenzierung wird einmal das variierende Vorgehen in der Darbietung und Bearbeitung von Lerninhalten verstanden, zum anderen die Einteilung bzw. Zugehörigkeit von Lernenden zu Lerngruppen nach bestimmten Kriterien. Es geht um die Einlösung des Anspruchs, jedem Lernenden auf optimale Weise Lernchancen zu bieten, dabei die Ansprüche und Standards in fachlicher, institutioneller und gesellschaftlicher Hinsicht zu sichern und gleichzeitig lernorientiert aufzubereiten. Differenzierung stellt sich für die Organisation von Lernprozessen als Bündel von Maßnahmen dar, Lernen in fachlicher, organisatorischer, institutioneller wie individueller und sozialer Hinsicht zu optimieren.“ (Bönsch 2009, S. 14)

Diese Definition von Bönsch (2009) zeigt auf, dass es bei Differenzierung nicht um die Homogenisierung von Lerngruppen geht, wovon oft fälschlicherweise ausgegangen wird, sondern um das Angebot von individuellen Lernumgebungen für einen optimalen Lernerfolg der Lernenden. Außerdem wird deutlich, dass Differenzierung auf unterschiedlichen Ebenen stattfinden kann. In Bezug auf die Kategorisierung von Differenzierung im schulischen Kontext gibt es viele verschiedene Ansätze. Folgendes Schaubild (vgl. Abb. 1) versucht die möglichen Formen der Differenzierung zu veranschaulichen. Dabei fungieren Winkeler (1978), Bönsch (2009), Saalfrank (2012) und Paradies & Linser (2016) als Literaturgrundlage.

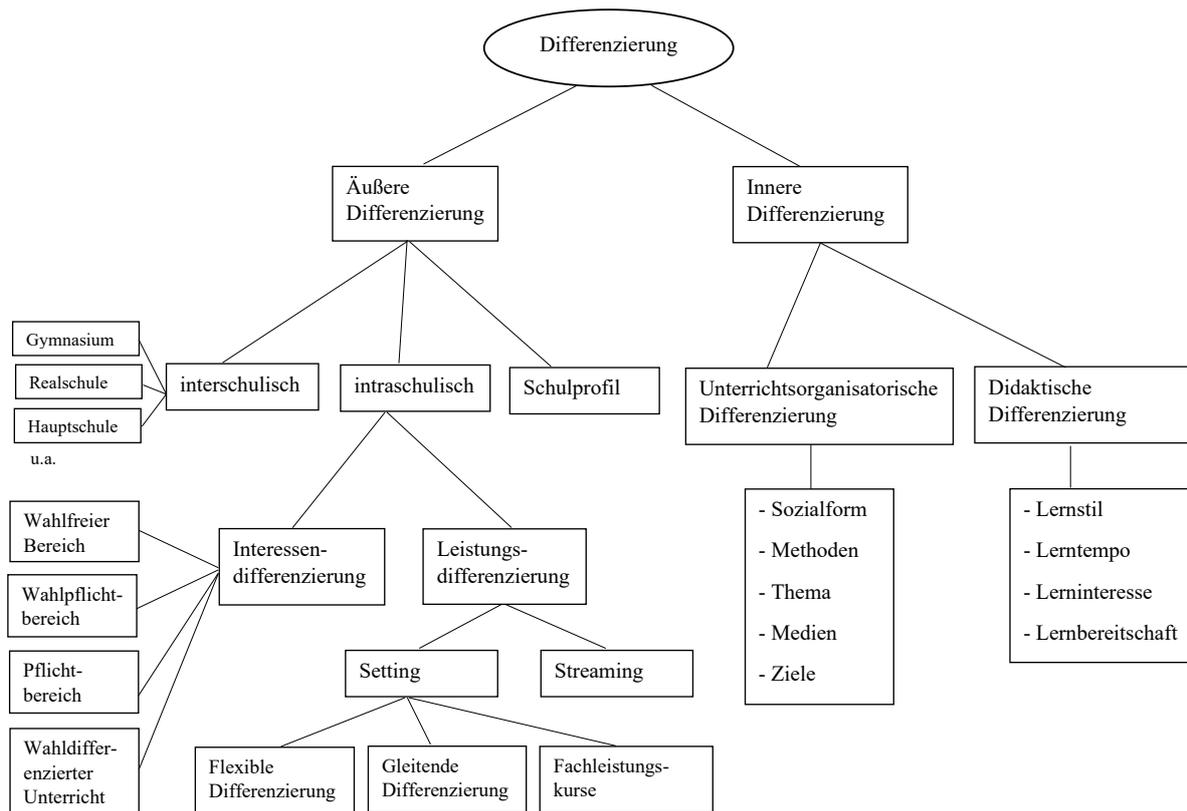


Abb. 1: Formen der Differenzierung (Winkler (1978), Bönsch (2009), Saalfrank (2012), Paradies & Linser (2016)).

Für einen ersten Überblick soll das Schaubild in Kurzfassung erläutert werden. Auf der ersten Ebene wird zwischen äußerer und innerer Differenzierung unterschieden. Die äußere Differenzierung unterteilt sich zunächst in interschulische, intraschulische Differenzierung sowie Schulprofil-differenzierung. Bei der interschulischen Differenzierung handelt es sich um die Unterscheidung der Schulform wie Grundschule, Gymnasium, Realschule, Hauptschule etc. Die intraschulische Differenzierung umfasst die Leistungs- und Interessendifferenzierung, wobei erstere in Setting und Streaming und zweitere in Wahl- und Pflichtbereich unterteilt wird. Im Folgenden wird darauf noch näher eingegangen. Bei der Differenzierung nach Schulprofilen liegt der Fokus auf den Neigungen und Begabungen der Schülerinnen und Schüler. Zur inneren Differenzierung zählen Maßnahmen innerhalb des Unterrichts einer Klasse, wobei zwischen unterrichtsorganisatorischer und didaktischer Differenzierung unterschieden wird. Die unterrichtsorganisatorische Differenzierung umfasst Sozialform, Methoden, Medien, Themen und Ziele,

während sich die didaktische Differenzierung auf Lernstil, Lerntempo, Lerninteresse und Lernbereitschaft bezieht.

3.2 Äußere Differenzierung

Unter äußerer Differenzierung werden Maßnahmen verstanden, die Schülerinnen und Schüler nach bestimmten Kriterien wie Leistung oder Interesse in Gruppen einteilt (Eberle, Kuch & Track 2014, S. 3). Dies kann auf inter- oder intraschulischer Ebene stattfinden. Bei der interschulischen Differenzierung werden Schülerinnen und Schüler je nach Leistung auf unterschiedliche Schulformen aufgeteilt. Neben den Schulformen Hauptschule, Realschule und Gymnasium gibt es weitere Formen wie Gesamt-, Förder- oder Sonderschulen (Saalfrank 2012, S. 70).

Zur äußeren Differenzierung zählt auch die Differenzierung nach Schulprofilen, welche die unterschiedlichen Neigungen und Begabungen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen versucht. So gibt es beispielsweise Schulen mit musikischem, sprachlichem oder naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (ebd., S. 71).

Im Folgenden sollen nun die Leistungs- und Interessendifferenzierung, die zur intraschulischen Differenzierung gehören, näher betrachtet werden.

3.2.1 Leistungsdifferenzierung

Grundlegend ist mit Leistung gemeint, in welchem Ausmaß und inwiefern sich die Schülerinnen und Schüler bemühen, die schulischen Anforderungen zu erfüllen bzw. die Lernziele zu erreichen (Bönsch 2009, S. 15).

Leistungsdifferenzierung lässt sich in Streaming und Setting unterteilen. Bei der Streaming-Differenzierung handelt es sich um fachübergreifende Leistungsdifferenzierung. Hierbei werden Schülerinnen und Schüler je nach Leistung in scheinbar homogene Lerngruppen eingeteilt. So gäbe es dann beispielsweise eine Klasse mit leistungsstarken, eine Klasse mit durchschnittlichen und eine Klasse mit leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern (ebd., S. 19).

Setting dagegen meint die fachspezifische Leistungsdifferenzierung, bei der die Schülerinnen und Schüler je nach Leistungsstand in Fachleistungskurse eingeteilt werden. Das FEGA- und ABC-Modell sind Ausführungen des Settings, die es ermöglichen, dass Schülerinnen und Schüler je nach Leistungsstand einer Niveaustufe zugeordnet werden. So kann nach dem FEGA-Modell zwischen Fortgeschrittenenkursen, erweiterten Kursen, Grund- und Anschlusskursen gewechselt werden. Nach dem ABC-Modell kann zwischen A-Kursen mit Gymnasialniveau, B-Kursen mit Realschulniveau und C-Kursen mit Hauptschulniveau gewechselt werden (Bönsch 2009, S. 20). Ein anderer Ansatz ist der der integrierten Gesamtschulen. Hier gibt es im Gegensatz zur kooperativen Gesamtschule keinen Hauptschul-, Realschul- oder Gymnasialzweig, sondern sogenannte Grund- und Erweiterungskurse.

Umgesetzt werden kann das Setting auch in Form von flexibler Differenzierung, bei welcher heterogene und homogene Leistungsgruppen abgewechselt werden. In den heterogenen Gruppen werden die grundlegenden Lernziele erarbeitet. Nach einem Diagnostest werden die Lernenden je nach Leistungsstand in Zusatz- oder Wiederholungskurse eingeteilt (ebd., S. 22). Entscheidender Unterschied zu den Fachleistungskursen ist, dass mit der flexiblen Differenzierung situativ auf Leistungsveränderungen reagiert werden kann (Winkler 1978, S. 25).

Die gleitende Differenzierung ist eine weitere Form der fachspezifischen Leistungsdifferenzierung, welche häufig an integrierten Gesamtschulen angewandt wird. Die Schülerinnen und Schüler haben hierbei die Möglichkeit, je nach Inhalt, Anforderung und Lernstand zwischen dem A-Kurs mit höheren Anforderungen und dem B-Kurs, der zur Wiederholung und Verbesserung dient, hin und her zu gleiten (Bönsch 2009, S. 23).

3.2.2 Interessendifferenzierung

Ein anderes Kriterium der äußeren Differenzierung ist das Interesse. Mit der Interessendifferenzierung wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geboten, durch Wahlmöglichkeiten in Bezug auf Inhalte und Handlungen eigene Interessen auszubilden und zu entfalten (Bönsch 2009, S. 16). Es ist zwischen wahlfreiem Bereich, Wahlpflichtbereich und Pflichtbereich zu

unterscheiden. Zum wahlfreien Bereich gehören Arbeitsgemeinschaften, die freiwillig je nach individuellen Interessen besucht werden können. Im Wahlpflichtbereich können in Form von Grund-, Erweiterungs- oder Leistungskursen Schwerpunkte gesetzt oder sogar Fächer abgewählt werden. Daneben gibt es den Pflichtbereich, in welchem auch die Möglichkeit zur Wahl bestehen kann, indem in einem Fach ein Angebot an Teilthemen zu einem Oberthema gemacht wird. Eine weitere Umsetzungsmöglichkeit der Interessendifferenzierung stellt der wahl-differenzierte Unterricht dar. Bei diesem werden zu einer Unterrichtseinheit verschiedene Teilthemen zur freien Wahl angeboten. Nach individueller Bearbeitung werden die Ergebnisse im Plenum ausgetauscht (Bönsch 2009, S. 26 f.).

3.3 Innere Differenzierung

Mit innerer Differenzierung sind Maßnahmen gemeint, die im Unterricht auf die Heterogenität innerhalb einer Lerngruppe reagieren. Dabei wird zwischen unterrichtsorganisatorischen und didaktischen Differenzierungsmaßnahmen unterschieden (Paradies & Linser 2016, S. 26 ff.; Saalfrank 2012, S. 74).

3.3.1 Unterrichtsorganisatorische Differenzierung

Zu den unterrichtsorganisatorischen Differenzierungsmaßnahmen zählt die Differenzierung nach der Sozialform. Die Schülerinnen und Schüler können entweder in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit arbeiten (Paradies & Linser 2016, S. 27). Außerdem kann nach Unterrichtsmethoden und -medien differenziert werden. Schließlich gibt es Lernende, die eher visuelle, auditive oder haptische Lernstrategien bevorzugen. Dies kann auch bei der Wahl der Erarbeitungs- und Präsentationstechniken berücksichtigt werden. Ebenso können unterschiedliche Materialien und Medien für die Erarbeitung zur Verfügung gestellt werden, die auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler eingehen (ebd.).

Eine weitere Möglichkeit der unterrichtsorganisatorischen Differenzierung ist die Differenzierung nach Unterrichtsthemen bzw. -inhalten. Zu einem Oberthema können entweder unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden

oder an verschiedenen Themen gearbeitet werden. Hierbei spielt auch das Interesse der Schülerinnen und Schüler eine Rolle. So könnten die Lernenden beispielsweise die zu bearbeitenden Themen je nach Interesse auswählen, als Alternative dazu, dass die Teilthemen von der Lehrperson festgelegt und zugeteilt werden (Paradies & Linser 2016, S. 27).

Außerdem zählt zur unterrichtsorganisatorischen Differenzierung die Differenzierung nach Zielen, bei der die unterschiedlichen Zielsetzungen der Lernenden berücksichtigt werden. Schließlich haben Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Lernvoraussetzungen und sollten daher individuelle Lernziele formulieren, um einen effektiven Lernweg einschlagen zu können. Dabei zu beachten ist beispielsweise, dass in einer Lerngruppe Schülerinnen und Schüler sein können, die unterschiedliche Schulabschlüsse anstreben. Ebenso können (hoch-)begabte Schülerinnen und Schüler in der Klasse sein, die höhere Ziele als weniger begabte Lernende haben (Paradies & Linser 2016, S. 28). Näheres zur Begabtenförderung kann bei Scholz (2014) nachgelesen werden.

3.3.2 Didaktische Differenzierung

Daneben gibt es die didaktische Differenzierung als eine Form der inneren Differenzierung. Dazu gehört die Differenzierung nach Lernstilen, die die unterschiedlichen Lerntypen (visuell, auditiv, haptisch) einbezieht. Für die Differenzierung nach dem Lerntempo kann langsam Lernenden zusätzliches Material oder Anweisungen als Hilfestellung gegeben werden und für schneller Lernende kann Material mit höherem Schwierigkeitsgrad bzw. Zeitaufwand gestellt werden. Eine weitere didaktische Maßnahme ist die Differenzierung nach der Lernbereitschaft. Schülerinnen und Schüler mit wenig Lernbereitschaft könnten alltagsbezogenes Material bekommen, um deren Lernmotivation zu steigern. Diejenigen mit einer ausgeprägten Lernbereitschaft könnten dagegen mit abstrakteren Materialien arbeiten. Bei der Differenzierung nach Lerninteressen werden die Interessen der Schülerinnen und Schüler bewusst bei der Gestaltung des Unterrichts einbezogen (Paradies & Linser 2016, S. 28 f.).

Eine alternative Unterteilung von innerer Differenzierung nimmt Bönsch (2004) vor. Dieser unterscheidet zwischen Differenzierung nach Arbeitsweisen, nach stofflichem Umfang, nach Schwierigkeitsgraden, aus

sozialen Motiven, aus methodischen Gründen, nach Lern- und Arbeitstempo, nach zeitlichem Umfang und aus sachlichen Gründen (Bönsch 2004, S. 123 ff.). Es gibt also mehrere mögliche Ansätze, (innere) Differenzierung zu systematisieren.

3.3.3 Differenzierung der Aufgaben

Ein weiterer zu beachtender Aspekt der inneren Differenzierung ist die Konstruktion von geeigneten Aufgaben(-stellungen), wie folgendes Zitat darlegt:

„Aufgaben ebnen den jeweils individuellen Lernweg für die Schüler. Darum ist die Erarbeitung der Aufgaben eine wichtige Herausforderung für die Lehrer, sie brauchen eine sorgfältige und überlegte Ausarbeitung, wenn die gewünschten Lernprozesse in Gang kommen sollen.“ (Paradies & Linser 2016, S. 29)

Mit geeigneten Aufgabenstellungen kann auf die heterogenen Lernvoraussetzungen der Lerngruppe reagiert werden. Dabei bietet es sich an, Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler einzubeziehen. Aufgaben können dahingehend differenziert werden, dass unterschiedliche Anforderungsniveaus oder verschiedene Methoden, Lösungswege und Intentionen angeboten werden. Mithilfe von Diagnosen können die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler ermittelt werden und die Aufgaben dementsprechend daran angepasst werden. Auch die Aufgaben an sich können als Diagnosemittel dienen. In Teilaufgaben zerlegte Aufgaben zusammen mit Aufforderungen zur Beschreibung der Vorgehensweise, zur Begründung der Lernstrategien und Entscheidungen oder zum Hinterfragen von Entscheidungen ermöglichen es, die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu evaluieren (Paradies & Linser 2016, S. 29).

3.4 Methoden innerer Differenzierung

Aus den vielen unterschiedlichen Differenzierungsformen, die aufgeführt wurden, lässt sich eine große Vielfalt an Methoden erschließen. Rieke Bernard (2010) hat eine Übersicht binnendifferenzierender Methoden zusammengestellt, mit der versucht wird, einen Überblick über die Fülle an Methoden zu schaffen. Diese Methoden sind einerseits sowohl für die Sekundarstufe I als auch für die gymnasiale Oberstufe und andererseits für alle Fächer geeignet. Dennoch erhebt Bernard (2010) keinen Anspruch auf Vollständigkeit (ebd., S. 50).

Folgend sind die Methoden innerer Differenzierung aufgelistet:

- Reziprokes Lernen
- Rollenspiel
- Co-op Co-op
- Gruppenpuzzle
- Markt der Möglichkeiten
- Webquest
- Projektarbeit
- Forschendes Lernen
- Fallmethode
- Freiarbeit
- Werkstattunterricht
- Gestufte Lernhilfen
- Wochenplanarbeit
- Lerntempoduett
- Stationenlernen
- Portfolioarbeit

Diese Auflistung stellt eine Auswahl an Methoden innerer Differenzierung dar und soll lediglich einen Überblick verschaffen. Näheres zu den einzelnen Methoden kann bei Bernard (2010) nachgelesen werden.

3.5 Chancen innerer Differenzierung

Nachdem die verschiedenen Differenzierungsformen und -methoden betrachtet wurden, sollen nun die Lernchancen von differenzierendem Unterricht herausgearbeitet und mit empirischen Belegen untermauert werden. Bezogen auf die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit soll im Folgenden der Fokus auf der inneren Differenzierung liegen.

Empirische Studien und Vergleichsstudien wie PISA zeigen auf, dass die Homogenisierungsstrategie des deutschen Schulsystems in Form von äußerer Differenzierung bzw. Leistungsdifferenzierung nicht zum gewünschten Lernerfolg führt (Bräu & Schwerdt 2005, S. 9). Statt der Annahme zu folgen, dass homogene Lerngruppen einen größeren Lernerfolg verzeichnen würden, sollte die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler bewusst wahrgenommen werden.

Ein Argument für innere Differenzierung ist, dass diese die individuellen Lernvoraussetzungen berücksichtigt und in den Lernprozess einbezieht. Außerdem können die Sozialkompetenz und Selbstständigkeit der Lernenden gefördert werden (Trautmann & Wischer 2009, S. 162). Auch der bereits in Kapitel 3 angesprochene gesellschaftliche Wandel in Form von stärkerer Individualisierung und Pluralisierung hat eine wachsende Heterogenität zur Folge. Differenzierender Unterricht kann dafür sorgen, dass die Schülerinnen und Schüler auf das gesellschaftliche Leben und dessen Herausforderungen vorbereitet werden, indem deren Selbstständigkeit, Handlungs- und Entscheidungsfähigkeit sowie Sozialverhalten gefördert werden (Bräu 2005, S. 132). Ein weiteres Pro-Argument für innere Differenzierung liefert die konstruktivistische Lerntheorie, die unter anderem die Eigenständigkeit der Lernenden sowie die individuellen Lernvoraussetzungen im Vordergrund des Lernprozesses sieht. So fördert die individuelle Differenzierung im Sinne des Konstruktivismus‘ die Selbststeuerung der Lernenden. Zudem wird berücksichtigt, dass das Lernen ein individueller Prozess ist, indem für die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen und Lernprozesse angepasste Lernumgebungen zur Verfügung gestellt werden (Bräu 2005, S. 133).

Zwar wird in Deutschland momentan innere Differenzierung eher selten im Unterricht angewandt, wie Vock und Gronostaj (2017, S. 65) beschreiben, doch Warwas, Hertel & Labuhn (2011) konnten herausfinden, dass das

Ausmaß der Nutzung innerer Differenzierung im Unterricht von der Einstellung der Lehrkräfte abhängt. So bieten Lehrpersonen mit konstruktivistischer Einstellung häufiger an die Lernvoraussetzungen angepasstes Lernmaterial an (Warwas, Hertel & Labuhn 2011, S. 864). Mit konstruktivistischer Einstellung ist hierbei gemeint, dass davon ausgegangen wird, dass Lernen ein aktiver Konstruktionsprozess ist. Die Lernenden weisen individuelle Lernwege auf, tauschen sich aber auch mit anderen Lernenden aus und konstruieren somit ihre Wissensstrukturen auch durch soziale Interaktion (ebd., S. 857).

Zur Untersuchung der Wirkung innerer Differenzierung haben Kulik & Kulik (1992) eine Metastudie durchgeführt. Als Ergebnis dieser Studie konnte ein zwar kleiner, aber positiver Effekt ($d = 0,25$) von differenzierenden Materialien ausgemacht werden. Dabei konnte zusätzlich herausgefunden werden, dass die Effektstärke je nach Leistung der Schülerinnen und Schüler variierte. Während leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler eine Effektstärke von $d = 0,25$ aufwiesen, war bei durchschnittlichen Lernenden ein geringerer Effekt von $d = 0,18$ und bei leistungsschwächeren Lernenden von $d = 0,16$ zu verzeichnen. Demnach konnten Leistungsstärkere im Vergleich zu durchschnittlichen und leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern von den Maßnahmen innerer Differenzierung mehr profitieren (ebd., S. 75).

Auch Lou et al. (1996) konnten mit einer Metaanalyse herausfinden, dass Unterricht mit innerer Differenzierung im Vergleich zu nicht differenziertem Unterricht einen zwar kleinen, aber positiven Effekt ($d = 0,17$) auf das Lernen hat (Lou et al. 1996, S. 446). Positiv aufgefallen ist dabei auch, dass die Schülerinnen und Schüler in binnendifferenziertem Unterricht neben besseren Leistungen auch ein besseres Selbstkonzept aufwiesen. Allerdings handelt es sich hierbei nur um eine mittlere Effektstärke von $d = 0,09$ (ebd., S. 445). Im Gegensatz zu Kulik & Kulik (1992) profitierten bei der Studie von Lou et al. (1996) besonders die leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler ($d = 0,37$) vom differenzierten Unterricht. Durchschnittliche Lernende wiesen eine Effektstärke von $d = 0,19$ und Leistungsstärke von $d = 0,28$ auf (ebd., S. 443). Ergänzend konnten Lou et al. (1996) eine Effektivitätssteigerung festmachen, wenn Instruktion und Material an die verschiedenen Leistungsniveaus angepasst sind (ebd., S. 423).

Ebenso konnte Hattie (2009) mit einer Metastudie, bei der die Wirksamkeit innerer Differenzierung auf die Leistung untersucht wurde, zwar nur einen schwachen, aber positiven Effekt von $d = 0,16$ nachweisen (ebd., S. 94).

Eine mögliche Erklärung für die geringe Effektwirkung ist eine (noch) nicht ausgereifte und gut durchgeplante Umsetzung innerer Differenzierung. So weisen erst langfristig geplante und durchdachte Differenzierungsmaßnahmen einen stärkeren positiven Effekt auf (vgl. Slavin 1987).

3.6 Grenzen und Probleme innerer Differenzierung

Neben den positiven Wirkungserwartungen gibt es allerdings auch gewisse Grenzen innerer Differenzierung. Zwar zeigen empirische Studien wie von Wiechmann (2004) oder Götz et al. (2005), dass eine größere methodische Abwechslung und eine Zunahme schüleraktivierender Phasen im Unterricht zu verzeichnen sind, doch dass anspruchsvollere Unterrichtskonzepte wie innere Differenzierung eher selten anzutreffen sind (Wischer 2007, S. 426). Schlussfolgernd kann also gesagt werden, dass die vielversprechenden Effekte innerer Differenzierung nicht dazu führen, dass diese auch im Unterricht angewandt wird. Folgend sollen deshalb Problembereiche und Grenzen innerer Differenzierung aufgezeigt werden, die eine reibungslose Umsetzung einschränken.

Eine ausführliche Darstellung der Probleme und Grenzen innerer Differenzierung liefern Wischer & Trautmann (2010). Nach deren Ansatz sollen nicht die Praxis oder die Lehrpersonen für die Probleme innerer Differenzierung verantwortlich gemacht werden. Stattdessen sollen die Erwartungen an die Strategie der inneren Differenzierung kritisch hinterfragt werden. Dabei wurden „programmatische Fallen“ (Wischer & Trautmann 2010, S. 159) herausgearbeitet, die folgend näher ausgeführt werden.

Die erste Falle ist die sogenannte „Komplexitätsfalle“ (ebd., S. 160). Die Anpassung der Lernumgebung an die Lernvoraussetzungen der Lernenden birgt hohe Anforderungen an die Lehrpersonen sowie Schülerinnen und Schüler. So sollte die Lehrperson gewisse Lehrerkompetenzen aufweisen, zu denen nach Beck et al. (2008, S. 41 f.) die Sachkompetenz, diagnostische Kompetenz, didaktische Kompetenz und Klassenführungskompetenz zählen. Mit der Sachkompetenz ist ein ausgeprägtes Fachwissen und ein Gefühl für

den richtigen Einsatz dessen gemeint. Die diagnostische Kompetenz bezieht sich darauf, dass Lehrpersonen ihre Schülerinnen und Schüler adäquat einschätzen können sollen. Ein ausgeprägtes methodisch-didaktisches Wissen und der gezielte Einsatz geeigneter Methoden und didaktischer Konzepte zählen zur didaktischen Kompetenz. Mit der Klassenführungscompetenz ist die Gewährleistung eines Klassenklimas gemeint, bei der ohne Unterrichtsstörungen oder -ablenkungen optimal gelernt werden kann (Beck et al. 2008, S. 41 f.). Aber auch die Schülerinnen und Schüler sind gefordert. Denn für einen gelingenden differenzierten Unterricht sind eine Motivation zum Lernen sowie Kompetenzen zu selbstgesteuertem Lernen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler gefragt. Doch dies ist in der Realität eher selten anzutreffen. Ein weiterer Grund für die hohe Komplexität innerer Differenzierung ist die Vielzahl an Differenzierungsmöglichkeiten. Abhängig von den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler müssen Lehrpersonen die bestmögliche Lösung abwägen. Hinweise für die konkrete Umsetzung sind in der Fachliteratur allerdings eine Seltenheit (Wischer & Trautmann 2010, S. 161).

Eine weitere programmatische Falle ist die Ausblendung institutioneller Rahmenbedingungen (ebd., S. 162). Die schulischen Rahmenbedingungen wie die 45-Minuten-Stunde, große Klassen, die mangelnde Materialausstattung oder ungünstige Räumlichkeiten sind meist nicht geeignet für innere Differenzierung, sondern behindern diese eher (ebd.). Zudem gibt es viele institutionelle Vorgaben, die im Unterricht eingehalten werden sollten. Zwar hat man als Lehrperson in Bezug auf Methoden und didaktische Konzepte eine Wahlmöglichkeit, doch gibt es bestimmte Vorgaben, die diese einschränken. So wird in den Kerncurricula und/oder Lehrplänen die Vermittlung vorgegebener Kompetenzen gefordert. Außerdem ist die Selektionsfunktion der Schule zu berücksichtigen. Hierbei steht der Gedanke der individuellen Förderung mit der Sortierung der Schülerinnen und Schüler nach Leistungen im Widerspruch (ebd., S. 163). Es liegt also ein grundsätzlicher Widerspruch zwischen differenziertem Unterricht und den institutionellen Rahmenbedingungen der Schule vor.

Der bereits angesprochene Mangel an Materialien kann noch dahingehend ausgeführt werden, dass es trotz der Fülle an Differenzierungsmöglichkeiten

kaum differenzierendes Unterrichtsmaterial gibt (Breidenstein et al. 2015, S. 54), weswegen die Lehrkräfte eigene Unterrichtsmaterialien für einen differenzierten Unterricht konzipieren müssen, was mit einem großen Aufwand verbunden ist. In der Praxis werden meist einfach Arbeitsblätter mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden zur Verfügung gestellt, ohne dass die vorher diagnostizierten individuellen Lernstände der Schülerinnen und Schüler eine Rolle spielen würden (Vock und Gronostaj 2017, S. 68).

Die dritte programmatische Falle ist die unklare Zielsetzung innerer Differenzierung. Einerseits wird im Rahmen innerer Differenzierung das Ziel geäußert, „dass jede und jeder Einzelne optimal gefördert werden solle“ (Wischer & Trautmann 2010, S. 163), doch wie genau die Förderung aussehen soll, wird nicht expliziert. Ein Schwerpunkt innerer Differenzierung liegt auf der Förderung individueller Stärken, wobei allerdings die Vermittlung von Grundkompetenzen vernachlässigt werden könnte. Eine individuelle Förderung steht auch mit dem angestrebten Chancenausgleich bzw. Abbau von (Leistungs-)Unterschieden im Widerspruch. Ein auf individuelle Förderung ausgelegter Unterricht sorgt demnach eigentlich für größer werdende Leistungsunterschiede (Wischer & Trautmann 2010, S. 164).

Außerdem konnte Gruehn (2000) einen negativen Effekt innerer Differenzierung auf das Fachwissen besonders in naturwissenschaftlichen Fächern erheben. Die Einbußen im Bereich des Fachwissens könnten darauf zurückgeführt werden, dass der höhere organisatorische und zeitliche Aufwand innerer Differenzierung die Lernzeit verringern und somit auch die Lernleistung verschlechtern würde (Gruehn 2000, S. 190 f.).

3.7 Handlungshinweise für Lehrkräfte

Nun sollen Handlungshinweise für Lehrkräfte aufgeführt werden, um den Problembereichen der inneren Differenzierung entgegenwirken zu können.

Ein erster Schritt wäre es, die eigenen Handlungsmöglichkeiten und Grenzen zu reflektieren. Eine Analyse und Reflexion des eigenen Handelns können schließlich dabei helfen herauszufinden, was die Ursachen auftretender Probleme sind und wie man diese umgehen könnte (Wischer & Trautmann 2010, S. 164). Eine weitere Möglichkeit, einer Überforderung vorzubeugen, ist die „Strategie der kleinen Schritte“ (ebd., S. 165). Man sollte sich als

Lehrperson also nicht zu viel auf einmal vornehmen, sondern sich kleinere Ziele stecken. Außerdem sollte nicht ausschließlich auf innere Differenzierung gesetzt werden, da es viele andere Methoden gibt, die auch zum Ziel führen können. Schließlich ist nicht jede Methode für jedes Unterrichtsziel oder jede Lerngruppe geeignet. Aufgabe der Lehrperson ist es, zielführende Methoden auszuwählen und sich nicht nur auf innere Differenzierung zu beschränken (Wischer & Trautmann 2010, S. 165). Denn laut Weinert (1997, S. 52) sei guter Unterricht lehrergelenkt, aber schülerzentriert. Das heißt, die Lehrperson soll einerseits den Unterricht in Form von Instruktionen steuern, aber gleichzeitig die Lernvoraussetzungen und -bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen. Demnach kann eine Mischung aus innerer Differenzierung und direkter Instruktion durch die Lehrperson lernwirksam sein (Vock & Gronostaj 2017, S. 72).

4. Differenzieren im Chemieunterricht

Nachdem das Konzept der (inneren) Differenzierung ausführlich dargestellt wurde, soll nun in Anlehnung an die Fragestellung dieser Arbeit Differenzierung speziell im Chemieunterricht betrachtet werden.

Zur äußeren Differenzierung im Chemieunterricht kann anreißend gesagt werden, dass diese umgesetzt wird, indem die fachspezifischen Inhalte auf die jeweiligen Schulformen angepasst werden (Schmitt-Sody & Kometz 2014, S. 137).

4.1 Forschungsstand zur inneren Differenzierung im Chemieunterricht

Nach einer Analyse chemiedidaktischer Veröffentlichungen von 1945 bis 2009 können Becker & Stäudel (2010) schlussfolgernd äußern:

„Die Chemiedidaktik belebt die Diskussion um Differenzierung im Unterricht zurzeit neu: Erkenntnisse werden aktualisiert, variiert und unter diagnostischer Perspektive problematisiert und reflektiert.“

(Becker & Stäudel 2010, S. 362)

Dieses Zitat verdeutlicht, dass das Thema Differenzierung auch in der Chemiedidaktik eine wichtige Rolle spielt. Laut Becker & Stäudel (2010) sind im Chemieunterricht differenzierende Maßnahmen unumgänglich für erfolgreiches Lernen, da Chemie schon seit Langem als ein schwieriges und unbeliebtes Fach angesehen wird (ebd., S. 362). Zahlreiche Studien zeigen, dass Chemie ein unbeliebtes Fach ist. So wird das Fach Chemie in der Shell-Jugendstudie aus dem Jahr 1992 nur selten (weniger als 20 %) als Lieblingsfach genannt und schneidet somit relativ schlecht ab (Shell-Jugendwerk 1992, S. 159). Auch bei einer Repräsentativbefragung des Instituts für Jugendforschung (2004) zur Beliebtheit von Schulfächern landete das Fach Chemie auf dem vorletzten Platz (ebd., S. 9). Die Unbeliebtheit des Faches Chemie resultiert unter anderem aus der hohen Schwierigkeit des Faches. So zeigt die Studie von Hoffmann & Lehrke (1985) auf, dass die Fächer Chemie, Physik, Mathematik und Fremdsprachen von Schülerinnen und Schülern als besonders schwierig angesehen werden. Knapp über Physik gilt das Fach Chemie als am schwierigsten (ebd., Tabelle 8). Auch eine Studie von Brückner, Diemer & Wacker (1971, S. 80) bestätigt dies. Was genau das Fach so schwierig macht, hat Merzyn (2013) herausgearbeitet. Er nennt den Gebrauch der Mathematik, Fachsprache, erwartungswidrige, der Alltagserfahrung widersprechende Aussagen, Abstraktheit, Unanschaulichkeit und Modellbildungen als mögliche Gründe (ebd., S. 82). Auch die Stofffülle trägt zu einem höheren Anforderungsniveau und dadurch zur Unbeliebtheit des Faches bei (ebd., S. 97 ff.).

Wieder auf die Literaturrecherche von Becker & Stäudel (2010) zurückführend ist aufgefallen, dass die Publikationen meist auf die methodisch-didaktischen Umsetzungsmöglichkeiten oder Wirkungserwartungen von (innerer) Differenzierung ausgerichtet sind und nur wenig empirische Befunde aufweisen (Becker & Stäudel 2010, S. 362). Es konnten Methode, Leistung und Lernen als drei Hauptaspekte bei der chemiedidaktischen Beschäftigung mit Differenzierung ausgemacht werden. Folgend soll eine Auswahl an Differenzierungsmaßnahmen in Bezug auf Methoden, Leistung und Lernen tabellarisch aufgeführt werden, die von Becker & Stäudel (2010) herausgearbeitet und systematisiert wurden (vgl. Tab. 1). Dies soll einen ersten

Überblick über mögliche Differenzierungsmaßnahmen im Chemieunterricht verschaffen.

Methodische Differenzierungsmaßnahmen	Maßnahmen zur Leistungs-differenzierung	Maßnahmen mit Lernperspektiven
- häufiger Methodenwechsel	- individuelle Übungsaufgaben	- un-/strukturierte Lernmaterialien
- selbstverantwortliche und kooperative Sozialformen	- Zusatzexperimente oder -aufgaben	- gestufte Aufgabenhilfen
- Variationsmöglichkeiten von Experimenten	- abgestufte Lernziele (abhängig von Lernleistung)	- Berücksichtigung von Schülerinteressen
- Aufgaben mit unterschiedlicher Schwierigkeit und Strukturierung	- Würdigung besonderer Lernleistungen	- Laborsituationen, außerschulische Lernorte, Wahlangebote
- Aufgreifen von Schülervorstellungen	- Aufgaben für hochbegabte, leistungsmotivierte Schüler	- differenzierte Zielvorgaben (auf Basis von Diagnosebögen)
u.a.	u.a.	u.a.

Tab. 1: Mögliche Differenzierungsmaßnahmen (Becker & Stäudel 2010, S. 363 f.).

Nach dem Stand von Becker & Stäudel aus dem Jahr 2010 gibt es nur wenig bis keine empirischen Studien zur Wirkung innerer Differenzierung im Chemieunterricht. Doch in den letzten Jahren sind aktuellere Studien dazugekommen, deren Ergebnisse nun dargestellt werden sollen.

Anus (2015) untersuchte den Einfluss individuell gestalteter und auf vorherige Diagnosen gestützte Aufgabenzuordnungen auf Aspekte wie Fachwissenszuwachs, Attraktivität des Unterrichts und Motivation. Während

die sogenannte Diagnosegruppe individuelle Aufgaben erhielt, die an Ergebnisse einer vorherigen Diagnose zum Fachwissen und zur kognitiven Fähigkeit angepasst waren, konnte die sogenannte Strukturgruppe aus Aufgaben wählen, die nach Inhalt und steigendem Schwierigkeitsgrad geordnet bzw. strukturiert waren. Die sogenannte Chaosgruppe bekam Aufgaben in zufälliger Reihenfolge (Anus 2015, S. 135 f.). Dabei konnten allerdings zunächst keine signifikanten Unterschiede zwischen den diagnosegestützten, strukturierten und zufälligen Aufgabenzuordnungen hinsichtlich der Lernleistung, der eingeschätzten Attraktivität oder der Motivation ausgemacht werden (ebd., S. 190 ff.). Durch Betrachtung der Ergebnisse nach der Leistungsstärke konnte aber herausgefunden werden, dass sowohl Leistungsstarke als auch -schwache von den diagnosegestützten Aufgaben profitierten, während durchschnittliche Schülerinnen und Schüler einen positiven Effekt durch die strukturierten und zufälligen Aufgabenzuordnungen verzeichnen konnten (ebd., S. 206).

Eine weitere Studie aus dem Jahr 2015 stammt von Kallweit, bei welcher der Einsatz von Selbsteinschätzungsbögen und deren Einfluss auf den Fachwissenszuwachs und die Einschätzung des Unterrichts der Schülerinnen und Schüler evaluiert wurde. Den Teilnehmenden der Interventionsgruppe wurden Aufgaben zum Thema Chemische Reaktion zugeordnet, nachdem diese einen Selbsteinschätzungsbogen bearbeitet hatten. Die Kontrollgruppe konnte Aufgaben selbst auswählen, ohne den Selbsteinschätzungsbogen vorher bearbeitet zu haben (Kallweit 2015, S. 123). Als Ergebnis konnte ein höherer Lernzuwachs bei denen ausgemacht werden, die den Selbsteinschätzungsbogen bearbeitet haben. Es konnten positive Effekte gleichermaßen für leistungsschwache, -starke und durchschnittliche Schülerinnen und Schüler erhoben werden. Auch die Attraktivität des Unterrichts wurde von der Interventionsgruppe als höher angesehen als von der Kontrollgruppe (Kallweit 2015, S. 195).

Einen anderen Aspekt untersuchten Groß & Reiners (2012). Sie beschäftigten sich mit dem Einsatz alternativer Dokumentationsformen von Experimenten anstelle von gewöhnlichen Versuchsprotokollen. Dabei wurde untersucht, inwiefern sich diese alternativen Dokumentationsformen als Differenzierungsmaßnahmen und Diagnoseinstrument im Chemieunterricht

eigenen. Die Teilnehmenden führten vier Versuche durch, wobei sie neben dem Versuchsprotokoll auch die alternativen Formen Video, Gesprächsprotokoll und Chemie-Foto-Story zur Dokumentation der Experimente nutzen sollten. Nach der Durchführung wurden die Schülerinnen und Schüler befragt, ob und inwiefern die alternativen Dokumentationsformen für sie eine Lernhilfe darstellten (Groß & Reiners 2012, S. 16). Aus den Interviews konnten die Möglichkeit einer genaueren Beobachtung und Prozesshaftigkeit, Kommunikation und sozialen Interaktion, Fantasie sowie Motivations- und Kreativitätsförderung als Vorteile herausgearbeitet werden (Groß & Reiners 2012, S. 17). Es konnten zwar Chancen der alternativen Dokumentationsformen aufgezeigt werden, doch sind qualitative Unterschiede im Umgang mit den alternativen Dokumentationsformen aufgefallen, was schlussfolgern lässt, dass sich für die Schülerinnen und Schüler je nach Lerntyp eine bestimmte Dokumentationsform besser eignet als andere (ebd., S. 19).

Da bei der Vorstudie die Videodokumentation als besonders geeignet und vorteilhaft erschien, wurde die Eignung dieser Dokumentationsform als Differenzierungsmaßnahme sowie als Diagnoseinstrument in einer Studie von Groß (2013) weiterführend untersucht. Herausgefunden werden konnte dabei, dass die Videodokumentation zum einen eine wirksame Differenzierungsmaßnahme beim Experimentieren im Chemieunterricht sein kann und zum anderen für Lehrende eine umfangreiche Diagnose der Lernenden liefert. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Versuchsprotokollen können Erkenntnisse über die Experimentierfähigkeiten, sozialen Kompetenzen und affektiven Einstellungen der Schülerinnen und Schüler erhalten werden (Groß & Reiners 2013, S. 258).

4.2 Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht

In Kapitel 3 wurden bereits Differenzierungsmöglichkeiten und -methoden im Allgemeinen dargestellt. Doch nun soll der Fokus auf den Chemieunterricht gelenkt werden. Dazu liefert das Modell der Differenzierungskompetenz von Groß (2013) einen Überblick über die Differenzierungsmöglichkeiten speziell im Chemieunterricht.

Das Modell basierend auf Wodzinski & Wodzinski (2007), Saalfrank (2008) und Bönsch (2009) besteht aus fünf Kategorien: „Warum wird differenziert?“,

„Was wird differenziert?“, „Wie wird differenziert?“, „Wo wird differenziert?“, „Wer differenziert?“.

Grundlegend ist hierbei festzuhalten, dass die einzelnen Kategorien wechselseitig voneinander abhängen, also nicht getrennt voneinander zu betrachten sind (Groß 2013, S. 59).

4.2.1 Warum wird differenziert?

Die erste Kategorie „Warum wird differenziert?“ betrifft die Begründung der inneren Differenzierung. Einerseits ist die vorherrschende Heterogenität ein Grund für innere Differenzierung, was bereits auch in Kapitel 2.1 und 3 der vorliegenden Arbeit dargestellt wurde. Ein anderer Grund sind die Besonderheiten des Unterrichtsfaches Chemie. Denn im Gegensatz zu anderen Fächern stellen Experimente und Modelle zentrale Gegenstandsbereiche dar, die aber in anderen Fächern nicht vorkommen (Groß 2013, S. 60). Jegliche Erkenntnisse werden also in Form von Experimenten gewonnen. Modelle dienen schließlich dafür, dass die chemischen Inhalte und Prozesse erklärt und somit besser verstanden werden können (ebd.).

4.2.2 Was wird differenziert?

Die Kategorie „Was wird differenziert?“ bezieht sich auf den Gegenstand des Chemieunterrichts, wozu Ziele und Inhalte, Methoden und Medien sowie Sozialformen zählen (Groß 2013, S. 62). Bei der Differenzierung nach Zielen ist im Chemieunterricht zum einen zwischen fachspezifischen und formalen Bildungszielen zu unterscheiden. Mit formalen Bildungszielen sind allgemeine Fähigkeiten wie beispielsweise Diskutier- und Kritikfähigkeit oder Abstraktionsfähigkeit gemeint, während zu den fachspezifischen Zielen unter anderem die Experimentierfähigkeit oder chemische Fachsprache zählen (Pfeifer, Lutz & Bader 2002, S. 112). Zum anderen ist bei der Differenzierung nach Zielen die Kompetenzorientierung zu berücksichtigen. So sollte der Chemieunterricht auf die zu erwerbenden Kompetenzen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung abgestimmt werden (Hessisches Kultusministerium 2011, S. 14). Durch unterschiedliche Gewichtung der Kompetenzbereiche kann der Unterricht bzw. können die

Aufgabenstellungen differenziert werden (Groß 2013, S. 63). Die unterschiedlichen Anforderungsbereiche (Reproduktion, Anwendung und Transfer) der Kompetenzbereiche bieten weitere Differenzierungsmöglichkeiten bei Aufgabenformulierungen (Groß 2013, S. 64). Die aufgeführten Ziele des Chemieunterrichts können durch chemiespezifische Inhalte erworben werden, zu welchen die Basiskonzepte Stoff-Teilchen-Beziehungen, Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, chemische Reaktion und energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen zählen (Hessisches Kultusministerium 2011, S. 17). Der Chemieunterricht kann also nach gleichen oder verschiedenen Zielen bzw. Inhalten ausgerichtet sein, was bei der Konzeption von Aufgaben eine entscheidende Rolle spielt. So können sich Aufgaben in ihrer Komplexität oder ihrem Umfang sowie ihrem Anforderungsbereich unterscheiden (Groß 2013, S. 62).

Weitere Möglichkeiten der Differenzierung bieten die Methoden und Medien. Hierbei konzentriert sich Groß (2013) vor allem auf die zentralen Gegenstandsbereiche der Chemie und zwar Experimente und Modelle, deren große Bedeutsamkeit für den Chemieunterricht noch einmal durch folgendes Zitat unterstrichen wird:

„Wenn der Chemieunterricht das Wesen der Naturwissenschaft Chemie, ihre Denk-, Vorgehens- und Arbeitsweisen vermitteln will, so kommt dem differenzierten Einsatz von Experimenten und Modellen eine wesentliche Bedeutung zu.“ (Groß 2013, S. 65)

Experimente dienen der Veranschaulichung chemischer Inhalte und Prozesse und stellen ein grundlegendes Mittel der Erkenntnisgewinnung dar (ebd.). Laut Kranz und Schorn (2012) ist ein Chemieunterricht ohne Experimente unvorstellbar, da diese eine entscheidende Rolle im Lernprozess spielen (ebd., S. 113). Differenziert werden können Experimente hinsichtlich ihrer Organisationsform. So gibt es Demonstrationsversuche und Schülerexperimente. Demonstrationsversuche werden von der Lehrperson durchgeführt und können nur inhaltlich differenziert werden. Während Demonstrationsversuche nur wenig Differenzierungspotenzial aufweisen, bieten Schülerexperimente dagegen viele Möglichkeiten. Diese können hinsichtlich des Grades an Selbständigkeit oder Komplexität variiert und somit

an die Leistungsstände der Schülerinnen und Schüler angepasst werden (Groß 2013, S. 66). Auch hinsichtlich der Dokumentation des Experimentierens kann differenziert werden. Es können zusätzliche Lernhilfen zur Verfügung gestellt oder alternative Dokumentationsformen wie Video, Gesprächsprotokoll oder Chemie-Foto-Story eingesetzt werden (vgl. Groß & Reiners 2012). Eine beispielhafte Darstellung alternativer Dokumentationsformen ist bei Reiners et al. (2017, S. 161 ff.) zu finden.

Der zweite zentrale Gegenstandsbereich der Chemie sind die Modelle, welche „ideelle oder materielle Repräsentanten eines Systems bezüglich bestimmter Eigenschaften“ (Schmitt-Sody & Kometz 2014, S. 143) sind, woraus neue Informationen gezogen werden können. Dabei ist zwischen abstrakten Denkmodellen und konkreten Anschauungsmodellen zu unterscheiden (Barke et al. 2018, S. 246 ff.). Dies hat zur Folge, dass abhängig vom Leistungsstand und von den kognitiven Fähigkeiten der Lernenden in der Abstraktheit der Modelle differenziert werden kann. So können statt abstrakten Denkmodellen alltagsnähere und für Schülerinnen und Schüler anschaulichere Modelle eingesetzt werden (Groß 2013, S. 67).

Außerdem gibt es grundsätzlich gesehen personale und apersonale Medien. Als personales Medium gilt die Lehrperson. Apersonale Medien dagegen sind Experimente, Modelle, Bücher, Arbeitsblätter etc., welche insbesondere Differenzierungsmöglichkeiten speziell für den Chemieunterricht liefern. Daneben kann im Chemieunterricht auch hinsichtlich der Sozialform differenziert werden. Die Schülerinnen und Schüler können in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit arbeiten und dabei ihre einzunehmende Rolle variieren. Leistungsstärkere können mit leistungsschwächeren Lernenden zusammenarbeiten und so voneinander profitieren und an ihren Stärken und Schwächen arbeiten (ebd.).

4.2.3 Wie wird differenziert?

Die Kategorie „Was wird differenziert?“ hängt im hohen Maße mit der nächsten Kategorie „Wie wird differenziert?“ zusammen, bei der es um die didaktische Gestaltung des Chemieunterrichts geht (Groß 2013, S. 61). Hierzu zählen die Aspekte Interesse, Leistung und Lerntempo, Art und Weise der Verarbeitung und Bearbeitung sowie Motivation. Bei der Differenzierung nach

Leistung und Lerntempo sind unter anderem Vorwissen, Lernstand, Lernschwierigkeiten, sprachliche und mathematische Fähigkeiten zu berücksichtigen. Davon abhängig können Aufgaben, Materialien und Experimente an die Schülerinnen und Schüler angepasst werden (Groß 2013, S. 68). Ein Beispiel dafür wäre der Einsatz von Tipp- bzw. Hilfekarten, mit denen Schülerinnen und Schülern mindestens das Erreichen des Minimalziels ermöglicht werden kann (Reiners et al. 2017, S. 161). Ein weiteres Beispiel wäre das (eigenständige) Arbeiten an Forschungsprojekten als Möglichkeit der Begabtenförderung (vgl. Jainski 2013). In Bezug auf die Art und Weise der Verarbeitung und Bearbeitung können die Präferenzen der Schülerinnen und Schüler beachtet werden. So kann schriftlich bzw. mündlich oder experimentell bzw. theoretisch gearbeitet werden. Durch den Einsatz von Experimenten kann zudem ein mehrkanaliges Lernen ermöglicht werden. Für einen motivierenden Chemieunterricht sollten die alltags- und schulspezifischen Interessen der Schülerinnen und Schüler einbezogen werden. Je nach Leistungsstand können eher abstraktere oder alltagsnahe Materialien und Inhalte zur Verfügung gestellt werden (Groß 2013, S. 68 f.).

4.2.4 Wo wird differenziert?

Die Kategorie „Wo wird differenziert?“ befasst sich mit den Lernsituationen im Chemieunterricht. Die Lernsituationen variieren im Grad an Lenkung durch die Lehrperson. So sind formale Lernarrangements, nicht-formale Lernarrangements oder informelle Lernarrangements möglich (Groß 2013, S. 70).

Unter formalen Lernarrangements ist der gewöhnliche Chemieunterricht zu verstehen, bei dem die Lenkung durch die Lehrperson am stärksten stattfindet. Außerschulische Lernorte wie Schülerexperimentiertage stellen nicht-formale Lernarrangements dar, in denen der Fokus auf dem Experimentieren liegt und Unterrichtsmethoden wie Gruppenpuzzle oder Stationenlernen eingesetzt werden, die die Eigenständigkeit und Kooperationsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler fördern. Da die Lehrperson in dieser Lernsituation nur beratend und beobachtend agieren soll, ist die Lenkung durch die Lehrperson hier weniger ausgeprägt als bei formalen Lernarrangements. Bei informellen Lernarrangements wie Experimentalwettbewerben ist dagegen ein hohes Maß

an Eigenständigkeit und Selbstorganisation der Schülerinnen und Schüler und dadurch eine relativ geringe Lenkung durch die Lehrperson gegeben (Groß 2013, S. 70 ff.).

4.2.5 Wer differenziert?

Bei der Kategorie „Wer differenziert?“ geht es um die Handelnden der inneren Differenzierung. Im Chemieunterricht können entweder die Lehrkraft, Schülerinnen und Schüler und Lehrkraft oder nur die Schülerinnen und Schüler differenzieren. So kann die Lehrperson selbst Differenzierungsmaßnahmen im Unterricht einplanen und umsetzen. In den Planungsprozess und bei der Auswahl der Differenzierungsmaßnahmen kann die Lehrperson aber auch die Schülerinnen und Schüler einbeziehen. Eine weitere Variante wäre, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig die für ihren Lernprozess erforderlichen Differenzierungsmaßnahmen auswählen und gezielt einsetzen (Groß 2013, S. 73 f.).

Resümierend kann gesagt werden, dass das Modell der Differenzierungskompetenz von Groß (2013) einen umfangreichen Überblick über die verschiedenen Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht verschafft. Die Ausführung dieser vielen Möglichkeiten soll verdeutlichen, wie viele Chancen und Gelegenheiten der Chemieunterricht für innere Differenzierung und somit für eine bessere (individuelle) Förderung der Schülerinnen und Schüler bietet.

Zudem muss grundlegend erwähnt werden, dass bei der Wahl und Umsetzung von geeigneten Differenzierungsmaßnahmen vorherige Diagnosen der Lernstände der Schülerinnen und Schüler eine entscheidende Voraussetzung darstellen. Dazu kann unter anderem bei Di Fuccia & Stäudel (2011) weiterführend nachgelesen werden.

4.3 Chemieunterricht in der Einführungsphase

Es wurden bereits verschiedene Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht aufgeführt und erläutert. Nun sollen die besonderen Umstände des Chemieunterrichts in der Einführungsphase dargestellt werden. Zunächst werden Ansätze für den Umgang mit den unterschiedlichen

Lernausgangslagen zu Beginn der Einführungsphase im Fach Chemie beschrieben. Daraufhin wird der Zusammenhang zwischen dem Kurswahlverhalten und der Heterogenität im Fach Chemie untersucht.

Wie schon in der Oberstufen- und Abiturverordnung von 2009 ein Ausgleich bzw. eine Kompensation der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zu Beginn der Einführungsphase gefordert wird, wird auch im Kerncurriculum für das Fach Chemie deutlich, dass auf die ausgeprägte Heterogenität in der Einführungsphase reagiert werden sollte. Ebenso wie in der Oberstufen- und Abiturverordnung von 2009 wird hier der Einführungsphase eine Brückenfunktion zugeschrieben. Kompensation soll in Form von Wiederholung, Festigung und Vertiefung des Mittelstufenstoffs stattfinden. Inhaltlich gesehen stellen die in der Einführungsphase behandelten Themen eine Grundlage für die Qualifikationsphase dar (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 23).

Gleiches kann aus dem Lehrplan für das Fach Chemie entnommen werden. Zusätzlich wird aufgeführt, dass die fachlichen Inhalte des Chemieunterrichts eine Kompensation der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen ermöglichen sollen. Dabei bietet das Thema „Redoxreaktion“ zu Beginn der Einführungsphase die Möglichkeit, Mittelstufeninhalte wie Atom- und Bindungsmodelle sowie das Periodensystem der Elemente zu wiederholen (Hessisches Kultusministerium 2010, S. 8).

4.3.1 Kurswahlverhalten im Fach Chemie

Wie bereits angedeutet zählt das Fach Chemie nicht zu den beliebtesten Fächern. Dies ist auch am Kurswahlverhalten in der gymnasialen Oberstufe zu erkennen. So zeigt eine Erhebung zur Kurswahlhäufigkeit der gymnasialen Oberstufe in Nordrhein-Westfalen, dass das Fach Chemie nur zu 1,72 % als Leistungskurs und zu 3,46 % als Grundkurs gewählt wird (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen 2013, zitiert nach Hülsmann 2015, S. 7). Im Hinblick auf das Abwählen des Faches Chemie zeigt sich ein ähnliches Bild. Allein schon beim Übergang in die Oberstufe wählen 62,5 % der Schülerinnen und Schüler das Fach Chemie ab. Aber auch nach der Einführungsphase kommt es zu 27,1 % und zu 10,3 % nach der ersten Qualifikationsphase zur Abwahl (ebd., zitiert nach Hülsmann 2015, S. 8). Laut

der erhobenen Zahlen ist das Fach Chemie am meisten von Abwahlen betroffen. Die aus Nordrhein-Westfalen erhobenen Zahlen gelten aber auch für die anderen deutschen Bundesländer, denn dort ist ein ähnliches Verhalten auszumachen (Hülsmann 2015, S. 8).

Mit einer Studie untersuchte Hülsmann (2015) unter anderem die Wahl- und Abwahlmotive der Lernenden in der gymnasialen Oberstufe. Bezogen auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse in Bezug auf die Einführungsphase näher ausgeführt. So konnte Hülsmann (2015) herausfinden, dass vor Eintritt in die Einführungsphase 48,5 % der befragten Schülerinnen und Schüler (N=1316) das Fach Chemie in der Einführungsphase zwar fortführen. Als Wahlmotive werden dabei unter anderem das Interesse am Fach, Belegverpflichtungen oder ein positives Fähigkeitsselbstkonzept genannt (Hülsmann 2015, S. 92 f.). Doch interessanter erscheint dagegen die Betrachtung der Abwahlmotive. So schildert eine Mehrzahl der Schülerinnen und Schüler, dass sie das Fach aufgrund eines negativen Fähigkeitsselbstkonzepts oder fehlenden Interesses abwählen (ebd., S. 93). Die Weiterbelegung nach der Einführungsphase geschieht nach gleichen Motiven wie beim Übergang in die Oberstufe. Bei der Abwahl werden ähnlich wie zu Beginn der Einführungsphase zu 54,8 % die Schwierigkeit des Faches und ein mangelndes Verständnis als Gründe genannt. Neben dem negativen Fähigkeitsselbstkonzept werden zu 20,6 % ein geringeres Interesse am Fach angegeben (ebd., S. 100). Zusammenfassend lassen sich also die negative Kompetenzeinschätzung sowie ein sinkendes Interesse am Fach als die wichtigsten Abwahlmotive extrahieren. Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchung zu den Wahlmotiven fordert Hülsmann (2015) Lösungsansätze, um auf das derzeitige Wahlverhalten zu reagieren (ebd., S. 149). Eine Förderung des Interesses sei zwar eine geeignete Methode, die Teilnehmerzahlen im Fach Chemie zu erhöhen. Noch wichtiger ist aber die Berücksichtigung der negativen Fähigkeitsselbstkonzepte der Schülerinnen und Schüler. Als möglichen Lösungsansatz formuliert Hülsmann (2015):

„Insbesondere Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 würden in Bezug auf die Weiterwahl des Faches in der Oberstufe von einem stärker verständnisorientierten Unterricht in der Sekundarstufe I

profitieren, der subjektives Kompetenzerleben durch individuelle Lernfortschritte vermittelt und damit die Selbstkonzepte der Schülerinnen und Schüler unterstützt.“ (Hülsmann 2015, S. 150)

Zwar schildert Hülsmann (2015), dass besonders in der Mittelstufe ein positives Kompetenzerleben ermöglicht werden soll, indem die individuellen Lernausgangslagen berücksichtigt werden, um eine Weiterwahl des Faches zu begünstigen, was selbstverständlich eine wichtige Grundlage darstellt. Doch auch in der Oberstufe bzw. Einführungsphase sollte ein individualisierter sowie interessen- und kompetenzorientierter Unterricht fortgesetzt werden, um das Lernen zu erleichtern und die Motivation zu steigern. Dazu können bzw. sollten differenzierende Maßnahmen bzw. Methoden eingesetzt werden, um auf die individuellen Lernvoraussetzungen der Lernenden reagieren und die Schülerinnen und Schüler somit optimal fördern zu können.

Die von Hülsmann herausgefundenen Wahl- bzw. Abwahlmotive unterstreichen zudem nochmals die vorherrschende Heterogenität in den Lerngruppen (besonders in der Einführungsphase) in Bezug auf Merkmale wie Interesse, Fähigkeit oder Motivation. So ist bei der Wahl des Faches Chemie neben einem ausgeprägten Interesse oder positiven Kompetenzeinschätzen auch die Belegverpflichtung in der gymnasialen Oberstufe ein entscheidendes Motiv (Hülsmann 2015, S. 153). Während die einen das Fach wählen, weil sie sich dafür interessieren oder gute Leistungen erbringen, wählen die anderen das Fach, da sie es aus Belegverpflichtungen müssen. Denn in der Einführungsphase müssen mindestens zwei der drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie oder Physik belegt werden (Hessisches Kultusministerium 2009, S. 115 f.). Es kann also dazu kommen, dass Schülerinnen und Schüler im Chemiekurs sind, die weder an Chemie interessiert noch darin begabt sind, sondern das Fach belegen „müssen“, um den Vorgaben zu entsprechen, und dementsprechend weniger motiviert sind. Dies ist in Grundkursen besonders ausgeprägt vorzufinden, da in Leistungskursen eher intrinsische Beweggründe im Vordergrund stehen. Auch das Motiv, „einfach Punkte sammeln“ (Hülsmann 2015, S. 100) zu können, bedeutet nicht automatisch, dass ein Interesse am Fach besteht, sondern dass pragmatische Gründe bei der Kurswahl verfolgt werden.

Aus dem Kurswahlverhalten im Fach Chemie konnte also veranschaulicht werden, dass die unterschiedlichen Kurswahlmotive einen entscheidenden Einfluss auf die vorherrschende Heterogenität in Lerngruppen haben und dass diese für ein erfolgreicherer Lernen im Unterricht berücksichtigt werden sollten.

5. Redoxreaktionen – „ein bekanntes Problem im Chemieunterricht“

Das Thema „Redoxreaktion“, welches laut hessischem Kerncurriculum zu Beginn der Einführungsphase behandelt werden soll (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 27), wird bereits in der Mittelstufe thematisiert (Hessisches Kultusministerium 2010, S. 17). Demnach haben die Schülerinnen und Schüler der Einführungsphase gewisse Vorkenntnisse zu diesem Thema. Hierbei können allerdings gewisse „Stolpersteine“ (Habelitz-Tkotz & Werner 2015, S. 7) auftreten, die aus Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler resultieren. Neben unterschiedlichen Vorkenntnissen der Lernenden sorgen die Fehlvorstellungen zusätzlich für eine größere Heterogenität in den Lerngruppen, weshalb ein Bedarf an Differenzierungsmaßnahmen entsteht und sich somit eine Konzeption differenzierender Unterrichtsmaterialien als erforderlich herausstellt. Dazu sollen zunächst die fachlichen Grundlagen sowie die Fehlvorstellungen und mögliche Präventionsmaßnahmen dieser zum Thema „Redoxreaktionen“ näher beschrieben und erläutert werden, woraufhin die Entscheidung für dieses Thema unter Bezugnahme von Kapitel 4 zusammenfassend begründet werden soll.

5.1 Fachliche Grundlagen zu Redoxreaktionen

Der heute verwendete Redoxbegriff hat einen großen historischen Wandel durchgemacht. Zunächst wurde nach Joachim Jungius (1587-1657) unter dem Begriff der Reduktion eine Rückgewinnung eines Metalls aus einem Erz verstanden. Im weiteren Verlauf spielte schließlich Sauerstoff eine wichtige Rolle. Nach der Entdeckung von Sauerstoff durch Scheele im Jahr 1771 prägte vor allem Antoine Laurent de Lavoisier den Oxidationsbegriff (Barke 2006, S. 220 f.). Die historische Definition nach Lavoisier geht bei einer Oxidation

von einer Aufnahme von Sauerstoff aus, während eine Reduktion eine Rückreaktion, also die Abgabe von Sauerstoff, darstellt (Riedel & Janiak 2015, S. 368). Folgend sind Beispiele einer Oxidation bzw. Reduktion nach historischer Definition aufgeführt:

Aufnahme von Sauerstoff: $\text{Ca} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CaO}_2$

Entzug von Sauerstoff: $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

Die heutige Definition ist von Thomsons Entdeckung des Elektrons im Jahr 1897 geprägt (Barke 2006, S. 221). Seitdem wird bei Redoxreaktionen von einer Elektronenübertragung ausgegangen. Eine Oxidation meint die Abgabe von Elektronen, während bei einer Reduktion eine Elektronenaufnahme stattfindet (Mortimer & Müller 2015, S. 234):

Oxidation: $\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$

Reduktion: $\text{Cl}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Cl}^-$

Bei einer Redoxreaktion laufen Oxidation und Reduktion ab. Dabei muss die Anzahl der abgegebenen Elektronen gleich die der aufgenommenen Elektronen sein. Folgend ist ein Beispiel einer Redoxreaktion dargestellt:

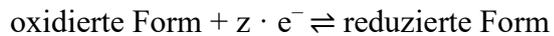
$2 \text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{Na}^+ + 2 \text{Cl}^-$

Bei der erweiterten Definition kommen bei der Betrachtung von Redoxreaktionen noch die Oxidationszahlen hinzu. Bei einer Oxidation findet eine Erhöhung der Oxidationszahl statt, während sich bei einer Reduktion die Oxidationszahl erniedrigt (Barke 2006, S. 222). Ein Stoff, der andere Stoffe oxidiert und selbst reduziert wird, nennt man Oxidationsmittel. Ein Reduktionsmittel reduziert andere Stoffe und wird selbst oxidiert (Mortimer & Müller 2015, S. 234).

Wird eine Oxidation bzw. Reduktion als Gleichgewichtsreaktion aufgeschrieben, liegt ein Gleichgewicht zwischen der oxidierten und reduzierten Form vor (Riedel & Janiak 2015, S. 369):

$\text{Na}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Na}$

Allgemein formuliert gilt folgende Beziehung zwischen der oxidierten und reduzierten Form (Riedel & Janiak 2015, S. 369):



Die oxidierte und reduzierte Form bilden ein korrespondierendes Redoxpaar. Beispiele dafür sind Na^+/Na oder Cl_2/Cl^- . Bei einer Redoxreaktion laufen Oxidation und Reduktion gekoppelt ab, daher sind bei einer Redoxreaktion stets zwei Redoxpaare beteiligt (Riedel & Janiak 2015, S. 369).

Redoxpaare lassen sich nach ihrer Tendenz, Elektronen abzugeben bzw. aufzunehmen, in der sogenannten Redoxreihe anordnen. Je höher ein Redoxpaar in der Redoxreihe steht, desto stärker ist die reduzierende Wirkung der reduzierten Form (ebd., S. 370). So haben Natrium, Zink und Eisen eine hohe Tendenz, Elektronen abzugeben, und sind daher Oxidationsmittel, während Brom und Chlor eine hohe Tendenz haben, Elektronen aufzunehmen, und Reduktionsmittel sind. Redoxreaktionen laufen nur zwischen einer reduzierten Form mit einer in der Redoxreihe darunter stehenden oxidierten Form freiwillig ab (ebd.).

Beim Aufstellen von Redoxreaktionen werden zunächst die Oxidationszahlen in den Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion ermittelt. Bei der Bestimmung der Oxidationszahlen müssen Regeln berücksichtigt werden, die bei Riedel & Janiak (2015, S. 366) oder Mortimer & Müller (2015, S. 233) nachgelesen werden können.

5.2 Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen

Nun sollen die beim Thema „Redoxreaktionen“ auftretenden Fehlvorstellungen beschrieben und erläutert werden, da diese zu Unterschieden in den Lernausgangslagen der Lernenden führen können.

Mit dem historischen Wandel des Redoxbegriffs geht auch ein Definitionswechsel im Chemieunterricht einher. Im Anfangsunterricht werden Redoxreaktionen noch als Sauerstoffübertragung angesehen, im fortgeschrittenen Unterricht wird dann zur Definition der Elektronenübertragung gewechselt. Aus der anfänglichen Einführung der Sauerstoffübertragung und dem Definitionswechsel resultieren allerdings

zahlreiche hausgemachte, d.h. im Unterricht verursachte, Fehlvorstellungen (Barke 2006, S. 222 f.).

Daneben sind noch mögliche Präkonzepte, die aus alltäglichen Erfahrungen und Beobachtungen der Schülerinnen und Schüler resultieren, beim Thema Redoxreaktionen zu beachten. So sind im Anfangsunterricht gewisse Präkonzepte zu Verbrennungen üblich (Barke 2012, S. 11). Mithilfe von geeigneten Experimenten und Materialien kann aber bei den Schülerinnen und Schülern ein Konzeptwechsel („conceptual change“) herbeigeführt werden, um die alternativen Vorstellungen zu korrigieren (vgl. Barke 2006).

Beim Definitionswechsel des Redoxbegriffs wird von einer „stoffbezogenen“ zu einer „teilchenbezogenen“ Betrachtungsebene gewechselt (Habelitz-Tkotz & Werner 2015, S. 5). Die Vorstellung, dass bei Redoxreaktionen stets Sauerstoff beteiligt sei, ist eine dieser Fehlvorstellungen und geht zum einen aus der Beschäftigung mit Verbrennungsreaktionen im Anfangsunterricht hervor, bei denen Sauerstoff als wichtiger Reaktionspartner hervorgehoben wird, sowie aus der Silbe -ox, die stets mit Sauerstoff in Verbindung gebracht wird (Barke 2006, S. 223). Außerdem werden zur Erklärung oder Beschreibung von Redoxreaktionen häufig Formulierungen aus dem Alltag wie z.B. „Absetzen, Hängen- oder Klebenbleiben oder Abfärben eines Stoffes“ verwendet (ebd.). Besonders in der Oberstufe sind die hausgemachten Fehlvorstellungen auffällig. So wird die Stoffebene häufig mit der Teilchenebene verwechselt bzw. vermischt. Beispielsweise wird vermutet, dass sich Kupferionen aus einer Lösung mit einem Eisennagel verbinden würden (ebd., S. 228). Bei Salz- oder Säure-Lösungen wird eher von Molekülen als von Ionen gesprochen (ebd., S. 229). Redoxgleichungen und Elektronenübergänge werden meist sachlich falsch gedeutet. Entweder werden Sauerstoffbeteiligungen gegenüber Elektronenübertragungen bevorzugt oder beide Definitionen miteinander vermischt. Schülerinnen und Schüler der Oberstufe benutzen zwar vor allem die erweiterte Definition, können die ablaufende Redoxreaktion aber fachlich nicht richtig interpretieren. Häufig ist nicht klar, wie genau der Elektronenübergang stattfindet (ebd., S. 231). Empirische Belege dazu liefern Schmidt (1994), Sumfleth (1992) und Sumfleth, Stachelscheid & Todtenhaupt (1991), welche bei Barke (2006, S. 223-233) zusammenfassend dargestellt sind.

Das eng mit Redoxreaktionen zusammenhängende Themengebiet der Elektrochemie birgt auch mögliche Probleme, die unter anderem aus Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen resultieren. Schließlich sind bereits behandelte Inhalte wie der Ionenbegriff, der erweiterte Redoxbegriff oder Elektronenübergänge grundlegend für das Verständnis des Themas „Elektrochemie“. Wenn diese nicht gänzlich verstanden wurden, kommt es folglich zu Schülerschwierigkeiten bei der Elektrochemie. Außerdem stellen physikalische Konzepte wie Spannung, Strom oder Widerstand Stolpersteine hinsichtlich des richtigen Verständnisses elektrochemischer Vorgänge dar (Sieve 2015, S. 6).

5.3 Prävention der Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen

Durch den Definitionswechsel ergeben sich besonders zu Beginn der Sekundarstufe II die bereits aufgeführten Fehlvorstellungen (Barke 2006, S. 233). Daher sollen im Folgenden alternative bzw. präventive Umgangsweisen mit den Fehlvorstellungen zum Thema Redoxreaktionen dargestellt sowie konkrete Unterrichtsverfahren und Materialien vorgestellt werden, um Möglichkeiten im Umgang mit diesen Fehlvorstellungen aufzuzeigen.

Grundsätzlich sollen zu Beginn der Einführungsphase zunächst grundlegende Fachkenntnisse zu Ionen und Atombau vermittelt werden (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 27). Darauf aufbauend können dann die folgenden Inhalte zu Redoxreaktionen besser verstanden werden. Nach der Vermittlung grundlegender Kenntnisse aus der Sekundarstufe I folgt die Behandlung von Fällungsreaktionen (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 28). Dabei kann auf einen Rückbezug zu den Metall-Sauerstoff-Reaktionen zunächst verzichtet werden und stattdessen einfach nur mit den Metallabscheidungen aus Metallsalzlösungen eingestiegen werden, um die Redoxreaktion als Elektronenübertragungsreaktion zu etablieren. Dies würde einer Vermischung der Sauerstoffdefinition mit der Elektronenübertragungsdefinition entgegenwirken. Die Fachkenntnisse zu Ionen und Atombau können dabei hilfreich für die Interpretation der Metallfällungen sein (Barke 2006, S. 234). Anhand der Metallabscheidungen ist für die Lernenden die bei

Redoxreaktionen stattfindende Elektronenübertragung erkennbar. Wird dies anhand mehrerer Metallpaare überprüft, kann die Fällungsreihe der Metalle abgeleitet werden. Erst an diesem Punkt könnte ein Rückbezug zur Sauerstoffdefinition hergestellt werden, wodurch dann Vermischungen beider Definitionen vermieden werden können (Barke 2006, S. 235 f.).

Durch Hinzunahme der Metall-Säure-Reaktion kann dann die Redoxreihe eingeführt werden. Daran anknüpfend kann in Form von Spannungsmessungen zwischen zwei Metallen in Elektrolytlösungen die Spannungsreihe eingeführt und behandelt werden. Der Aufbau und die Funktionsweise von elektrochemischen Spannungsquellen kann schließlich beispielhaft anhand einer galvanischen Zelle, Batterien oder Akkumulatoren veranschaulicht werden (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 28). Geeignete Experimente und Versuchsvorschriften zu den einzelnen Themenbereichen liefert Barke (2006, S. 242-249).

Aber letztendlich ist die Vermittlung der grundlegenden Fachkenntnisse zu Ionen und Atombau essenziell, um Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen entgegenzuwirken. So ist bei der Behandlung der Oxidationszahlen und dem Aufstellen von Redoxgleichungen ein klares Verständnis über Ionen etc. grundlegend. Ebenfalls können beispielsweise Modellvorstellungen zu den elektrochemischen Spannungsquellen zu einem besseren Verständnis von Redoxreaktionen beitragen. Vorrangig zu beachten ist aber auch, dass Beobachtungen auf der Stoffebene beschrieben und Interpretationen oder Auswertungen auf der Teilchenebene begründet werden, damit diese Ebenen nicht miteinander vermischt werden und daraus keine Fehlvorstellungen entstehen (Barke 2006, S. 242).

Durch einen Fokus auf eine richtige Verwendung der Fachsprache kann zu einer klaren Trennung der Stoff- und Teilchenebene zusätzlich beigetragen werden. Zudem sollte den Lernenden bewusst gemacht werden, dass die Sauerstoffdefinition des Redoxbegriffs einem veralteten Forschungsstand entstammt, während der erweiterte Redoxbegriff aus Fortschritten in den Naturwissenschaften resultiert. Bei dem klassischen Redoxbegriff handelt es sich also um „vorläufiges“ Wissen, welches durch den erweiterten Redoxbegriff weitergeführt bzw. ersetzt wurde (Habelitz-Tkotch & Werner 2015, S. 8). Den Lernenden muss eine reflektierte Haltung bezüglich der

Verwendung des sauerstoffbezogenen Redoxbegriffs vermittelt werden, um Fehlvorstellungen oder Vermischungen der beiden Definitionen vorzubeugen (ebd.; Barke 2012, S. 13). Auch das bewusste Berücksichtigen und Reflektieren der Fehlvorstellungen im Unterricht kann zu einem „conceptual change“ führen und sich somit positiv auf den Lernerfolg auswirken (Barke 2012, S. 14). Der Einbezug von Fehlvorstellungen kann in Form von Concept Cartoons stattfinden, welche eine reflektierte Diskussion über (alternative) Vorstellungen anregen und als Diagnoseinstrument für die Lehrperson agieren können (ebd.). Auch Steiniger & Lembens (2011) berichten von positiven Erfahrungen beim Einsatz von Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen. So können Concept Cartoons die Bereitschaft, eigene Vorstellungen zu formulieren, steigern, die Argumentationsfähigkeit fördern, einen Wissenszuwachs ermöglichen sowie zum eigenen Forschen anregen (Steiniger & Lembens 2011, S. 28 ff.).

Der Ansatz einer konsistenten Entwicklung des Redoxbegriffs stammt von Sieve (2015). Nach diesem wird der Begriff der Oxidation im Anfangsunterricht zunächst weggelassen und stattdessen die Bildung von Oxiden, Sulfiden oder Halogeniden als Kategorien chemischer Reaktionen angesehen. So wird bei Reaktionen mit Sauerstoff beispielsweise statt Oxidation der Begriff Oxidbildung verwendet. Auch für die anderen Begriffe wie Reduktion, Reduktions- oder Oxidationsmittel werden Alternativen verwendet. Dies führt dazu, dass Reaktionen mit Sauerstoff als ein Beispiel chemischer Reaktionen angesehen werden und dadurch die Einführung des erweiterten Redoxbegriffs mit den Begriffen Oxidation, Reduktion etc. erleichtert werden könnte (Sieve 2015, S. 4 f.).

Ein (weitgehender) Verzicht der Einführung des Redoxbegriffs nach Lavoisier wird unter anderem in Bayern und Baden-Württemberg praktiziert. Die genaue Umsetzung kann bei Habelitz-Tkotz & Werner (2015) nachgelesen werden. Rossow und Flint (2012) entwarfen eine Unterrichtssequenz nach dem Konzept „Chemie fürs Leben“ für eine erfolgreiche Erweiterung des Redoxbegriffs mit Hilfe von Batterien. Andere Unterrichtsvorschläge nach ähnlichem Prinzip stammen von Oetken et al. (2001) oder Heimann & Eckert (2012). Für die Einführung der Oxidationszahlen haben Sieve & Busker (2015) Materialien zur eigenständigen Erarbeitung von Regeln zur Bestimmung von Oxidationszahlen

konzipiert. Auch zum Themenbereich der Elektrochemie gibt es Materialien, die alltagsnahe und für Schülerinnen und Schüler interessante Inhalte enthalten. Folgende sind insbesondere für die Sekundarstufe II geeignet: von Meyer & Sieve (2015) zu E-Shishas, von Fechner & Dettweiler (2015) zur wasserbetriebenen Uhr, von Busker (2015) zu Rost und Wärmepflastern, von Stäudel (2015) zur Aluminium-Luft-Zelle und von Schmidt & Pfangert-Becker (2014) zum Redoxverhalten von Permanganat-Ionen im sauren und alkalischen Milieu. Für weiterführende Informationen und Anregungen kann bei den angegebenen Quellen nachgelesen werden.

Zusammenfassend gesagt konnten also einerseits mögliche Präventionsmaßnahmen gegen Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen dargestellt und andererseits auch auf konkrete Unterrichtsverfahren und Materialien hingewiesen werden.

5.4 Zusammenfassende Begründung der Themenwahl

Basierend auf der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit musste bei der Themenwahl beachtet werden, dass bei dem Thema eine große Heterogenität in den Lerngruppen vorliegt und dieses somit Anlass zur Differenzierung mit sich bringt. Für die Wahl des Themas „Redoxreaktionen“ spricht, dass dieses laut Kerncurriculum zu Beginn der Einführungsphase angesetzt ist (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 25). Denn zu Beginn der Einführungsphase ist die Heterogenität nicht nur im Allgemeinen (vgl. Kapitel 2.2), sondern auch speziell im Chemieunterricht (vgl. Kapitel 4.3) besonders ausgeprägt. Unterschiede in Leistungsniveau, Interesse oder Motivation beeinflussen nicht nur das Kurswahlverhalten im Fach Chemie, sondern auch den Chemieunterricht an sich. Diese unterschiedlichen Lernausgangslagen sollten im Unterricht und bei der Konzeption von Materialien berücksichtigt werden, um für ein erfolgreiches Lernen sorgen zu können. Ein bereits in Kapitel 3 beschriebener Ansatz im Umgang mit Heterogenität ist die (innere) Differenzierung, welche auch im chemiedidaktischen Diskurs stark vertreten ist (vgl. Kapitel 4.1). In Bezug auf den Chemieunterricht liefert das Modell der Differenzierungskompetenz von Groß (2013) einen Überblick über die zahlreichen Differenzierungsmöglichkeiten speziell im Chemieunterricht (vgl. Kapitel 4.2).

Die hohe Heterogenität resultiert aber nicht nur aus dem im Kerncurriculum festgelegten Zeitpunkt der Behandlung der Redoxreaktionen zu Beginn der Einführungsphase, sondern auch aus den im Zusammenhang mit Redoxreaktionen entstehenden Fehlvorstellungen (vgl. Kapitel 5.2). Die unterschiedlichen Fehlvorstellungen bestimmen die Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler und sollten im Konzeptionsprozess des Unterrichts und der dazugehörigen Materialien einbezogen werden. Zum Umgang mit den (Schüler-)Schwierigkeiten beim Thema „Redoxreaktionen“ gibt es bereits viele Ansätze und Materialien aus chemiedidaktischer Sicht (vgl. Kapitel 5.3). Ein von Lutz Stäudel (und anderen Autoren) verfolgter Ansatz ist die Konzeption von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (vgl. Stäudel (2010); Stäudel (2012); Stäudel (2015) u.a.). Einige davon sind sogar zum Thema „Redoxreaktionen“ konzipiert worden. Dies leitet direkt zum nächsten Kapitel zur Methode der Aufgaben mit gestuften Lernhilfen über.

6. Gestufte Lernhilfen

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen sind ein viel behandeltes Thema in der Chemiedidaktik und „gehören zum festen Repertoire eines differenzierenden Unterrichts“ (Hepp 2010, S. 38). Zwischen 2005 und 2009 erhielten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen sogar eine besondere Beachtung. So befassten sich fünf Prozent aller Beiträge in dieser Zeit mit deren Entwicklung und Umsetzung (Becker & Stäudel 2010, S. 364) und stellten sich somit als eine bedeutende Differenzierungsmöglichkeit im Chemieunterricht heraus. Schließlich ist es mit deren Hilfe möglich, auf die unterschiedlichen Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler zu reagieren.

Die Entwicklung von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ist eine Reaktion auf die Ergebnisse der TIMSS- oder PISA-Studien zur Bildungsqualität in Deutschland, denn hierbei geriet das Augenmerk auch auf die vorherrschende Aufgabenkultur (Franke-Braun et al., 2008, S. 27). Es wurden neue Ansätze zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur ausgearbeitet. Statt Leistungsaufgaben sollten nun Lernaufgaben konzipiert werden, deren Ansprüche nun waren, dass sie unterschiedliche Lösungswege und Vorgehensweise in der Erarbeitung ermöglichen, für eine kognitive

Aktivierung sorgen sowie die Motivation fördern sollen (Stäudel & Wodzinski 2008, S. 183). Im (naturwissenschaftlichen) Unterricht wird dies in Form von komplexen Aufgabenstellungen umgesetzt, die kognitiv anspruchsvoll sind, einen Alltagsbezug aufweisen und eine Verknüpfung von Vorkenntnissen mit neuen Informationen erfordern. In der Unterrichtspraxis wird allerdings deutlich, dass solche Aufgaben nur von leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern gelöst werden können. Ein Lösungsansatz dafür, dass alle Lernenden die Chance haben, solche Aufgaben zu lösen, sind Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (ebd., S. 185). Dieses Aufgabenformat war zunächst besonders im Mathematikunterricht vertreten und wurde erst später erstmals von Josef Leisen (1999) auf die anderen naturwissenschaftlichen Fächer übertragen. Weiterentwickelt und empirisch untersucht wurde dieses Aufgabenformat unter anderem im Rahmen des Deutschen Forschungsprojekts (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 66).

6.1 Beschreibung des Aufgabenformats

Das Aufgabenformat besteht aus einer Aufgabenstellung, die in einen für die Schülerinnen und Schüler interessanten und alltäglichen Kontext eingebettet wird, und aus den Lernhilfen, die Unterstützung beim Lösen der Aufgabe liefern sollen (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 66). Bei dem Kontext der Aufgabenstellung handelt es sich um ein bekanntes, realitätsnahes Phänomen, welches zugleich bedeutsam für die Schülerinnen und Schüler ist (Franke-Braun 2008, S. 71). Die Aufgabenstellung an sich beinhaltet eine konkrete Fragestellung zum beschriebenen Kontext, welche auf das zugrundeliegende naturwissenschaftliche Konzept oder Prinzip hindeutet. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Problemstellung der Aufgabe selbst herausarbeiten und ihr bereits gelerntes Wissen anwenden und reorganisieren (Stäudel 2010, S. 2). Des Weiteren soll die Aufgabenstellung eine hohe Komplexität und einen hohen kognitiven Anspruch aufweisen, der sich am Niveau der Leistungsstärkeren orientieren soll. Um die Problemstellung der Aufgabe zu lösen, sollen die Schülerinnen und Schüler entweder ein Experiment entwickeln, einen Sachverhalt erklären, Berechnungen durchführen oder Modellierungen anfertigen (Franke-Braun 2008, S. 71).

Die gestuften Lernhilfen sollen Unterstützung beim Lösen der Aufgabe liefern. Jede einzelne Lernhilfe besteht aus einer Handlungsaufforderung oder einer Frage und der zugehörigen Antwort oder Erläuterung. Um die Lernhilfen abstuftend gestalten zu können, sollte darauf geachtet werden, dass zur Lösung der Aufgabenstellung mehrere aufeinander folgende Lösungsschritte nötig sind (Hänze, Schmidt & Stäudel 2010, S. 67). Bei den Lernhilfen wird zudem zwischen inhaltlichen und lernstrategischen Hilfen unterschieden. Die inhaltlichen Lernhilfen sollen das Vorwissen aktivieren und die dazugehörigen Antworten sollen Wissenslücken schließen. Die lernstrategischen Lernhilfen sollen dabei helfen, das Problem richtig zu erfassen und zu strukturieren. Zudem sollen Unterziele formuliert und sich über den Bearbeitungsstand vergewissert werden können (Stäudel 2010, S. 3). So wird häufig eine Wiedergabe der Aufgabenstellung in eigenen Worten als erste Lernhilfe gefordert, da das Verständnis der Aufgabenstellung eine Grundlage für die Bearbeitung der Aufgabe darstellt. Andere Beispiele für lernstrategische Lernhilfen sind das Hinweisen auf wichtige Textstellen oder die Nutzung von Hilfsmitteln. Die letzte Lernhilfe beinhaltet meist eine Musterlösung, mit der die Schülerinnen und Schüler ihre Bearbeitung und Lösung überprüfen können (Franke-Braun 2008, S. 72 f.).

Bei der Vorbereitung der Hilfen muss von der Lehrperson darauf geachtet werden, dass die Hilfen auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aufbauen. Dabei sollen auch gewisse Bearbeitungsschwierigkeiten antizipiert werden. Bei der Konzeption der Lernhilfen ist zudem zu berücksichtigen, dass diese Lern- und Problemlösestrategien darstellen, die folgende Funktionen erfüllen können: Paraphrasierung der Aufgabenstellung, Fokussierung auf wichtige Textstellen, Elaboration von Unterzielen, Aktivierung von Vorwissen, Visualisierung des bereits Erarbeiteten und die Verifizierung der Problemstellung (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 67; Franke-Braun 2008, S. 73). Zudem sollte die Anzahl der Lernhilfen fünf bis sieben nicht überschreiten, um die Aufgabenstellung und dessen Bearbeitung nicht allzu sehr zu verkomplizieren. Ursprünglich war der Einsatz von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen in Gruppenarbeit gedacht, doch es lässt sich auch in Einzel- und Partnerarbeit umsetzen (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 68). Werden Aufgaben mit gestuften Lernhilfen nach einer Einführung eines

neuen Themas eingesetzt, ist der Schwierigkeitsgrad der Aufgabenstellung vermutlich noch nicht so hoch und sollte daher eher in Einzelarbeit bearbeitet werden. Bei einem Einsatz als Abschluss einer Unterrichtseinheit oder als Klausurvorbereitung sollte die Aufgabenstellung anspruchsvoller sein und bevorzugt in Partner- oder Gruppenarbeit gelöst werden, um einen größeren Lerneffekt zu generieren (Hepp 2010, S. 39 f.). Eine Anleitung zur Benutzung der Lernhilfen ist bei Stäudel (2010, S. 5) einzusehen und kann den Schülerinnen und Schülern beim ersten Einsatz zur Information gegeben werden.

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen bieten auch Möglichkeit zur Diagnose. Einerseits kann die Lehrperson während der Aufgabenbearbeitung beobachten, an welcher Stelle und wie viele Lernhilfen von den Lernenden genutzt worden sind, andererseits kann im Anschluss an die Bearbeitungsphase ein Reflexionsgespräch mit der Lerngruppe stattfinden, in welchem die Lernenden rückblickend nachvollziehen können, welche Lernstrategien ihnen beim Lösungsweg geholfen haben oder an welchen Stellen Wissenslücken aufgetreten sind, die ausgeglichen werden sollten (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 66).

6.2 Wirkungseffekte gestufter Lernhilfen

Aufgaben mit gestuften Lernhilfen tragen in vielerlei Hinsicht zur Lernförderung bei. So bietet der Einsatz dieses Aufgabenformats die Möglichkeit, sich an die unterschiedlichen Lernausgangslagen der Schülerinnen und Schüler anzupassen, wie Franke-Braun (2008) beschreibt:

„Dadurch, dass die Schülerinnen und Schüler über Zeitpunkt und Ausmaß der Nutzung der ihnen angebotenen Lernhilfen entscheiden, können sie den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe selbst bestimmen und ihrem individuellen Leistungs- und Motivationsstand anpassen.“
(Franke-Braun 2008, S. 73)

Durch das Aufgabenformat werden also die Grundbedürfnisse nach Autonomie- und Kompetenzerleben laut der Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1993) angesprochen. Je nach Leistungsstand können die Lernenden selbst bzw. autonom entscheiden, ob sie zusätzliche Hilfe benötigen

oder nicht, und können somit die Bearbeitung der Aufgabe eigenständig an den eigenen Lernstand anpassen. Kompetenz erleben sie dahingehend, dass sie sich fähig fühlen, die Aufgabe selbst zu bewältigen. Die Lernhilfen bieten Unterstützung, wenn die Aufgabe zu komplex ist oder die Lernenden nicht mehr weiterkommen, vermindern dadurch ein Gefühl der Frustration und fördern stattdessen das Kompetenzerleben. Das Autonomie- und Kompetenzerleben führt schließlich zu einer Steigerung der intrinsischen Motivation (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 71). Ein größeres Kompetenzerleben konnten Franke-Braun et al. (2008) empirisch belegen. So fühlten sich die Teilnehmenden der Studie durch die gestuften Lernhilfen befähigter, die geforderten Inhalte der Aufgabe zu verstehen und somit lösen zu können. Auch eine stärker wahrgenommene soziale Eingebundenheit, ein weiteres Grundbedürfnis nach Deci & Ryan, konnte in der Studie ausgemacht werden (ebd., S. 37).

Da die Schülerinnen und Schüler den Zeitpunkt und die Quantität der Nutzung der Lernhilfen an ihre Lernausgangslage anpassen können, findet bei dem Aufgabenformat zudem das Prinzip der adaptiven Instruktion nach Weinert (1996) statt. Dass die Lernenden die Lernhilfen dann nutzen, wenn sie diese benötigen, entspricht dem Ansatz von Renkl (2001, S. 45), dass instruktionale Erklärungen nur dann nötig sind, wenn sie vom Lernenden gebraucht werden. Die Anpassung der Instruktionen an die jeweiligen Lernstände wirkt ebenfalls motivationsfördernd (Franke-Braun 2008, S. 74).

Generell konnte eine Wirksamkeit auf die Lernleistung, das Lernerleben und das Kommunikationsverhalten durch den Einsatz von Aufgaben mit gestuften Lernhilfen empirisch belegt werden (Franke-Braun et al. 2008, S. 40). Bei einem Vergleich von Einzel- und Partnerarbeit konnte aufgezeigt werden, dass beide Formen gleichermaßen lernwirksam sind. In kooperativer Lernform konnte herausgefunden werden, dass beim Einsatz gestufter Lernhilfen im Gegensatz zum Arbeiten mit nur einem Lösungsbeispiel ein regerer und sachbezogener Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern stattfindet (ebd., S. 36 f.). Außerdem können Aufgaben mit gestuften Lernhilfen selbstständiges Lernen von Schülerinnen und Schülern fördern (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 64). Wie schon beschrieben, können die Lernenden ihren Lernprozess eigenständig regulieren, indem sie

Lernhilfen nutzen, wenn sie dies für nötig erachten bzw. nicht mehr weiterkommen. Dabei bleibt für eher leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit offen, auch auf die Nutzung von Lernhilfen zu verzichten und stattdessen selbstständig an Lösungswegen und -strategien zu arbeiten, was wiederum einen leistungsförderlichen Ansporn darstellen kann. Außerdem ist zu erwähnen, dass die Lernhilfen nicht einfach nur eine Musterlösung enthalten, sondern kognitiv aktivierende und an das Vorwissen anknüpfende Hilfestellungen zur Lösung bereitstellen, was sich ebenfalls positiv auf das selbstständige Lernen auswirkt (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 64).

6.3 Einsatz in der Sekundarstufe II

Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel (2010) haben eruiert, inwiefern Aufgaben mit gestuften Lernhilfen eine geeignete Methode für die Sekundarstufe II besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht sind, was folgend ausgeführt wird.

In der gymnasialen Oberstufe können die Schülerinnen und Schüler zwar selbst wählen, welche Naturwissenschaft sie belegen möchten, doch dies bedeutet nicht automatisch, dass dann alle Lernenden auf einem einheitlichen Lern- bzw. Leistungsstand stehen. So herrscht vor allem in Grundkursen eine große Heterogenität vor. Es gibt leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler, die ein hohes Interesse am Fach aufweisen, während andere wenige Vorkenntnisse und kein ausgeprägtes Interesse an Naturwissenschaften haben. Dafür bieten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen eine Möglichkeit, sowohl leistungsstarke als auch -schwache Schülerinnen und Schüler anzusprechen und zu fördern. Die Komplexität und die Kontextualisierung der Aufgabenstellung kann die leistungsstärkeren Lernenden dazu anspornen und motivieren, eigenständig an Lösungswegen naturwissenschaftlicher Probleme zu arbeiten, während die Lernhilfen den eher leistungsschwächeren Lernenden Unterstützung bei der Problemlösung liefern und somit das Kompetenzerleben und die Selbstwirksamkeit dieser fördern (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 65).

Die bereits in Kapitel 6.2 angesprochene Förderung selbstständigen Lernens ist ein bedeutsames Lernziel der Sekundarstufe II. Die Schülerinnen und Schüler

sollen als Vorbereitung auf das Studium bzw. die Berufswelt lernen, selbstständig arbeiten zu können (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 4). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen können dahingehend dazu beitragen, dass auch leistungsschwächeren Lernenden mit Hilfe der Lernhilfen eigenständiges Arbeiten bzw. Lernen möglich gemacht wird (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 65).

Auch in Bezug auf selbstreguliertes Lernen kann das Aufgabenformat förderlich wirken. Durch die Kombination aus inhaltlichen und lernstrategischen Lernhilfen wird den Schülerinnen und Schülern ein Bewusstsein für Lernstrategien und den richtigen Einsatz dieser vermittelt. Dies hat einen positiven Einfluss auf die Regulation der Informationsverarbeitungsprozesse und die Regulation des Lernprozesses nach dem Modell von Boekaerts (1999) zu selbstreguliertem Lernen. In Bezug auf die Regulation der Informationsverarbeitungsprozesse lernen die Schülerinnen und Schüler kognitive Strategien wie Wiederholen, Organisieren oder Elaborieren. Bei der Regulation des Lernprozesses spielen metakognitive Strategien wie Planen, Überwachen und Regulieren eine wichtige Rolle (ebd., S. 454). Die Lernhilfen tragen also dazu bei, mögliche Lernstrategien erst einmal kennenzulernen und diese in Zukunft richtig einzusetzen.

6.4 Zusammenfassende Begründung der Methodenwahl

Basierend auf den Ausführungen dieses Kapitels soll die Methodenwahl für das konzipierte Unterrichtsmaterial unter Bezugnahme von Kapitel 3 und 4 zusammenfassend begründet werden.

Genauso wie das ausgewählte Thema sollte auch die Methode auf die Heterogenität der Lerngruppen reagieren und den unterschiedlichen Lernausgangslagen gerecht werden. Wie in Kapitel 6 beschrieben, stellen Aufgaben mit gestuften Lernhilfen eine Methode der inneren Differenzierung dar, die zahlreiche Vorteile mit sich bringt. Genauer gesagt handelt es sich nach Paradies & Linser (2016) um eine didaktische Differenzierung nach Lerntempo, Lernbereitschaft und Lerninteresse. Bei Betrachtung der Struktur des Aufgabenformats (vgl. Kapitel 6.1) fällt auf, dass eine Differenzierung nach Lerntempo dahingehend geschieht, dass die Komplexität und Kontextualisierung der Aufgabenstellung einen hohen Schwierigkeitsgrad

herbeiführt und dadurch die leistungsstärkeren bzw. schneller Lernenden kognitiv fordert, während die Lernhilfen von den leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern als Hilfestellung bei Bearbeitungsschwierigkeiten genutzt werden können. Eine Differenzierung nach Lernbereitschaft und Lerninteresse wird derart umgesetzt, dass bei der Konzipierung der Aufgabenstellung Alltagserfahrungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler einbezogen werden, wodurch Lernende mit wenig Lernbereitschaft motiviert werden können. Zudem sorgen die gestuften Lernhilfen für eine Differenzierung der Aufgaben im Hinblick auf das Anforderungsniveau (Paradies & Linser 2016, S. 29), denn durch die individuell gesteuerte (Nicht-)Nutzung der Lernhilfen können die Lernenden über die Aufgabenschwierigkeit selbst bestimmen. Bezogen auf den Chemieunterricht ist die didaktische Differenzierung nach Paradies & Linser (2016) der Kategorie „Wie wird differenziert?“ des chemiespezifischen Modells der Differenzierungskompetenz nach Groß (2013) zuzuordnen und lässt sich darauf übertragen, da es bei dieser ebenfalls um die didaktische Gestaltung des (Chemie-)Unterrichts geht (vgl. Kapitel 4.2.3). Bei beiden stehen Aspekte wie Interesse, Leistung, Lerntempo oder Motivation im Vordergrund, welche bei der Konzeption von Unterrichtsmaterialien berücksichtigt werden sollen, um an die Lernenden angepasste Lernumgebungen zu schaffen.

Zu den Vorteilen gestufter Lernhilfen zählen unter anderem ein stärkeres Autonomie- und Kompetenzerleben, soziale Eingebundenheit bei Partner- oder Gruppenarbeit und Selbstbestimmung im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad durch das Prinzip der adaptiven Instruktion nach Weinert (1996) (vgl. Kapitel 6.2). Der Einsatz gestufter Lernhilfen bietet aber auch für die Sekundarstufe II besondere Chancen. Die in der Einführungsphase stark ausgeprägte Heterogenität kann dadurch aufgefangen werden, dass sowohl Leistungsstarke als auch -schwache gleichermaßen gefordert bzw. gefördert werden. Beiden werden ein verstärktes Erleben von Kompetenz und Selbstwirksamkeit ermöglicht, was wiederum einen positiven Einfluss auf das Fähigkeitsselbstkonzept hat. Diese Förderung eines positiven Fähigkeitsselbstkonzepts durch den Einsatz gestufter Lernhilfen sorgt schließlich für ein erfolgreicherer Lernen und eine höhere Lernmotivation insgesamt. Auch die Förderung des selbstständigen Lernens stellt einen

zentralen Vorteil gestufter Lernhilfen dar. Ebenso wird selbstreguliertes Lernen dadurch angeregt, dass die Lernenden Lernstrategien zur Regulation der Informationsverarbeitung und des Lernprozesses kennenlernen und den gezielten Einsatz dieser üben können. Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel (2010) sprechen sogar davon, dass diese Methode für einen Ausgleich der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen besonders in der Einführungsphase sorgen kann (ebd., S. 72), was im hohen Maße für die getroffene Methodenwahl der Aufgaben mit gestuften Lernhilfen spricht und diese somit begründet.

7. Konzeption des differenzierenden Unterrichtsmaterials

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es aufgrund der besonders in der Einführungsphase vorherrschenden Heterogenität der Lerngruppen Unterrichtsmaterial für den Chemieunterricht zu konzipieren, welches die Möglichkeit zur Differenzierung und somit zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Lernausgangslagen der Lernenden bietet. Die Themen- und Methodenwahl wurde bereits ausführlich begründet (vgl. Kapitel 5.4 und 6.4). Bevor das konzipierte Material vorgestellt wird, sollen Vorbemerkungen zum Einsatz des Materials sowie einführende Worte zur Thematik der jeweiligen Aufgaben formuliert werden.

7.1 Vorbemerkungen zum Einsatz des Materials

Das konzipierte Material umfasst zwei Aufgabenstellungen mit jeweils dazugehörigen gestuften Lernhilfen. Es wurde bewusst keine gesamte Unterrichtseinheit konzipiert, damit eine Anpassung an die jeweiligen Lerngruppen möglich bleibt. Stattdessen sollen einzelne Ideen aufgezeigt werden, die Teil eines Differenzierungsbaukastens sein können. Für differenzierten Unterricht sollten sich Lehrkräfte ein Repertoire an verschiedenen Differenzierungsmöglichkeiten zusammenstellen, um eine gezielte Anpassung an die jeweilige Lerngruppe schaffen zu können. Daraus folgt, dass das im Rahmen der vorliegenden Arbeit konzipierte Material als mögliche Variante der Differenzierung im Unterricht dann, wenn es nötig und

passend ist, eingesetzt werden kann. Warum nur zwei Aufgaben konzipiert wurden, liegt daran, dass Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel (2010) die Erfahrung gemacht haben, dass der Einsatz von vier bis fünf Aufgaben mit gestuften Lernhilfen pro Halbjahr am effektivsten ist (ebd., S. 69). Da das gewählte Thema der Redoxreaktionen eins von mehreren festgelegten Themen im ersten Halbjahr der Einführungsphase ist, wurden nur zwei Aufgaben konzipiert, um die Möglichkeit offen zu halten, gestufte Lernhilfen auch bei den anderen Themen einsetzen zu können.

Die konzipierten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen sollen in Partnerarbeit bearbeitet werden, um kooperatives Lernen und somit das Gefühl von sozialer Eingebundenheit zu ermöglichen. Je nach Lerngruppe kann aber auch einzeln oder in Gruppen gearbeitet werden.

Bei der Konzeption der Aufgaben wurde darauf geachtet, dass die in der Aufgabe behandelten Inhalte und Problemstellungen an die möglichen Fehlvorstellungen zu Redoxreaktionen anknüpfen und darauf abzielen, diese zu korrigieren bzw. einen vorher stattgefundenen „conceptual change“ zu festigen. Aus Kapitel 5.2 ist ersichtlich, dass Fehlvorstellungen besonders beim erweiterten Redoxbegriff und bei der Elektrochemie auftreten, weswegen diese Themengebiete bei der Aufgabenkonzeption insbesondere im Vordergrund standen.

7.2 Erste Aufgabenstellung: „Kupfergewinnung – leicht erklärt?“

Die erste konzipierte Aufgabe mit gestuften Lernhilfen thematisiert die Kupfergewinnung mittels Zementation. Die Schülerinnen und Schüler sollen die bei der Zementation ablaufenden chemischen Vorgänge auf der Teilchenebene unter Angabe von Reaktionsgleichungen erklären. Grundlage dafür stellt ein kurzer Informationstext zur praktischen Vorgehensweise der Zementation dar. Bei der Aufgabenbearbeitung soll den Lernenden bewusst gemacht werden, dass es sich bei Redoxreaktionen um Elektronenübertragungsreaktionen handelt. Zudem soll Fehlvorstellungen bzw. Vermischungen von der Sauerstoff- und Elektronenübertragungsdefinition entgegengewirkt werden.

Bei der Zementation handelt sich um eine Fällungsreaktion eines Metalls aus einer Metalllösung. Dies ist laut dem hessischen Kerncurriculum zu Beginn der

Einführungsphase nach der Wiederholung der Inhalte aus der Sekundarstufe I wie Ionen, Atombau und erweiterter Redoxbegriff im Unterricht zu verorten (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 27 f.). Um präventiv Fehlvorstellungen vorzubeugen, sollte hierbei kein Rückbezug zur Sauerstoffdefinition von Redoxreaktionen stattfinden. Da wie in Kapitel 5.2 beschrieben Fehlvorstellungen häufig aus der im Anfangsunterricht eingeführten Sauerstoffdefinition resultieren, soll durch den Einsatz dieser Aufgabe der Fokus auf den erweiterten Redoxbegriff gelenkt werden. Dadurch, dass bei der Zementation kein Sauerstoff beteiligt ist, wird den Lernenden verdeutlicht, dass es sich bei Redoxreaktionen nicht immer um Sauerstoffübertragungen handelt. Dies soll auch dahingehend Wirkung zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler nicht mehr dazu neigen, die Sauerstoff- und Elektronenübertragungsdefinition zu vermischen. Stattdessen sollen Redoxreaktionen von den Lernenden als Elektronenübertragungen verstanden werden. Eventuell kann die Aufgabe auch nachträglich bzw. vertiefend einen Konzeptwechsel bei den Schülerinnen und Schülern auslösen. Die Erklärung der chemischen Vorgänge soll auf der Teilchenebene stattfinden, was dazu beitragen soll, dass die Lernenden Auswertungen und Deutungen nicht auf der Stoffebene, sondern Teilchenebene erklären und nicht mehr zu Vermischungen beider Ebenen neigen.

Bei der Zementation wird aus Kupfererzen elementares Kupfer gewonnen. Dazu werden die Kupfererze zunächst in Schwefelsäure ausgelaugt, wobei Cu^{2+} -Ionen herausgelöst werden. In diese Kupfersulfat-Lösung wird elementares Eisen beispielsweise in Form von Eisenschrott hinzugegeben. Dabei findet eine Redoxreaktion statt. Die Cu^{2+} -Ionen werden zu Kupfer-Atomen reduziert und die Eisen-Atome zu Fe^{2+} -Ionen oxidiert. Auf dem Eisenschrott lagert sich elementares Kupfer ab, was an der rot-bräunlichen Schicht auf dem Eisen zu erkennen ist.

Bevor die Aufgabe im Unterricht eingesetzt werden kann, sollten die Schülerinnen und Schüler Kenntnisse über Ionen und das Bohrsche Atommodell haben. Außerdem sollte der erweiterte Redoxbegriff bekannt sein. Entweder wird dieser aus dem Mittelstufenwissen wiederaufgegriffen oder neu eingeführt. Um die Aufgabe adäquat lösen zu können, sollte auch das

Aufstellen von Redoxgleichungen und Bestimmen von Oxidationszahlen bereits im Unterricht behandelt worden sein.

Eine besondere Chance stellt die Aufgabe dahingehend dar, dass diese am Stolperstein des Definitionswechsels der Redoxreaktion anknüpft. Die Beschäftigung mit der Zementation soll schließlich als Vertiefung des erweiterten Redoxbegriffs dienen, Fehlvorstellungen entgegenwirken und eventuell noch vorhandene Fehlvorstellungen korrigieren.

7.2.1 Material 1: Aufgabe mit gestuften Lernhilfen

Kupfergewinnung – leicht erklärt?

Kupfer begegnet uns ständig im Alltag: sei es in elektrischen Geräten wie Handys, Computern oder Telefonkabeln, sei es Kupferbesteck in der Küche oder seien es die Kupfermünzen im Geldbeutel. Doch wie kann das viel verwendete Kupfer gewonnen werden?

Eine Möglichkeit der Gewinnung von Kupfer ist die sogenannte Zementation. Diese ist nicht nur weniger aufwendig, sondern auch umweltschonender als andere Verfahren. Bei der Zementation werden Kupfererze zunächst mit Hilfe von Schwefelsäure ausgelaugt. Dabei lösen sich Cu^{2+} -Ionen in der Schwefelsäure. Anschließend wird diese Kupfer(II)-sulfat-Lösung mit Eisenschrott versetzt. Hierbei fällt elementares Kupfer aus, das in einem weiteren Schritt gereinigt wird.

(Quelle: Blume & Bader (1990))

Aufgabe:

Die praktische Vorgehensweise bei der Zementation ist euch nun bekannt. Doch was passiert aus chemischer Sicht? Erklärt die chemischen Vorgänge auf der Teilchenebene, indem ihr auch Reaktionsgleichungen formuliert.

(Eigene Anfertigung).

<p>Hilfe 1 Formuliert die Aufgabe noch einmal in eigenen Worten und klärt gemeinsam, was euch noch unklar ist.</p>	<p>Antwort 1 Wir sollen die chemischen Vorgänge, die bei der Zementation ablaufen, auf der Teilchenebene erklären. Dabei sollen wir auch Reaktionsgleichungen aufschreiben.</p>
<p>Hilfe 2 Lest im Text nochmals nach, welche Stoffe im Text erwähnt werden, und notiert diese.</p>	<p>Antwort 2 Im Text werden folgende Stoffe erwähnt: Kupfererze, Schwefelsäure, Kupfer(II)-sulfat-Lösung, Eisen(schrott), elementares Kupfer</p>
<p>Hilfe 3 Benennt die Edukte und Produkte. Überprüft, ob euch etwas auffällt. Überlegt dabei auch, welche Rolle die Schwefelsäure spielt.</p>	<p>Antwort 3 Die Edukte sind die Cu^{2+}-Ionen und Eisen. Man weiß, dass aus den Cu^{2+}-Ionen elementares Kupfer entsteht, aber was aus dem elementaren Eisen wird, ist noch unbekannt. Die Schwefelsäure ist nicht an der Reaktion beteiligt, sondern dient lediglich dazu, die Cu^{2+}-Ionen aus dem Kupfererz zu lösen.</p>
<p>Hilfe 4 Man weiß also, dass aus den Cu^{2+}-Ionen elementares Kupfer entsteht. Erklärt, was dabei chemisch passiert.</p>	<p>Antwort 4 Die Cu^{2+}-Ionen nehmen zwei Elektronen auf, wodurch neutrale Kupfer-Atome (also elementares Kupfer) entstehen. Hierbei handelt es sich um eine Reduktion.</p>
<p>Hilfe 5 Die Cu^{2+}-Ionen werden also reduziert. Doch woher kommen die aufgenommenen Elektronen? Bezieht das elementare Eisen in eure Überlegungen ein. Beim elementaren Eisen war ja noch unklar, was daraus entsteht.</p>	<p>Antwort 5 Die neutralen Eisen-Atome geben zwei Elektronen ab und reagieren zu Fe^{2+}-Ionen. Hierbei findet also eine Oxidation statt. Wenn die Cu^{2+}-Ionen reduziert und die Eisen-Atome oxidiert werden, läuft insgesamt eine Redoxreaktion ab.</p>
<p>Hilfe 6 Es findet also eine Redoxreaktion statt. Formuliert nun die Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion sowie die Gesamtgleichung der Redoxreaktion.</p>	<p>Antwort 6 Oxidation: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$ Reduktion: $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ ----- Redoxreaktion: $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$</p>

<p>Hilfe 7</p> <p>Nun habt ihr alle Informationen, um die chemischen Vorgänge bei der Zementation auf der Teilchenebene erklären zu können. Fasst eure Erklärung schriftlich zusammen und vergesst die Formulierung der Reaktionsgleichungen dabei nicht.</p>	<p>Antwort 7</p> <p>Bei der Zementation findet eine Redoxreaktion statt. Die Cu^{2+}-Ionen werden zu Kupfer-Atomen reduziert und die Eisen-Atome werden zu Fe^{2+}-Ionen oxidiert.</p> <p>Oxidation: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2 \text{e}^-$ Reduktion: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$</p> <hr/> <p>Redoxreaktion: $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} \rightarrow \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$</p> <p>Die Schwefelsäure ist an der Reaktion nicht beteiligt, sondern dient lediglich dazu, die Cu^{2+}-Ionen aus dem Kupfererz zu lösen.</p>
--	---

(Eigene Anfertigung).

7.2.2 Erläuterungen zu den Lernhilfen

Die erste Lernhilfe agiert als Aufforderung zur Paraphrasierung, d.h. die Lernenden sollen die Aufgabenstellung in eigenen Worten wiedergeben. Die dazugehörige Antwort liefert keine weiteren Informationen, die nicht schon aus der Aufgabenstellung zu entnehmen sind. In der Antwort wird die Aufgabenstellung also lediglich noch einmal in anderen Worten formuliert.

Die zweite Lernhilfe ist eine lernstrategische Hilfestellung und fordert die Lernenden dazu auf, sich auf den Informationstext zu fokussieren. Dabei sollen diese die Edukte und Produkte aus dem Text heraussuchen. In der Antwort zur zweiten Lernhilfe werden alle im Text genannten Stoffe zusammenfassend aufgezählt.

Mit der dritten Lernhilfe wird einerseits eine Fokussierung darauf gefordert, was aus dem elementaren Eisen entsteht. Andererseits soll in Form einer Elaboration eines Unterziels überlegt werden, welche Rolle die Schwefelsäure bei der Reaktion spielt. Bei der Formulierung der Antwort fällt auf, dass aus dem Text nicht ersichtlich wird, was aus dem elementaren Eisen wird. Deshalb muss im weiteren Verlauf darüber nachgedacht werden. Für das Unterziel, welche Rolle die Schwefelsäure spielt, kann aus dem Text entnommen werden, dass diese nicht an der Reaktion beteiligt ist, sondern lediglich dazu da ist, die Cu^{2+} -Ionen aus dem Kupfererz herauszulösen.

Die vierte Lernhilfe stellt eine inhaltliche Hilfestellung dar, bei der das Vorwissen der Lernenden aktiviert wird. Aus dem Vorwissen bezüglich des erweiterten Redoxbegriffs soll erkannt werden, dass die Cu^{2+} -Ionen zwei Elektronen aufnehmen und es sich deshalb hierbei um eine Reduktion handelt, was in der Antwort beschrieben wird.

Mit der fünften Lernhilfe wird zur Fokussierung auf das Eisen aufgefordert. Denn aus dem Informationstext ist nicht ersichtlich, was aus dem elementaren Eisen entsteht. In der Antwort wird schließlich deutlich, dass die von den Cu^{2+} -Ionen aufgenommenen Elektronen vom elementaren Eisen abgegeben wurden, weshalb nun Fe^{2+} -Ionen vorliegen. Zudem wird in der Antwort genannt, dass eine Oxidation sowie Reduktion und daher eine Redoxreaktion stattfindet.

In der sechsten Lernhilfe ist ein inhaltlicher Impuls enthalten, mit dem an das Vorwissen bezüglich des Aufstellens von Redoxgleichungen angeknüpft werden soll. In der Antwort sind die Teilgleichungen zur Oxidation und Reduktion sowie die Gesamtgleichung der Redoxreaktion abgebildet.

Mit der siebten Lernhilfe wird dazu aufgefordert, alle Lösungsschritte zusammenzufassen und die Redoxgleichung schriftlich festzuhalten. Die dazugehörige Antwort stellt die Musterlösung dar und dient zur Verifizierung der Überlegungen der Lernenden.

7.2.3 Variationen und Ergänzungen

Um das Anforderungsniveau an die Leistungsstärke der jeweiligen Lerngruppe anzupassen, kann die Aufgabenschwierigkeit dadurch vereinfacht werden, dass in der Aufgabenstellung bzw. dem Informationstext ergänzt wird, dass aus dem elementaren Eisen Fe^{2+} -Ionen werden. Die Komplexität der Aufgabe kann aber auch erhöht werden, indem Informationen wie zum Beispiel, dass die Schwefelsäure dazu da ist, um die Kupferionen herauszulösen, weggelassen werden. Auf die sechste Lernhilfe kann in leistungstärkeren Lerngruppen verzichtet werden, da diese fast die komplette Lösung enthält, die in der siebten Lernhilfe nur durch Beschreibungen der chemischen Vorgänge ergänzt wird.

Um eine visuelle Vorstellung von den chemischen Vorgängen bei der Zementation zu erhalten, sollte in jedem Fall ein Experiment dazu durchgeführt werden. Eine Versuchsvorschrift zur Zementation liefert Barke (2006, S. 242 f.). Aufgrund der geringen Schwierigkeit der Durchführung des

Experiments bietet es sich an, es als Schülerexperiment im Anschluss an die Bearbeitung der Aufgabe im Unterricht einzubauen.

Weiterführend kann nach Einführung der Redoxreihe ein Rückbezug zur Zementation stattfinden, bei dem die chemischen Vorgänge vertiefend mit Hilfe der Redoxreihe erklärt werden.

7.3 Zweite Aufgabenstellung: „Wasserstoff – Energieträger der Zukunft“

In der zweiten konzipierten Aufgabe mit gestuften Lernhilfen geht es um die Wasserstoffgewinnung durch die Elektrolyse von Wasser. Dazu soll von den Lernenden basierend auf ihren Vorkenntnissen zur Elektrolyse eine Versuchsvorschrift entwickelt werden. Die Elektrolyse gehört zum Themengebiet der Elektrochemie, welches mit gewissen Schülerschwierigkeiten einhergeht. Wie schon in Kapitel 5.2 erläutert, baut die Elektrochemie auf den Kenntnissen zu Redoxreaktionen auf. Dabei stellen Inhalte wie Ionen und der erweiterte Redoxbegriff eine bedeutende Voraussetzung für das Verständnis dar. Zusätzlich kommen physikalische Konzepte wie Spannung und Strom erschwerend hinzu. Daher wurde anknüpfend an diese Schwierigkeiten eine Aufgabe zum Thema Elektrolyse konzipiert, mit der Fehlvorstellungen oder Verständnisschwierigkeiten behoben bzw. minimiert werden sollen. Der Einsatz der konzipierten Aufgabe mit gestuften Lernhilfen kann eine Wiederholung bzw. Vertiefung des bereits behandelten Themas Elektrolyse darstellen und somit bei den (leistungsschwächeren) Lernenden zu einem besseren Verständnis beitragen. Die Leistungsstärkeren werden dagegen dadurch angesprochen, dass das Thema Elektrolyse in einen komplexen chemischen Zusammenhang integriert wird. Zusätzlich unterstützend, aber auch motivierend wirkt dabei die Einbettung in den alltagsrelevanten Kontext der Energieversorgung. Zudem stellt die Wasserstoffgewinnung einen gesellschaftsrelevanten Inhalt dar, der das Interesse der Schülerinnen und Schüler zunehmend wecken könnte.

Für die Bearbeitung der Aufgabe sind die grundlegenden Kenntnisse zu Redoxreaktionen nötig. Außerdem sollten elektrochemische Zellen wie das galvanische Element, die Brennstoffzelle oder Akkumulatorzellen besprochen worden sein. Aber in jedem Fall sollten die Grundlagen zur Elektrolyse im

Unterricht bereits behandelt worden sein. Dazu zählt der allgemeine Aufbau einer Elektrolysezelle aus Elektroden, Spannungsquelle und Elektrolytlösung sowie die ablaufenden chemischen Vorgänge.

Chemisch gesehen läuft bei einer Elektrolyse eine Redoxreaktion ab, die durch eine Zufuhr von elektrischer Energie hervorgerufen wird. Dabei werden in eine Elektrolytlösung zwei Elektroden getaucht, die mit den Polen einer Gleichspannungsquelle leitend verbunden sind. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung wandern die Ionen einer Salzlösung je nach Ionenladung zum Pol mit entgegengesetzter Ladung. Die Elektrode, die mit dem Pluspol verbunden ist, stellt die Anode dar, an der ein Elektronenmangel vorherrscht. Die negativ geladenen Anionen wandern also zur positiv geladenen Anode. Hier findet eine Oxidation der Anionen statt. Die Elektrode, die mit dem Minuspol verbunden ist, ist die Kathode, an der ein Elektronenüberschuss vorherrscht. Die positiv geladenen Kationen wandern zur negativ geladenen Kathode. Es findet eine Reduktion der Kationen statt (Mortimer & Müller 2015, S. 339 f.).

Das Vorwissen zu Aufbau und Funktionsweise einer Elektrolysezelle sollen die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der konzipierten Aufgabe mit gestuften Lernhilfen auf das konkrete Beispiel der Wasserelektrolyse zur Gewinnung von Wasserstoff anwenden und eine Versuchsvorschrift ausarbeiten, die die benötigten Chemikalien und Geräte sowie die Durchführung und den Versuchsaufbau enthält. Da neben der Versuchsvorschrift auch Nachweisreaktionen der Produkte Wasserstoff und Sauerstoff angegeben werden sollen, sollten die Knallgas- und Glimmspanprobe den Schülerinnen und Schülern bekannt sein.

Die zweite konzipierte Aufgabe birgt also dahingehend großes Potenzial, dass sich diese an den Schülerschwierigkeiten zum Thema Elektrochemie orientiert. Beim Bearbeitungsprozess bzw. Lösungsvorgang der Aufgabe können Wissenslücken geschlossen werden und somit ein besseres Verständnis des elektrochemischen Themas der Elektrolyse geschaffen werden. Außerdem ist der Einsatz dieser Aufgabe dadurch vorteilhaft, dass die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Arbeitstechniken wie der Entwicklung von Experimenten zur Überprüfung bestimmter

Sachverhalte oder Hypothesen sammeln können. Schließlich zählen Experimente zu den grundlegenden Gegenstandsbereichen des Faches Chemie.

7.3.1 Material 2: Aufgabe mit gestuften Lernhilfen

Wasserstoff – Energieträger der Zukunft

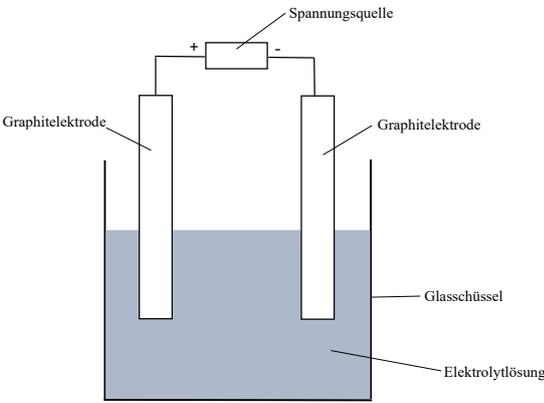
Schon seit Längerem wird Wasserstoff als Energieträger der Zukunft gepriesen, der die gesamte Energieversorgung verändern könnte. Als erneuerbarer Energieträger kann er als Treibstoff im Verkehr oder als Energielieferant zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Bei der Gewinnung von Wasserstoff wird bisher auf fossile Energieträger gesetzt. Doch eine umweltschonendere Methode stellt die Wasserelektrolyse dar, die durch die wachsende Nutzung erneuerbarer Energien zunehmend an Bedeutung gewinnt.

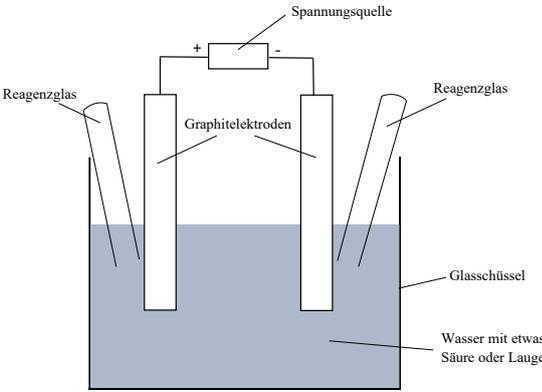
(Quellen: Lindiger (2014), Lossau (2014))

Aufgabe:

Wasserstoff scheint also ein großes Potenzial im Hinblick auf die zukünftige Energieversorgung zu bergen. Doch wie genau sieht die Durchführung der Wasserstoffgewinnung durch Wasserelektrolyse aus? Entwickelt eine Versuchsvorschrift für die Gewinnung von Wasserstoff. Gebt dabei die benötigten Chemikalien und Geräte sowie die Durchführung an und fertigt eine Skizze des Versuchsaufbaus an. Überlegt euch auch, wie die Produkte nachgewiesen werden können.

(Eigene Anfertigung).

<p>Hilfe 1 Erklärt euch die Aufgabe gegenseitig in eigenen Worten. Formuliert dabei, was ihr alles beachten müsst.</p>	<p>Antwort 1 Wir sollen ein Experiment für die Wasserelektrolyse entwickeln. Dazu müssen wir uns die benötigten Chemikalien und Geräte sowie die Durchführung überlegen und den Versuchsaufbau skizzieren. Außerdem sollen wir die Nachweisreaktionen für die Produkte bedenken.</p>
<p>Hilfe 2 Ruft euch in Erinnerung, wie der Versuchsaufbau einer Elektrolyse aussieht. Welche Geräte werden dazu benötigt? Skizziert den allgemeinen Versuchsaufbau.</p>	<p>Antwort 2 Bei einer Elektrolyse werden zwei (Graphit-)Elektroden, eine Spannungsquelle mit Kabeln und ein Behältnis (wie eine Glasschüssel), in welches die Elektrolytlösung gefüllt werden kann, benötigt.</p>  <p>Abb. 2: Versuchsaufbau der Elektrolyse (Eigene Abbildung).</p>
<p>Hilfe 3 Die benötigten Geräte sind nun klar. Überlegt nun, was als Elektrolytlösung verwendet wird. Bedenkt dabei, dass reines Wasser eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist.</p>	<p>Antwort 3 Reines Wasser hat eine geringe Leitfähigkeit und eignet sich daher nicht so gut als Elektrolyt. Durch Zugabe einer Säure oder Lauge kann die Leitfähigkeit erhöht werden.</p>
<p>Hilfe 4 Es ist bekannt, dass das Edukt der ablaufenden Reaktion Wasser ist. Doch was sind die Produkte? Bedenkt, dass ein Produkt bereits im Einleitungstext genannt wird.</p>	<p>Antwort 4 Aus dem Text kann entnommen werden, dass Wasserstoff ein Produkt ist. Per Ausschussverfahren kann dann auf Sauerstoff als zweites Produkt geschlossen werden.</p>
<p>Hilfe 5 Die Produkte sind also Wasserstoff und Sauerstoff. Überlegt, wie diese nachgewiesen werden könnten, und bezieht dies in den Versuchsaufbau ein.</p>	<p>Antwort 5 Sauerstoff lässt sich durch die Glimmspanprobe und Wasserstoff durch die Knallgasprobe nachweisen. Im Versuchsaufbau kann dies umgesetzt werden, indem an den Elektroden die entstehenden Gase jeweils mit einem Reagenzglas aufgefangen werden. Sobald die Reagenzgläser mit Gas gefüllt sind,</p>

	<p>können diese mit dem Daumen verschlossen werden und die entstandenen Gase anschließend mit der jeweiligen Nachweismethode bestätigt werden.</p>
<p>Hilfe 6 Formuliert nun zusammenfassend eure Versuchsvorschrift. Geht dabei darauf ein, welche Chemikalien und Geräte benötigt werden und erklärt die Durchführung der Elektrolyse mit Hilfe einer Skizze des Versuchsaufbaus. Stellt dabei auch dar, wie die Produkte nachgewiesen werden können.</p>	<p>Antwort 6 Als Chemikalien werden Wasser und etwas Säure oder Lauge zur Erhöhung der Leitfähigkeit benötigt. Als Geräte werden zwei Graphitelektroden, eine Spannungsquelle mit Kabeln, eine große Glasschüssel und zwei Reagenzgläser gebraucht. Der Versuchsaufbau ist der folgenden Skizze zu entnehmen:</p>  <p>Abb. 3: Versuchsaufbau mit Gasauffangen (Eigene Abbildung).</p> <p>Durchführung: In eine Glasschüssel wird Wasser gefüllt und etwas Säure oder Lauge hinzugegeben. In das Wasser werden zwei Graphitelektroden getaucht, welche mit Kabeln an die Spannungsquelle verbunden werden. Zwei Reagenzgläser werden in das Wasser getaucht und komplett mit Wasser gefüllt, um die Luft daraus zu verdrängen. Dann werden die Reagenzgläser im Wasser mit der Öffnung nach unten gerichtet. Nach Einschalten der Spannungsquelle werden die entstehenden Gase mit den nach unten gerichteten Reagenzgläsern jeweils an den Elektroden aufgefangen. Die mit Gas gefüllten Reagenzgläser werden mit dem Daumen verschlossen. Nun können die Glimmspanprobe und Knallgasprobe zum Nachweis der Produkte durchgeführt werden.</p>

(Eigene Anfertigung).

7.3.2 Erläuterungen zu den Lernhilfen

Die erste Lernhilfe stellt wie üblich eine Aufforderung zur Paraphrasierung der Aufgabe in eigenen Worten dar. Die dazugehörige Antwort liefert keine neuen Informationen, die Aufgabe wurde nur noch einmal in anderen Worten formuliert.

Die zweite Lernhilfe enthält den inhaltlichen Impuls, dass die Lernenden ihr Vorwissen zum allgemeinen Versuchsaufbau der Elektrolyse aufrufen sollen. Ihr Vorwissen zum Aufbau soll zudem visualisiert werden, indem eine Skizze angefertigt wird. Dies dient dazu, sich zunächst einen Überblick zu verschaffen. Im nächsten Schritt soll das konkrete Beispiel der Wasserelektrolyse darauf angewandt werden. In der Antwort werden die benötigten Geräte wie Elektroden, Spannungsquelle und Elektrolytlösung genannt. Außerdem beinhaltet die Antwort eine Skizze des allgemeinen Versuchsaufbaus.

Mit der dritten Lernhilfe wird darauf aufmerksam gemacht, dass reines Wasser eine geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist. Die Schülerinnen und Schüler werden dazu aufgefordert, ihr Vorwissen zu Elektrolytlösungen zu aktivieren und zu überlegen, wie die Leitfähigkeit von Wasser erhöht werden könnte, damit die Wasserelektrolyse problemlos ablaufen kann. In der Antwort wird beschrieben, dass die Leitfähigkeit von Wasser durch die Zugabe einer Säure oder Lauge erhöht werden kann.

Bei der vierten Lernhilfe handelt es sich um eine lernstrategische Lernhilfe, mit der die Lernenden aufgefordert werden, sich auf den Einleitungstext der Aufgabe zu fokussieren. Denn aus diesem kann entnommen werden, dass Wasserstoff ein Produkt der Wasserelektrolyse ist. Darauf aufbauend sollen die Lernenden das andere Produkt herausfinden. In der Antwort wird geäußert, dass Wasserstoff und Sauerstoff die Produkte der Wasserelektrolyse sind.

Die fünfte Lernhilfe stellt eine inhaltliche Hilfestellung dar, mit der das Vorwissen zu den Nachweisreaktionen von Wasserstoff und Sauerstoff aktiviert werden soll. Zusätzlich sollen die Schülerinnen und Schüler die Durchführung der Nachweisreaktionen in die Versuchsvorschrift einbauen. In der Antwort wird angegeben, dass die Knallgasprobe zum Nachweis von Wasserstoff und die Glimmspanprobe zum Nachweis von Sauerstoff geeignet

ist. Zudem wird beschrieben, wie die Durchführung der Nachweisreaktionen im Versuchsaufbau berücksichtigt werden kann.

Im letzten Schritt soll die Versuchsvorschrift basierend auf den vorherigen Überlegungen zusammenfassend formuliert werden. Die Antwort zur sechsten Lernhilfe beinhaltet die Musterlösung und dient zur Verifizierung der von den Schülerinnen und Schülern angefertigten Lösung.

7.3.3 Variationen und Ergänzungen

Wie bei der ersten konzipierten Aufgabenstellung ist es auch hier möglich, den Schwierigkeitsgrad an die Lerngruppe anzupassen. Zur Vereinfachung der Aufgabe kann im Text zusätzlich genannt werden, dass bei der Wasserelektrolyse Wasserstoff und Sauerstoff als Produkte entstehen. Dann müsste die Lernhilfe 4 dementsprechend umformuliert werden. Ein Vorschlag für die Umformulierung wäre: „Es ist bekannt, dass das Edukt der ablaufenden Reaktion Wasser ist. Doch was sind die Produkte? Informationen dazu liefert euch der Einleitungstext.“ In der Antwort würde dann stehen: „Aus dem Text kann entnommen werden, dass Wasserstoff und Sauerstoff als Produkte entstehen.“ In besonders leistungsschwachen Lerngruppen können zur Vereinfachung die Nachweisreaktionen aus der Aufgabenstellung weggelassen werden. Eine entscheidende Voraussetzung, damit die Nachweisreaktionen in der Aufgabe vorkommen, ist schließlich, dass die Lernenden die Nachweisreaktionen bereits kennen, und dass diese eventuell kurz vorher schon einmal im Unterricht behandelt wurden. Für leistungsstärkere Lernende kann eine weiterführende Extra-Aufgabe zur Überprüfung des Volumenverhältnisses von Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Zusatz-Material eingefügt werden.

In jedem Fall sollte die Wasserelektrolyse aber als Experiment durchgeführt werden. Abhängig vom Leistungsstand der Lerngruppe kann dies in Form eines Demonstrations- oder Schülerexperiments stattfinden. Wenn besonders begabte Schülerinnen und Schüler in der Lerngruppe sind, kann eine/r das Experiment vor der restlichen Lerngruppe vorführen. Die Durchführung des Experiments muss nicht separat nach der Bearbeitung der Aufgabe stattfinden, sondern kann als Variation in Form eines Schülerexperiments auch in die Aufgabenstellung eingebaut werden.

Nach der Versuchsdurchführung sollten auch die chemischen Vorgänge, also die ablaufende Redoxreaktion, näher betrachtet werden. Es sollten also die Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion sowie die Gesamtgleichung der Redoxreaktion aufgestellt werden.

Im Rahmen der konzipierten Lernhilfen wird erwähnt, dass durch Zugabe einer Säure, Lauge oder auch eines Salzes die Leitfähigkeit von Wasser erhöht werden kann. In leistungstärkeren Lerngruppen kann dies in einem nächsten Schritt inhaltlich dahingehend vertieft werden, dass die Redoxreaktion der Wasserelektrolyse im sauren, alkalischen, aber auch neutralen Milieu aufgestellt und näher betrachtet wird. Zudem kann die Autoprotolyse von Wasser als zusätzlicher Input angesprochen werden. Weitere Vertiefung des Themas ist möglich, indem der Einsatz von Katalysatoren zur Verringerung der Überspannung von Sauerstoff behandelt wird. Dazu kann auch der aktuelle Forschungsstand zur Entwicklung effizienter Elektroden sowie zur Nutzung von Solarzellen als Spannungsquelle thematisiert werden. Ebenso kann die Bildung von Ozon und Wasserstoffperoxid als Nebenreaktion der Wasserelektrolyse angesprochen werden. Doch dies ist nur eine Auswahl der möglichen Anknüpfungspunkte zur weiteren Vertiefung, was die zahlreichen Lernchancen dieses Themas noch einmal unterstreicht.

8. Diskussion und Reflexion des konzipierten Materials

Nachdem das konzipierte Material dargestellt und erläutert wurde, soll zunächst diskutiert werden, ob und inwiefern dieses den Anforderungen des Aufgabenformats entspricht (vgl. Kapitel 6.1). Anschließend wird reflektiert, was beim Einsatz des konzipierten Materials zu beachten ist und welche Chancen und Schwierigkeiten auftreten könnten.

8.1 Diskussion des Aufgabenformats

Reflektierend kann über die beiden konzipierten Aufgaben gesagt werden, dass beide eine Aufgabenstellung aufweisen, die in einen komplexen Kontext eingebettet ist. Während die erste Aufgabenstellung die Kupfergewinnung durch Zementation thematisiert, geht es in der zweiten Aufgabenstellung um

die Wasserstoffgewinnung durch Wasserelektrolyse. Beide Themen stellen einen komplexen Zusammenhang dar, der mehrere Unteraspekte beinhaltet. Trotz der Komplexität ist die Problemstellung der Aufgabe nicht prozess- oder ergebnisoffen. Die Problemstellung ist in dem Maße eingegrenzt, dass die Aufgabe ohne inhaltliche Abschweifungen bearbeitet werden kann. Neben der Komplexität weisen beiden Aufgabenstellungen auch einen Alltagsbezug auf und könnten dadurch das Interesse der Lernenden wecken. Die Aufgabe zur Kupfergewinnung ist dahingehend alltagsrelevant, dass Kupfer sowie Kupferverbindungen in vielen Alltagsbereichen wie zum Beispiel in elektrischen Geräten wie Handys, Kabeln und Computern vorkommen, die für die Schülerinnen und Schüler von großer Bedeutung sind. Auch die Wasserstoffgewinnung zeigt dadurch eine große Alltagsrelevanz auf, dass Wasserstoff als alternativer Energielieferant gilt, der durch den wachsenden Ausbau erneuerbarer Energien zunehmend an Bedeutung gewinnt. Die Beschäftigung mit der zukünftigen Energieversorgung durch Wasserstoff erweist sich zudem als gesellschaftsrelevant und bietet den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in den aktuellen Forschungs- und Diskussionsstand. Eine weitere positive Eigenschaft der Aufgabenstellungen ist, dass diese einen solchen Schwierigkeitsgrad aufweisen, dass mehrere aufeinander folgende Schritte zur Lösung des Problems nötig sind, was dem sequenziellen Aufbau der gestuften Lernhilfen förderlich ist. Außerdem steht bei beiden Aufgabenstellungen die Anwendung von bereits erworbenem Wissen statt der Erarbeitung von neuen Inhalten im Vordergrund. Bei der ersten Aufgabenstellung wenden die Lernenden ihr Vorwissen zum erweiterten Redoxbegriff und bei der zweiten Aufgabe zur Elektrolyse an. Als positiv zu verzeichnen ist auch, dass die erste Aufgabenstellung einen theoretischen und die zweite einen eher praktischen Ansatz verfolgt, wodurch eine Abwechslung hinsichtlich der Denkweise hervorgerufen wird. Bei der ersten Aufgabenstellung geht es darum, chemische Vorgänge auf Theorie- bzw. Modellebene zu erklären, während bei der zweiten Aufgabenstellung die Entwicklung eines Experiments im Vordergrund steht. Beide bieten also die Möglichkeiten, sich in die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen hineinzudenken und sich darin auszuprobieren.

Bezüglich der Lernhilfen kann gesagt werden, dass diese grundsätzlich ihren Zweck, den Problemlöseprozess zu unterstützen, erfüllen. Die Struktur und der Inhalt der Aufgabenstellungen tragen zudem dazu bei, dass die Lernhilfen sequenziell aufgebaut werden konnten. Die Kombination aus Aufforderung und Antwort bietet den Lernenden die Möglichkeit zur Selbstkontrolle und zeigt mögliche Lernstrategien auf. Bei Betrachtung der Erläuterungen zu den Lernhilfen der beiden konzipierten Aufgaben fällt auf, dass viele Lernstrategien wie Paraphrasierung, Fokussierung, Elaboration von Unterzielen, Aktivierung von Vorwissen, Visualisierung sowie Verifikation angesprochen werden. Die Schülerinnen und Schüler lernen also zahlreiche Lösungsstrategien für selbstreguliertes und selbstständiges Lernen kennen und können diese für spätere Problemlöseprozesse anwenden. Wie üblich wird bei der ersten Lernhilfe beider Aufgaben jeweils zur Paraphrasierung in eigenen Worten aufgefordert, was eine grundlegende Voraussetzung für die Lösung der Aufgabe darstellt. Denn um eine Aufgabe erfolgreich lösen zu können, ist es notwendig, diese auch wirklich verstanden zu haben. Auch die letzte Lernhilfe beider Aufgaben entspricht dem Musteraufbau gestufter Lernhilfen, da diese eine Musterlösung enthalten und dadurch von den Lernenden zur Selbstkontrolle und Verifizierung der eigenen Lösung genutzt werden können.

8.2 Chancen und Grenzen des Materials

Die grundlegende Zielsetzung des konzipierten Materials war es unter anderem, an Themenbereiche der Redoxreaktionen anzuknüpfen, die mit Fehlvorstellungen bzw. Schülerschwierigkeiten einhergehen. Einen solchen Stolperstein stellt der Definitionswechsel vom einfachen zum erweiterten Redoxbegriff dar, welchen die erste konzipierte Aufgabe aufgreift. Bei der Zementation handelt es sich schließlich um eine Redoxreaktion ohne Sauerstoffbeteiligung, was dazu beiträgt, dass die Lernenden den erweiterten Redoxbegriff als vorrangig ansehen und nicht mehr davon ausgehen, dass bei Redoxreaktionen stets Sauerstoff beteiligt sei, sondern von einer Elektronenübertragung ausgehen. Angelehnt an die Empfehlungen von Barke (2006) sollte bei der Behandlung von Fällungsreaktionen wie der Zementation der Rückbezug zu den Metall-Sauerstoff-Reaktionen vermieden werden, um den Fehlvorstellungen bzw. einer Vermischung beider

Definitionen zusätzlich entgegenzuwirken. Außerdem sollte den Lernenden eine reflektierte Haltung bezüglich der Verwendung des sauerstoffbezogenen Redoxbegriffs vermittelt werden. Es sollte bewusst gemacht werden, dass es sich bei der Sauerstoffdefinition um eine historisch einzuordnende Definition handelt, die vom erweiterten Redoxbegriff aus wissenschaftlicher Sicht überholt wurde (Habelitz-Tkotz & Werner 2015, S. 8). Die Lernenden sollen also erkennen, dass der naturwissenschaftliche Forschungsstand in einem stetigen Wandel ist.

Um die Fällungsreaktion adäquat interpretieren und erklären zu können, sollten die Schülerinnen und Schüler grundsätzlich Fachkenntnisse zu Ionen und dem Bohrschen Atommodell aufweisen. Ebenso ist ein tiefes Verständnis über die Ionen und Elektronenübertragungen grundlegend für das Aufstellen von Redoxgleichungen. Denn auch bei der konzipierten Aufgabe sollen die entsprechenden Teilgleichungen der Oxidation und Reduktion sowie die Gesamtgleichung der Redoxreaktion formuliert werden. Bei der Bearbeitung des konzipierten Materials könnten die Lernenden zu einer Vermischung der Stoff- und Teilchenebene neigen. Deshalb sollte darauf geachtet werden, dass die Lernenden die Stoff- und Teilchenebene nicht miteinander vermischen, sondern eine bewusste Trennung beider vollziehen können und darauf achten, dass Beobachtungen auf der Stoffebene und Interpretationen und Auswertungen auf der Teilchenebene beschrieben werden sollen. So trägt die Bearbeitung der Aufgabe dahingehend dazu bei, dass die Schülerinnen und Schüler anhand der Antworten zu den Lernhilfen bzw. anhand der Musterlösung erkennen, wie die richtige Formulierung lautet, d.h. beispielsweise wann der Begriff Atom oder Ion verwendet werden muss. Den Lernenden soll somit ein Bewusstsein für die richtige Verwendung von Fachsprache geschaffen werden.

Nach Bearbeitung der ersten konzipierten Aufgabe mit gestuften Lernhilfen kann darauf aufbauend inhaltlich zur Fällungs- sowie Redoxreihe und im Anschluss zu den elektrochemischen Spannungsquellen übergegangen werden. Dabei können der Aufbau und die Funktionsweise beispielsweise von galvanischen Zellen, Batterien, Akkumulatoren und/oder Elektrolysezellen besprochen werden (Hessisches Kultusministerium 2016, S. 28). Für den Einsatz der zweiten konzipierten Aufgabe mit gestuften Lernhilfen sollte die

Elektrolyse in jedem Fall bereits in Ansätzen behandelt worden sein. Um die Aufgabe lösen zu können, sollten die Lernenden neben Kenntnissen zum erweiterten Redoxbegriff auch Kenntnisse über den allgemeinen Versuchsaufbau der Elektrolyse haben. Während die erste konzipierte Aufgabe am Stolperstein des Definitionswechsels anknüpft, kann mit der zweiten Aufgabe auf Schwierigkeiten beim Themenbereich der Elektrochemie reagiert werden. Mit Hilfe der Bearbeitung der Aufgabe kann das Wissen zum Versuchsaufbau wiederholt und auch vertieft werden. Leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern ist es möglich, Wissenslücken zu füllen oder das bereits Gelernte für ein besseres Verständnis zu wiederholen. Die eher Leistungsstärkeren können ihr Wissen auf ein konkretes, aus dem Alltag stammendes Problem anwenden und dadurch vertiefen. Beide können mit Hilfe der Aufgabe Selbstwirksamkeit erfahren und gleichermaßen gefördert bzw. gefordert werden.

Im Vorhinein oder auch nach der Entwicklung der Versuchsvorschrift zur Wasserelektrolyse können dann die chemischen Vorgänge in der Elektrolysezelle thematisiert und näher besprochen werden. Wie auch bei der ersten konzipierten Aufgabe sind Fachkenntnisse zu Ionen, dem Bohrschen Atommodell und dem erweiterten Redoxbegriff grundlegend. Bei der Auswertung und Deutung der chemischen Vorgänge bei der Wasserelektrolyse sollte wieder darauf geachtet werden, dass Stoff- und Teilchenebene nicht vermischt werden.

Ein Problem, welches bei der Bearbeitung der Aufgabe auftreten könnte und deshalb zu berücksichtigen ist, ist der Aspekt der Leitfähigkeit von Wasser. Es könnte sogar als Schwachstelle der zweiten konzipierten Aufgabe bezeichnet werden. Denn wenn die Schülerinnen und Schüler nicht selbst anhand ihres Vorwissens darauf kommen können, dass die geringe Leitfähigkeit von reinem Wasser erhöht werden sollte, um eine geeignete Elektrolytlösung vorliegen zu haben, handelt es sich bei der Lernhilfe 3 der zweiten Aufgabe (vgl. S. 64) um eine eingeschleuste Neuinformation, was aber nicht Sinn der Lernhilfen ist und deswegen zu vermeiden ist (Hänze, Schmidt-Weigand & Stäudel 2010, S. 69). Damit keine Einschleusung neuer Informationen stattfindet, sollte zuvor im Unterricht eine Definition von Elektrolytlösungen aufgestellt worden sein, die beinhaltet, dass in Elektrolytlösungen freibewegliche Ionen vorliegen, die den

elektrischen Strom leiten können. Daran anknüpfend können die Lernenden darauf kommen, dass die Leitfähigkeit von reinem Wasser durch Zugabe von Säure oder Lauge erhöht werden kann. Alternativ kann die geringe Leitfähigkeit als ergänzende Information in den Aufgabentext eingefügt werden. Um dieses Problem komplett zu vermeiden, könnte auch aus Gründen der didaktischen Reduktion die geringe Leitfähigkeit von reinem Wasser in der Aufgabe weggelassen werden. Dies muss aber abhängig vom Leistungsstand der Lerngruppe abgewogen werden.

Auch die Nachweisreaktionen könnten eine Schwierigkeit für die Schülerinnen und Schüler darstellen. Zwar könnten die Glimmspan- und Knallgasprobe bekannt sein, allerdings könnte es den Lernenden schwerfallen, diese in den Versuchsaufbau zu integrieren. Deshalb muss auch hier abhängig vom Leistungsstand abgewogen werden, ob die Aufgabenschwierigkeit an die jeweilige Lerngruppe angepasst werden muss.

Wie in Kapitel 7.3.3 beschrieben, bietet die zweite konzipierte Aufgabe auch besonders für leistungsstärkere Lerngruppen viele Anknüpfungspunkte zur weiteren Vertiefung wie die Überspannung von Sauerstoff, die Entwicklung effizienter Elektroden, die Nutzung von Solarzellen oder die Bildung von Ozon und Wasserstoffperoxid. Zusätzlich vorteilhaft ist dabei, dass diese Aspekte eine hohe Alltags- und Gesellschaftsrelevanz aufzeigen und dadurch motivationssteigernd sein können.

Das konzipierte Material bietet auch die Möglichkeit zur Diagnose. Entweder kann die Lehrperson während des Bearbeitungsprozesses beobachten, an welchen Stellen und wie viele Lernhilfen von den Lernenden genutzt werden, oder im Anschluss an den Bearbeitungsprozess ein Reflexionsgespräch initiieren, bei welchem die Schülerinnen und Schüler reflektierend beschreiben und bewerten können, auf welchem Wissens- und Leistungsstand sie stehen, wo sie Wissenslücken hatten, diese aber schließen konnten, oder wo sie noch Förderbedarf haben. Dabei kann auch reflektiert werden, ob die Methode der gestuften Lernhilfen in Bezug auf den Lernprozess hilfreich war oder ob andere Methoden besser geeignet gewesen wären. Auch eine Reflexion der in den Lernhilfen vorgestellten Problemlösungsstrategien bringt Vorteile im Hinblick auf die Selbstregulation von Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler.

9. Fazit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, Unterrichtsmaterial für den Chemieunterricht in der Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe zu konzipieren, da einerseits besonders in der Einführungsphase Unterstützungsbedarf in Bezug auf die wachsende Heterogenität besteht (Klomfaß et al. 2016; Bosse & Kempf 2013) und es andererseits laut Breidenstein et al. (2015) generell an geeignetem Material zur inneren Differenzierung mangelt.

Nachdem die besonders in der Einführungsphase vorherrschende Heterogenität demonstriert wurde, wurde die innere Differenzierung als mögliche Umgangsweise mit dieser Heterogenität dargestellt. Daraufhin wurde ein Bezug zum Fach Chemie hergestellt, indem aufgezeigt wurde, welche Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht bestehen. Basierend auf diesen theoretischen Grundlagen und empirischen Befunden konnte differenzierendes Unterrichtsmaterial konzipiert werden. Das ausgewählte Thema wurde dahingehend geprüft, ob bei dem Thema eine große Heterogenität in der Lerngruppe vorherrscht und dadurch ein Bedarf an Differenzierung resultiert. Da das Thema „Redoxreaktionen“ mit zahlreichen Fehlvorstellungen und Schülerschwierigkeiten verbunden ist, kann dieses zu einer großen Heterogenität in der Lerngruppe führen. Zusätzlich ist das Thema laut dem hessischen Kerncurriculum zu Beginn der Einführungsphase festgelegt, wo generell eine große Heterogenität der Schülerschaft vorliegt, weil diese beim Übergang in die Sekundarstufe II unterschiedliche Lernvoraussetzungen aufweisen (vgl. Kapitel 2.2). Um die Unterschiede zu kompensieren, bietet das Thema der Redoxreaktionen die Möglichkeit, Inhalte aus der Mittelstufe zu wiederholen und die Lernenden somit auf einen einheitlichen Stand für die weitere Schullaufbahn zu bringen. Als Methode des Unterrichtsmaterials wurden Aufgaben mit gestuften Lernhilfen ausgewählt, da diese auf die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen eingehen. Die Struktur der Aufgabenstellung trägt zur Förderung von Leistungsstarken und -schwachen gleichermaßen bei. Die komplexe, kontextualisierte Aufgabenstellung spornt die leistungsstärkeren Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Lösen des Problems an, während den leistungsschwächeren Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit eröffnet wird, Unterstützung in

Form von Lernhilfen zu erhalten, und dadurch ebenso selbstständiges Lernen zu erfahren. Die aus den Lernhilfen entnommenen Problemlösestrategien können die Lernenden für zukünftige Problemlösungen anwenden und tragen somit zu einer Verbesserung des selbstregulierten Lernens bei. Der alltagsnahe Kontext, in den die Aufgabenstellung eingebettet ist, weckt das Interesse und somit die Motivation der Schülerinnen und Schüler. Aber auch die gesellschaftliche Relevanz der in den Aufgaben behandelten Inhalte und dadurch der Nutzen des naturwissenschaftlichen Wissens bei der Lösung von komplexen Problemen wird den Lernenden verdeutlicht (Hahn 2010, S. 33). Neben inhaltlicher bzw. fachspezifischer Vorteile durch die Anknüpfung an die Fehlvorstellungen und Schülerschwierigkeiten tragen die konzipierten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen auch zur Förderung überfachlicher Kompetenzen wie dem selbstständigen Lernen bei.

Die konzipierten Aufgaben mit gestuften Lernhilfen stellen mögliche Bausteine eines umfangreichen Methoden- und Materialienrepertoires dar, die je nach Lerngruppe und Unterrichtszielen in den Chemieunterricht eingebaut werden können. Die Konzeption einer kompletten Unterrichtseinheit wäre nicht im Sinne des Konzepts der inneren Differenzierung gewesen, da für eine optimale Förderung der Schülerinnen und Schüler die methodisch-didaktische Unterrichtsgestaltung schließlich stets an die Lernvoraussetzungen und Interessen der jeweiligen Lerngruppe angepasst werden sollte. Daher sollten die Variationsvorschläge und Ergänzungen berücksichtigt werden, um so für die jeweiligen Lerngruppen geeignete Lernumgebungen zu schaffen. Auch die in der Reflexion angesprochenen Grenzen und möglichen Probleme sind beim Einsatz des konzipierten Materials zu beachten und gegebenenfalls zu antizipieren. Natürlich können je nach Bedarf statt der in den konzipierten Aufgabenstellungen vorgestellten Themenbereiche auch andere Inhalte wie Brennstoffzellen oder Batterien behandelt werden.

Grundsätzlich dient eine vorherige Diagnose der Lernstände dazu, den Unterricht so zu gestalten, dass die Schülerinnen und Schüler optimal gefördert werden können. Schließlich sei laut der Ergebnisse der Interviewstudie von Klomfaß et al. (2016) eine Diagnose essenziell für eine optimale Förderung (ebd., S. 43).

Dem Bedarf an gezielter Unterstützung in der Einführungsphase, der von Bosse und Kempf (2013) erhoben wurde, konnte durch die Konzeption der Unterrichtsmaterialien entgegengekommen werden. Denn dieses stellt einen kleinen Schritt in die richtige Richtung im Umgang mit der wachsenden Heterogenität dar.

In Zukunft sollte also weiterhin die wachsende Heterogenität der Schülerschaft im Unterricht berücksichtigt werden, indem einerseits die Lernstände regelmäßig in Form von Diagnosen ermittelt werden und andererseits Unterrichtsmaterialien konzipiert und geeignete Methoden eingesetzt werden, die an die unterschiedlichen Lernausgangslagen angepasst werden können. Dabei sind neben Aufgaben mit gestuften Lernhilfen auch andere Methoden wie die von Bernard (2010) Aufgelisteten oder die Vielzahl an Differenzierungsmöglichkeiten im Chemieunterricht nach dem Modell von Groß (2013) in den Blick zu nehmen. Den Lehrkräften sollte ein umfassendes Methoden- und Materialienrepertoire für einen adäquaten Umgang mit heterogenen Lerngruppen zur Verfügung stehen, wobei die fachspezifischen Bedingungen stets zu beachten sind. So können die Kurswahlmotive im Fach Chemie und die fachspezifischen Schülerschwierigkeiten Aufschluss über die Gründe der vorherrschenden Heterogenität explizit im Chemieunterricht geben. Neben innerer Differenzierung sollten aber auch andere Ansätze verfolgt werden. So kann der Blick auch auf die äußere Differenzierung gelenkt werden und beispielsweise für die Oberstufe geeignete Organisationsformen wie interessengleiche Lerngruppen etabliert werden (Hahn 2010, S. 34). Außerdem kann der Ansatz der Brückendidaktik nach Klomfaß et al. (2016) als Anregung für weitere Forschung im Hinblick auf die Konzeption alternativer Unterrichtsformen in der gymnasialen Oberstufe und somit als Anlass zur Entwicklung entsprechender Konzepte gesehen werden.

Resümierend kann gesagt werden, dass die vorliegende Arbeit also nicht nur Unterrichtsmaterial zur Differenzierung im Chemieunterricht liefert, sondern auch aufzeigen konnte, dass ein reflektierter Einsatz von Methoden der inneren Differenzierung ein möglicher Weg ist, auf die Heterogenität der Lernenden zu reagieren und mit dieser umzugehen.

10. Verzeichnisse

10.1 Literaturverzeichnis

Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*. Berlin: Logos Verlag.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung (Hrsg.) (2020). *Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. Bielefeld: wbv Media.

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer Verlag.

Barke, H.-D. (2012). Der einfache und erweiterte Redoxbegriff. Schülervorstellungen und deren Prävention im Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 61(4), S. 11-15.

Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis*, 3. Auflage. Berlin: Springer Spektrum.

Bathe, S., Boller, S., Kemper, A. (2010). Innere Differenzierung – auch in der Sekundarstufe II. In: S. Boller, R. Lau (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 14-24.

Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M., Vogt, F. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderung und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Münster: Waxmann.

Becker, H.-J., Stäudel, L. (2010). Chemiedidaktik 2009. *Nachrichten aus der Chemie*, 85(3), S. 362-367.

Bernard, R. (2010). Individuelle Förderung durch innere Differenzierung in der Sekundarstufe II – eine Methodenübersicht. In: S. Boller, R. Lau (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 50-62.

Blume, R., Bader, H. J. (1990). *Umweltchemie im Experiment. Ein praktischer Leitfaden*, 2. Auflage. Frankfurt a.M.: Cornelsen Scriptor.

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research* 31, S. 445-475.

Bönsch, M. (2004). *Intelligente Unterrichtsstrukturen. Eine Einführung in die Differenzierung*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Bönsch, M. (2009). *Erfolgreicheres Lernen durch Differenzierung im Unterricht*. Braunschweig: Westermann.

Boller, S., Möller, M. (2009). Diagnose, Beratung und Förderung am Oberstufen-Kolleg Bielefeld. Welche Unterstützungsangebote brauchen Schüler(innen) mit heterogenen Lernausgangslagen? *Pädagogik*, 61(12), S. 28-31.

Bosse, D. (2003). Differenziertes Lernen bis zum Abitur. Anregungen zum Umgang mit Heterogenität in der gymnasialen Oberstufe. *Pädagogik*, 55(9), S. 25-27.

Bosse, D., Kempf, J. (2013). Der Übergang in die Einführungsphase als Herausforderung für die gymnasiale Oberstufe. In: J. Asdonk, S. U. Kuhnen, P. Bornkessel (Hrsg.). *Von der Schule zur Hochschule. Analysen, Konzeptionen und Gestaltungsperspektiven des Übergangs*. Münster: Waxmann, S. 89-99.

Bräu, K. (2005). Individualisierung des Lernens – Zum Lehrerhandeln bei der Bewältigung eines Balanceproblems. In: K. Bräu, U. Schwerdt (Hrsg.). *Heterogenität als Chance. Vom produktiven Umgang mit Gleichheit und Differenz in der Schule*. Münster: LIT-Verlag, S. 129-149.

Bräu, K., Schwerdt, U. (Hrsg.) (2005). *Heterogenität als Chance. Vom produktiven Umgang mit Gleichheit und Differenz in der Schule*. Münster: LIT-Verlag.

Breidenstein, G., Carle, U., Heinzl, F., Lipowsky, F., Götz, M. (2015). Lernprozessbegleitung und adaptive Lerngelegenheiten im Unterricht der Grundschule – ein wissenschaftliches Streitgespräch. In: K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt, K. Schlotter (Hrsg.). *Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule. Forschungsbezogene Beiträge (Jahrbuch Grundschulforschung)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 47–55.

Brückner, P., Diemer, D., Wacker, A. (1971). *Motivation und Einstellung zum Beruf des Gymnasiallehrers im Fach Mathematik und naturwissenschaftlichen Fächern*. Forschungsbericht, Psychologisches Seminar der TU Hannover.

Busker, M. (2015). Rost und Wärmepflaster. Kontextualisierte Aufgaben zu Redoxreaktionen und Elektrochemie. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 37-40.

Deci, E. L., Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), S. 223-238.

Di Fuccia, D.-S., Stäudel, L. (2011). Diagnostizieren im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 22(124/125), S. 5-8.

Eberle, T., Kuch, H., Track, S. (2014). Differenzierung 2.0. In: M. Eisenmann, T. Grimm (Hrsg.). *Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht*, 3. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 1-36.

Fechner, S., Dettweiler, Y. (2015). Mit Leitungswasser eine Uhr betreiben? Eine alternative Herangehensweise an die Elektrochemie. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 13-17.

Franke-Braun, G. (2008). *Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: Logos Verlag.

Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L., Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen – ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In: Kasseler Forschergruppe (Hrsg.). *Lernumgebungen auf dem Prüfstand. Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten*. Kassel: kassel university press, S. 27-42.

Götz, T., Lohrmann, K., Ganser, B., Haag, L. (2005). Einsatz von Unterrichtsmethoden – Konstanz oder Wandel? *Empirische Pädagogik*, 19(4), S. 342-360.

Groß, K., Reiners, C. S. (2012). Experimente alternativ dokumentieren. Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht, *CHEMKON*, 19(1), S. 13-20.

Groß, K. (2013). *Experimente alternativ dokumentieren. Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Berlin: Logos Verlag.

Groß, K., Reiners, C. S. (2013). Experimente alternativ dokumentieren. Möglichkeiten zur Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht?! In: S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN-Verlag, S. 257-259.

Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen: Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.

Habelitz-Tkotz, W., Werner, E. (2015). Die Redox-Reaktion – ein bekanntes Problemfeld im Chemieunterricht mit hausgemachten Stolpersteinen. Zentrale Fachbegriffe mit unterschiedlicher Bedeutung. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 64(2), S. 5-11.

Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. (2010). Gestufte Lernhilfen. In: S. Boller, R. Lau (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 63-73.

Hahn, S. (2010). Bildungstheoretische Grundlagen einer differenzierenden Didaktik der Oberstufe. In: S. Boller, R. Lau (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 25-36.

Hattie, J. (2009). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.

Heimann, R., Eckert, T. (2012). Verbrennung – Oxidation – Redoxreaktion? Ein Vorschlag zur Einführung von Redoxreaktionen in der Sekundarstufe I. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 61(4), S. 27-32.

Helmke, A. (2006). Was wissen wir über guten Unterricht? *Pädagogik*, 58(2), S. 42-45.

Hepp, R. (2010). Gestufte Lernhilfen. Ein wichtiges Methoden-Werkzeug zur Differenzierung. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 21(117/118), S. 38-44.

Hessisches Kultusministerium (2009). *Oberstufen- und Abiturverordnung*. [https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/jportal/recherche3doc/20_07_2009__hevr-OSt_AbiVHErahmen-Gesamtvorschrift.pdf](https://www.rv.hessenrecht.hessen.de/jportal/recherche3doc/20_07_2009__hevr-OSt_AbiVHErahmen-Gesamtvorschrift.pdf?json=%7B%22format%22%3A%22pdf%22%2C%22params%22%3A%7B%22fixedPart%22%3A%22true%22%7D%2C%22docPart%22%3A%22X%22%2C%22docId%22%3A%22hevr-OSt_AbiVHErahmen%22%2C%22portalId%22%3A%22bshe%22%7D&_=%2F20_07_2009__hevr-OSt_AbiVHErahmen-Gesamtvorschrift.pdf) (abgerufen am: 10.03.2021).

Hessisches Kultusministerium (2010). *Lehrplan Chemie. Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 8 bis 13*. <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/g9-chemie.pdf> (abgerufen am: 10.03.2021).

Hessisches Kultusministerium (2011). *Das neue Kerncurriculum für Hessen. Chemie. Sekundarstufe I – Gymnasium.* https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kerncurriculum_chemie_gymnasium.pdf (abgerufen am: 10.03.2021).

Hessisches Kultusministerium (2015). *Fortführung des Schulversuchs zur Eröffnung der Möglichkeit eines Parallelangebots G8/G9 ab der Jahrgangsstufe 7 für Gymnasien und kooperative Gesamtschulen.* https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/2015-10-16_erlass_fortfuehrung_schulversuch_parallelangebot_g8-g9_0.pdf (abgerufen am: 10.03.2021).

Hessisches Kultusministerium (2016). *Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe. Chemie.* <https://kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/kcgoch.pdf> (abgerufen am: 10.03.2021).

Hoffmann, L., Lehrke, M. (1985). *Eine Zusammenstellung erster Ergebnisse aus der Querschnittserhebung 1984 über Schülerinteressen an Physik und Technik vom 5. bis 10. Schuljahr.* Kiel: IPN.

Hülsmann, C. (2015). *Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe.* Berlin: Logos-Verlag.

Institut für Jugendforschung (2004). *Meinungen und Einstellungen von Schülern zum Thema Chemie.* München: IJF.

Jainski, J. (2013). Eigenständiges Arbeiten an Forschungsprojekten. Förderung besonders begabter Schüler/-innen im Chemieunterricht der 8. Klasse in Anlehnung an das Drehtürmodell. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 62(1), S. 10-15.

Jürgens, E. (2005). Anerkennung von Heterogenität als Voraussetzung und Aufgabe pädagogischer Leistungsbeurteilung in Schulen. In: K. Bräu, U. Schwerdt (Hrsg.). *Heterogenität als Chance. Vom produktiven Umgang mit Gleichheit und Differenz in der Schule.* Münster: LIT-Verlag, S. 151-176.

Kallweit, I. (2015). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*. Berlin: Logos Verlag.

Klafki, W., Stöcker, H. (1976). Innere Differenzierung des Unterrichts. *Zeitschrift für Pädagogik* 22, S. 497-523.

Klomfaß, S., Stübig, F., Fabel-Lamla, M. (2013). Der Übergang von der Sekundarstufe I in die gymnasiale Oberstufe unter den Bedingungen der gymnasialen Schulzeitverkürzung. In: D. Bosse, F. Eberle, B. Schneider-Taylor (Hrsg.). *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe*. Wiesbaden: Springer VS, S. 147-160.

Klomfaß, S., Stübig, F., Bosse, D., Fabel-Lamla, M. (2016). Brückenbauen auf dem Weg zum Abitur. Die Brückenfunktion der Einführungsphase in die gymnasiale Oberstufe aus der Sicht hessischer Lehrkräfte. *Die Deutsche Schule*, 108(1), S. 33-46.

Kranz, J., Schorn, J. (Hrsg.) (2012). *Chemie Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*, 2. Auflage. Berlin: Cornelsen.

Kress, V. (2013). Langsamer starten – alle mitnehmen. Diagnostische Instrumente in der gymnasialen Oberstufe. *Pädagogik*, 65(9), S. 38-42.

Kulik, J. A., Kulik, C. C. (1992). Meta-analytic findings on grouping programs, *Gifted Child Quarterly*, 36(2), S. 73-77.

Kultusministerkonferenz (2018). *Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i. d. F. vom 15.02.2018. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf (abgerufen am: 10.03.2021).

Leisen, J. (Hrsg.) (1999). *Methodenhandbuch deutschsprachiger Fachunterricht DFU*. Bonn: Varus-Verlag.

- Lindiger, M. (2014). *Saubere Wasserstoffgewinnung: Energiewende im Wasserglas*. <https://www.faz.net/aktuell/wissen/physik-mehr/saubere-wasserstoffgewinnung-energiewende-im-wasserglas-13192930.html> (abgerufen am: 10.03.2021).
- Lossau, N. (2014). *So günstig gewinnen US-Forscher Wasserstoff*. <https://www.welt.de/wissenschaft/article131616780/So-guenstig-gewinnen-US-Forscher-Wasserstoff.html> (abgerufen am: 10.03.2021).
- Lou, Y., Abrami, P. C., Spence, J. C., Poulsen, C., Chambers, B., d'Apollonia, S. (1996). Within-class grouping: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 66(4), S. 423–458.
- Merzyn, G. (2013). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?*, 2. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Meyer, H. (2013). *Was ist guter Unterricht?*, 9. Auflage. Berlin: Cornelsen-Scriptor.
- Meyer, I., Sieve, B. (2015). Redoxreaktionen und E-Shisha. Untersuchung einer Volta-Zelle. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 18-23.
- Mortimer, C. E., Müller, U. (2015). *Chemie. Das Basiswissen der Chemie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Oetken, M., Friedrich, J., Bley, L., Johannsmeyer, F. (2001). Was die Teilchen zusammenhält. Eine Batterie erklärt die chemische Reaktion. Teil 1. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 50(8), S. 42-44.
- Paradies, L., Linser, H. J. (2016). *Differenzieren im Unterricht*, 8. Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H. J. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*, Neubearbeitung, 3. Auflage. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.

Reiners, C. S., Groß, K., Adesokan, A., Schumacher, A. (2017). Aktuelle Herausforderungen für den Chemieunterricht. In: C. S. Reiners. *Chemie vermitteln. Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, S. 148-191.

Renkl, A. (2001). Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen. *Unterrichtswissenschaft*, 29(1), S. 41-63.

Riedel, E., Janiak, C. (2015). *Anorganische Chemie*, 9. Auflage. Berlin: Walter de Gruyter.

Rossow, M., Flint, A. (2012). Redox-Reaktionen ohne Sauerstoff??? *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 61(4), S. 5-10.

Saalfrank, W.-T. (2008). Differenzierung. In: E. Kiel (Hrsg.). *Unterricht sehen, analysieren, gestalten*, 1. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 65-95.

Saalfrank, W.-T. (2012). Differenzierung. In: E. Kiel (Hrsg.). *Unterricht sehen, analysieren, gestalten*, 2. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 65-97.

Schmidt, H. J. (1994). Der Redoxbegriff in Wissenschaft und Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 41(1), S. 6-10.

Schmidt, K., Pfangert-Becker, U. (2014). Redoxreaktionen im sauren und alkalischen Milieu. Eine Unterrichtsstunde in der gymnasialen Oberstufe. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 63(8), S. 23-25.

Schmitt-Sody, B., Kometz, A. (2014). Differenzierung im Chemieunterricht. In: M. Eisenmann, T. Grimm (Hrsg.). *Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht*, 3. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 137-154.

Scholz, I. (Hrsg.) (2014). *Begabtenförderung – ganz praktisch*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Shell-Jugendwerk (1992). *Jugend '92*, Band 4. Opladen: Leske & Budrich.

Sieve, B. (2015). Redoxreaktionen – ein „heißes Eisen“ im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 2-7.

Sieve, B., Busker, M. (2015). Eigenständig zu den Oxidationszahlen. Materialien zur selbstständigen Ermittlung der Oxidationszahlen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 41-44.

Slavin, R. E. (1987). Ability grouping and student achievement in elementary schools: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 57(3), S. 293–336.

Stäudel, L. (Hrsg.) (2010). *Aufgaben mit gestuften Hilfen für den Chemie-Unterricht*, 2. Auflage. Seelze: Friedrich Verlag.

Stäudel, L. (Hrsg.) (2012). *Aufgaben mit gestuften Hilfen für den naturwissenschaftlichen Unterricht*, 1. Auflage. Seelze: Friedrich Verlag.

Stäudel, L. (2015). Mit Aluminium fahren? Durch Aufgaben mit gestuften Hilfen den Fokus der Bearbeitung variieren. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 26(146), S. 32-36.

Stäudel L., Wodzinski, R. (2008). Aufgaben als Katalysatoren im Lernprozess am Beispiel Naturwissenschaften. In: J. Thonhauser (Hrsg.). *Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen. Eine zentrale Komponente organisierten Lehrens und Lernens aus der Sicht von Lernforschung, Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik*. Münster: Waxmann Verlag, S. 183-196.

Steininger, R., Lembens, A. (2011). Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen. Erfahrungen und Anregungen für den Einsatz im Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 60(3), S. 26-31.

Sumfleth, E., Stachelscheid, K., Todtenhaupt, S. (1991). Redoxreaktionen in der Sekundarstufe I. Sauerstoffübertragung und/oder Elektronenübertragung. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 2(8), S. 3-13.

Sumfleth, E. (1992). Schülervorstellungen im Chemieunterricht. *MNU*, 45(7), S. 410-414.

Trautmann, M., Wischer, B. (2009). Das Konzept der Inneren Differenzierung – eine vergleichende Analyse der Diskussion der 1970er Jahre mit dem aktuellen Heterogenitätsdiskurs. In: M. A. Meyer, M. Prenzel, S. Hellekamps (Hrsg.). *Perspektiven der Didaktik*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 159-172.

Vock, M., Gronostaj, A. (2017). *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Warwas, J., Hertel, S., Labuhn, A. S. (2011). Bedingungsfaktoren des Einsatzes von adaptiven Unterrichtsformen im Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 57(6), S. 854-867.

Weinert, F. E. (1996). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In: F. E. Weinert (Hrsg.). *Psychologie des Lernens und der Instruktion, Enzyklopädie der Psychologie*, Themenbereich D, Serie I, Band 2. Göttingen: Hogrefe, S. 1-48.

Weinert, F. E. (1997). Notwendige Methodenvielfalt. Unterschiedliche Lernfähigkeiten der Schüler erfordern variable Unterrichtsmethoden. *Friedrich Jahresheft* 15, S. 50–52.

Wenning, N. (2007). Heterogenität als Dilemma für Bildungseinrichtungen. In: S. Boller, E. Rosowski, T. Stroot (Hrsg.). *Heterogenität in Schule und Unterricht. Handlungsansätze zum pädagogischen Umgang mit Vielfalt*. Weinheim: Beltz Verlag, S. 21-31.

Wiechmann, J. (2004). Das Methodenrepertoire von Lehrern – ein aktualisiertes Bild. In: M. Wosnitza, A. Frey, R. S. Jäger (Hrsg.). *Lernprozess, Lernumgebung und Lerndiagnostik. Wissenschaftliche Beiträge zum Lernen im 21. Jahrhundert*. Landau: Verlag Empirische Pädagogik, S. 320-336.

Winkler, R. (1978). *Differenzierung. Funktionen, Formen und Probleme*, 4. Auflage. Ravensburg: Otto Maier Verlag.

Winter, F. (2006). Diagnosen im Dienst des Lernens. Diagnostizieren und Fördern gehören zum Unterricht. In: G. Becker, M. Horstkemper, E. Risse, L. Stäudel, R. Werning, F. Winter (Hrsg.). *Diagnostizieren und Fördern. Stärken entdecken – Können entwickeln*. Seelze: Friedrich Verlag, S. 22-25.

Wischer, B. (2007). Wie sollen LehrerInnen mit Heterogenität umgehen? Über „programmatische Fallen“ im aktuellen Reformdiskurs. *Die Deutsche Schule*, 99(4), S. 422-433.

Wischer, B., Trautmann, M. (2010). Innere Differenzierung als (unterschätzte) pädagogische Herausforderung. Zu den Grenzen einer Reformstrategie. In: S. Boller, R. Lau (Hrsg.). *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II. Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz-Verlag, S. 158-166.

Wodzinski, C. T., Wodzinski, R. (2007). Ansätze für Differenzierung im Physikunterricht. Diagnose von Differenzen und mögliche Konsequenzen für den Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 18(99/100), S. 10-15.

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Formen der Differenzierung (Winkeler (1978), Bönsch (2009), Saalfrank (2012), Paradies & Linser (2016))13

Abb. 2: Versuchsaufbau der Elektrolyse (Eigene Abbildung).....64

Abb. 3: Versuchsaufbau mit Gas auffangen (Eigene Abbildung).....65

10.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Mögliche Differenzierungsmaßnahmen (Becker & Stäudel 2010)27

11. Versicherung gem. § 25 Abs. 7 HLbGDV

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet und sämtliche Stellen, die anderen Druckwerken oder digitalisierten Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem einzelnen Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht habe. Die Versicherung gilt auch für verwendete Zeichnungen, Skizzen, Notenbeispiele sowie bildliche und sonstige Darstellungen.