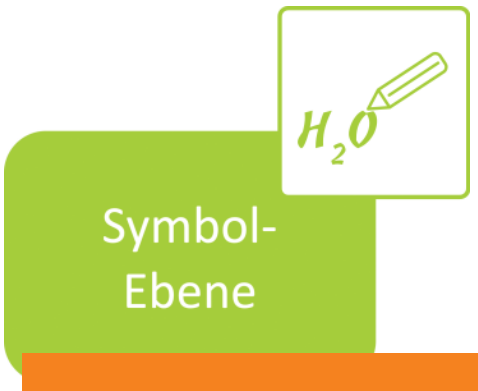






Band 8

Lernen in Naturwissenschaften

verstehen und entwickeln

A. Marohn (Hrsg.)

Jan-Bernd Haas

chem.LEVEL

fachsprachlich sensibler Chemieunterricht

auf Basis des Johnstone Dreiecks

λογος

Lernen in
Naturwissenschaften
Band 8

Lernen in Naturwissenschaften

Band 8

Herausgegeben von

Prof. Dr. Annette Marohn

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie

Jan-Bernd Haas

chem.LEVEL

– fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks

Logos Verlag Berlin

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2021

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-5345-6
ISSN 2566-493X

Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
12681 Berlin

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92
http://www.logos-verlag.de

Didaktik der Chemie

chem:LEVEL

–

fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Erziehungswissenschaften
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Jan-Bernd Haas
aus Bocholt - 2021

1. Gutachterin: Prof. Dr. Annette Marohn
2. Gutachter: Prof. Dr. Hans-Dieter Barke

Tag der mündlichen Prüfung: 29.04.2021

Für Euch, Mama und Papa!

Zusammenfassung

chem:LEVEL

Abbildung 1 Projektlogo chem:LEVEL

Das Projekt chem:LEVEL beabsichtigt einen transparenten und konsequenten Einsatz des Johnstone-Dreiecks im Chemieunterricht.
Johnstone, ein englischer Chemiedidaktiker, formulierte Anfang der 1980er Jahre die Theorie, dass die Welt der Chemie in drei Ebenen eingeteilt werden kann:

> *I believe that it exists in three forms which can be thought of as corners of a triangle. No one form is superior to another, but each one complements the other. These forms of the subject are (a) the macro and tangible: what can be seen, touched and smelt; (b) the submicro: atoms, molecules, ions and structures; and (c) the representational: symbols, formulae, equations, molarity, mathematical manipulation and graphs.* (Johnstone A. , 2000, S.11)

Er nimmt an, dass das chemische Wissen auf diesen drei Ebenen dargestellt werden kann: (1) Die makroskopische Ebene zur Beschreibung aller sichtbaren und wahrnehmbaren Phänomene – auch durch Messinstrumente -, (2) die submikroskopische Ebene zur Erklärung von Reaktionsprozessen in einem nicht-sichtbaren Bereich auf Ebene der Atome, Ionen und Moleküle und (3) die Symbol-Ebene, die durch die Formulierung von Berechnungen und Reaktionsgleichungen die Erkenntnisse zusammenfassen oder Annahmen äußern kann.

Johnstone beschreibt, dass diese Ebenen in allen naturwissenschaftlichen Fächern Gültigkeit haben (1982), doch diese dreigliedrige Differenzierung hat sich ausschließlich als Konsens der chemiedidaktischen Forschung gefestigt.

Johnstone formuliert seine Theorie weiter aus:

> *First of all, the simultaneous introduction of all three aspects is a sure recipe for overloading working space. Experienced chemists can manipulate all three, but this is not so for the learner. […] Secondly, when the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born!* (Johnstone, 2000, S. 11).

Johnstone (2000) warnt davor, Lernenden die Ebenen gleichzeitig anzubieten. Es drohen eine kognitive Überbelastung und die Bildung fachlich nicht-anerkannter Konzepte. Er fordert damit indirekt eine differenzierte Darstellung der Ebenen im Chemielernprozess.
Diese Annahme wird als Grundlage des Projektes chem:LEVEL verstanden. Ziel ist die Entwicklung von Lernmaterialien für den Chemieunterricht, die eine transparente Trennung der Ebenen umsetzen und die Bildung fachlich-anerkannter Konzepte fördern.

In den Naturwissenschaften wird Lernen als ein konstruktivistisches Verständnis von Lernprozessen verstanden. Es ist Konsens, dass die Lernprozesse immer an die

Erfahrungen und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern anknüpfen müssen (Duit, 1995) (Marohn, 2008).

(1) Lernen muss subjektiv konstruiert werden (Reich, 2008) und (2) Lernen findet durch eigene Erfahrungen statt (Wirth, 2009). Diese beiden Aussagen fassen elementare Bestandteile der konstruktivistischen Lerntheorien zusammen. Lernen findet subjektiv statt und es kann nur eigenständig über Erfahrungen erfolgen.

Im Lernprozess können Schülerinnen und Schüler folglich nur unterstützt werden, ihr eigenes Wissen zu konstruieren.

Auf der Basis von Johnstones Theorie, dass eine gleichzeitige Verwendung aller Ebenen zu einer kognitiven Überbelastung führen können, werden die Grundlagen der *cognitive load theory* nach Sweller (1988, 2010) betrachtet, um die kognitiven Belastungsmöglichkeiten erfahren zu können.

Es wird aus der Theorie entnommen, dass das Arbeitsgedächtnis eine begrenzte Kapazität besitzt und drei Belastungsarten die kognitive Leistung des Arbeitsgedächtnis beeinflussen. (1) Die intrinsische Belastung, (2) die extrinsische Belastung und (3) die intendierte Belastung. Die intrinsische und extrinsische Belastung können durch das Lernmaterial gesteuert werden. Der Gehalt an Informationen und die Darbietungen dieser Informationen können im Lernmaterial beeinflusst werden. Unter dieser Berücksichtigung und auf Basis der *cognitive theory of multimedia learning* nach (Mayer R. , 2014) werden Gestaltungskriterien für Lernmaterialien abgeleitet.

Diese Gestaltungskriterien werden für die Entwicklung einer Lernumgebung zum inhaltlichen Thema Galvanische Zellen für die Sekundarstufe 1 genutzt.

Das Forschungsprojekt ist an den Design-Based-Research-Ansatz (DBR) angelehnt. Dieser greift eine Problematik auf und fokussiert in einer Design-Experiment-Phase insbesondere die Weiterentwicklung einer Intervention. Die Weiterentwicklung soll immer unter dem Fokus betrachtet werden: ‚what works?' und ‚how does it work?' (McKenney & Reeves, 2012).

In einem vierschrittigen Forschungszyklus werden zunächst Erstsemesterstudierende befragt, in welcher Weise sie das Johnstone Dreieck und die Differenzierung in Ebenen aus ihrer schulischen Ausbildung kennen.

Die qualitative Auswertung zeigt, dass den Studierenden die Ebenendifferenzierung nicht bewusst ist. Die qualitative Auswertung von gestellten Aufgaben lassen Vorstellungen erkennen, die von fachlich-anerkannten Konzepten abweichen. Es wird deutlich, dass insbesondere über die verschiedenen Repräsentationsmöglichkeiten von Sprache die Vermischung von Ebenen erkennbar werden und die Differenzierung der Ebenen ermöglicht werden kann.

In der Gestaltung von Lernmaterialien wird deshalb die genutzte Sprache ein zentrales Bindeglied zwischen den Informationen der Lernmaterialien und den Lernprozessen der

Schülerinnen und Schüler. Insbesondere die Trennung der Ebenen erfordert einen sehr bewussten Umgang mit Sprache (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018).

Aus diesem Grund werden ebenfalls Grundlagen des sprachsensiblen Fachunterrichts zur Entwicklung der Lernumgebung betrachtet. Lernen gelingt über die Sprache; der bewusste Einsatz von Sprache soll die Ebenen-spezifischen Formulierungen für die Lernenden erleichtern. Dazu werden verschiedene Methodenwerkzeuge und Repräsentationsebenen von Sprache nach Leisen (2013) eingesetzt.

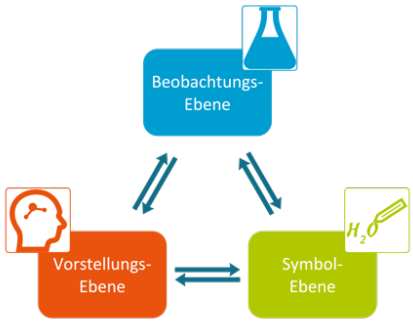


Abbildung 2 Darstellung des Johnstone-Dreiecks für den Chemieunterricht

Die entwickelte, digitale Lernumgebung stellt die Ebenen des Johnstone-Dreiecks transparent dar. Es wird neben der Differenzierung der Ebenen auch eine Differenzierung innerhalb der Ebenen durchgeführt. Dafür wurde eine eigene Differenzierungsmatrix entwickelt, die sich in der Unterscheidung der kognitiven Komplexität an die Anforderungsbereiche des Kernlehrplans Chemie für Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen (2013) richtet. Im Rahmen der inhaltlichen Komplexität wird in den Ebenen nach Johnstone differenziert.

Die Lernumgebung wird durch den Besuch einer Gesamtschulklasse im Chemiedidaktik Institut erprobt (n = 24). Die Corona-Pandemie führte leider dazu, dass keine weitere Erprobung in die Auswertung der Lernumgebung einfließen konnte.

Die erhobenen Daten werden qualitativ und differenziert ausgewertet.
Nach der Erprobung zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler die drei Ebenen benennen und beschreiben können. Vielmehr ist zu beobachten, dass sich bei einigen Teilnehmenden konzeptuelle Veränderungen andeuten lassen. Daraus lassen sich für den Erfolg der Lernumgebung folgende Annahmen ableiten:

(1) Die Lernumgebung fördert die Bildung von fachlich anerkannten Vorstellungen.
(2) Die Lernumgebung fördert eine fachsprachlich-korrekte Kommunikation.
(3) Die Lernumgebung fördert kollaborierende und kooperierende Arbeitsweisen.

In der differenzierten Auswertung wird einzeln dargestellt, in welchen Situationen diese Lernprozesse zu beobachten sind, durch die die Annahmen begründet werden.

Danksagung

Der Abschluss dieses Projektes lässt mich nochmal zurückblicken. Ich bin sehr froh, dass ich in allen meinen Lebensphasen Menschen begegnet bin, die mich in meinem Handeln und Tun unterstützt haben. Ich möchte mich dafür herzlich bedanken.

Beginnen möchte ich bei meiner Doktormutter, Prof. Dr. Annette Marohn. Ich bedanke mich dafür, dass Du mir dieses Projekt ermöglicht und anvertraut hast. Danke für die gemeinsamen Gespräche, das große Vertrauen, das Erarbeiten der nächsten Schritte, die sehr guten Beratungen, wenn ich mal nicht weiterwusste, den immer guten Glauben an das Gelingen des Projektes und die Bestätigung meines Vorgehens. Auch für die Anfertigung des Erstgutachtens danke ich Dir.

Herrn Prof. Dr. Hans-Dieter Barke möchte ich für das Zweitgutachten danken. Seit meinem Studium bei Ihnen ist mir das Johnstone Dreieck ein besonderes Anliegen in meiner gesamten beruflichen Laufbahn. Ich denke, dass mir durch das Studium schon der Grundstein für das vorliegende Projekt gelegt wurde.

Ich bedanke mich bei Prof. Dr. Friedhelm Brüggen und Prof. Dr. Susanne Heinicke für die Bereitschaft bei meiner Disputation als Prüfer und Prüferin für die Fächer Erziehungswissenschaften und Didaktik der Physik beizuwohnen.

Ganz besonderer Dank gilt auch all meinen Kolleginnen und Kollegen im Institut für Didaktik der Chemie der WWU Münster.

Vielen Dank an Prof. Dr. Simone Kröger. Deine Expertise und Erfahrungen haben mir stets geholfen. Vielen Dank an Dr. Stefan Stucky für die gemeinsamen Vorträge, Dein immer offenes Ohr und Deine Zeit, auch wenn Du selbst keine frei hattest. Vielen Dank an Dr. Lisa Rott und Dr. Felicitas Jürgensmeier für die Gespräche. Eure Erfahrungen haben mir immer wieder geholfen, dass ich mein Projekt nochmal aus einem anderen Blick betrachtet habe.

Vielen Dank an Ulrike Henkel und Elena Werfel für Euren stetigen Rat und Eure Taten in der Umsetzung der Erprobungen sowie der Begleitung der Praktika. Eure immer freundliche und positive Art gab mir in dem Projekt den Rückhalt, dass es im Labor immer umgesetzt werden kann. Vielen Dank an Magret Peppenhorst für die netten Gespräche und die ein oder anderen Telefonate und Emails, die Du für mich geführt und geschrieben hast, um mich in meinem Projekt zu unterstützen.

Danken möchte ich auch meinen Doktorandenkolleginnen und -kollegen: Carolin Banse, Dr. Eva Kolbeck, Rebekka Schillmüller, Dr. Björn Dellbrügge, Dr. Florian Jungkamp, Yvonne Rath, Fabienne Kremer, Christopher Kralisch, Steffen Röwekamp, Tobias Bergold, Theresa Reuschling, Marius van den Boom, Asih Widi Wisudawati, Ayleen Sprysch und Valentin Engstler. Die gemeinsamen Gespräche in den Pausen, der fachliche Austausch in den Kolloquien und besonders der gemeinsame Spaß haben immer dafür gesorgt, dass die Arbeit im Fluge vergangen ist. Ein besonderer Dank gilt meinem Bürokollegen Fabian Gust. Vielen

Dank für die immer gute Atmosphäre im Büro, die Gespräche und dass Du immer für schnellen Rat zur Verfügung standst.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen studentischen Hilfskräften, die dieses Projekt unterstützt haben. Ohne Eure tatkräftige und zuverlässige Arbeit wäre dieses Projekt nicht zum Erfolg geworden. Ich möchte namentlich Imke Albers und Valerie Hollwedel besonders danken. Ihr habt durch Eure Unterstützung einen großen Beitrag zu diesem Projekt geleistet. Besonders möchte ich auch Pascal Meyer danken. Wir beide haben zeitlich sehr lange und sehr gut zusammengearbeitet. Dein immer fröhliches Auftreten und Deine Zuverlässigkeit haben mir sehr geholfen.

Danken möchte ich auch allen Lehrkräften, Studierenden, Schülerinnen und Schülern, die an Erprobungen teilgenommen haben und mir dadurch die Umsetzung des Projektes erst ermöglicht haben.

Ich möchte mich bei allen Kolleginnen und Kollegen der Janusz-Korczak-Gesamtschule Bottrop bedanken. Vielen Dank, dass ich mit Euch zusammenarbeiten durfte.

Ich bedanke mich bei meinen Freundinnen und Freunden. Ihr habt immer ein offenes Ohr, Ihr zeigt immer Verständnis und wir haben gemeinsam immer viel Spaß.

Ich bedanke mich bei Nadine, Carina und Anna für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt meinen Geschwistern, Anne und Christian Haas. Vielen Dank für Eure Unterstützung, Euer immer gutes Zureden und Eure Aufmunterungen, wenn mal anstrengende Phasen dabei waren.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Gerda und Rolf Haas. Vielen Dank, dass Ihr mich in Allem unterstützt, was ich mache. Vielen Dank, dass Ihr immer das Positive seht. Vielen Dank, dass Ihr mir immer Alles ermöglicht habt. Vielen Dank, dass Ihr immer für mich da seid und mir in Allem den Rücken freihaltet.

Inhaltsverzeichnis

1. Theoretische Grundlagen 1

1.1. Das Chemische Dreieck – Johnstone-Dreieck 1

1.1.1. Definition der Ebenen 3

1.1.2. Differenzierte Betrachtung des chemischen Dreiecks 4

1.1.3. Betrachtung der des Johnstone-Dreiecks in Schulbüchern 8

1.2. Grundlagen des Lernens 12

1.2.1. Lernen 13

1.2.2. Konstruktivistische Lerntheorien 14

1.2.3. Lernen unter Berücksichtigung der Cognitive Load Theory 17

1.2.4. Cognitive Theory of Multimedia Learning 19

1.2.5. Gestaltungskriterien aus den Lerntheorien für Lernmaterial 21

1.2.6. Lernen mit digitalen Medien – Die Einsatzmöglichkeiten für Lernmaterialien 24

1.3. Differenzierung 26

1.3.1. Differenzierungsmatrix 28

1.4. (Fach-)Sprachsensibles Lernen 30

1.4.1. Sprachebenen und Sprachkompetenzen 31

1.4.2. (Fach)Sprachsensibler Fachunterricht 35

1.4.3. Analyse von sprachlichen Herausforderungen 37

1.4.4. Konzept der einfachen Sprache 39

1.4.5. Gestaltung von (Fach-)Sprachsensiblen Unterrichtsmaterialien 42

2. Forschungsrahmen 45

2.1. Design-Based Research Ansatz 45

2.1.1. Framing 47

2.1.2. Design-Experiment 47

2.1.3. Re-Framing 49

2.2. Forschungsdesign chem:LEVEL 50

2.3. Qualitative Inhaltsanalyse 52

2.3.1. Mixed Methods 55

3. Entwicklung des Projektes von chem:LEVEL 57

3.1. Framing ... 57
3.2. Mesozyklus 1 ... 58
3.2.1. Aufbau der Befragung von Studierenden ... 58
3.2.2. Reflexion aus der Befragung von Studierenden und Ableitungen für den Projektverlauf ... 69
3.2.3. Erarbeitung der Ebenen-Differenzierung ... 70
3.3. Definition des Johnstone-Dreiecks im Projekt chem:LEVEL ... 72
3.3.1. Beobachtungs-Ebene ... 72
3.3.3. Vorstellungs-Ebene ... 74
3.3.4. Symbol-Ebene ... 75
3.4. Mesozyklus 2 ... 76
3.4.1. Aufbau der leitfadengestützten Interviews von Lehrkräften ... 77
3.4.2. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse ... 77
3.4.3. Reflexion der Interviews von Lehrkräften ... 79
3.5. Mesozyklus 3 ... 79
3.5.1. Begründung des inhaltlichen Themas ... 80
3.5.2. Anbindung an den Kernlehrplan ... 81
3.5.3. Fachlich-Inhaltliche Grundlage der Lernumgebung ... 82
3.5.4. Schülervorstellungen zur fachlich-inhaltlichen Grundlage der Lernumgebung ... 86
3.5.5. Differenzierungsmatrix ... 89
3.5.6. Begründung für die Medienwahl ... 92
3.5.7. Begründung für die App-Wahl ... 93
3.5.8. Erarbeitung und Auswertung einer Lernumgebung ... 95
3.5.9. Beschreibung der Lernumgebung und Auswertung der Ergebnisse ... 97
3.5.10. Weiterführende Auswertungen zur Erprobung ... 127
3.6. Mesozyklus 4 ... 131
3.7. Forschungsfragen ... 132
3.8. Eingesetzte Instrumente zur Datenerfassung ... 133
3.8.1. Datenerfassung während der Erarbeitung der Lernaufgaben 133
3.8.2. Erfassung von Daten der Schülerinnen und Schüler ... 135

3.8.3. Aufbau Pre-Post-Test ... 135

3.9. MAXQDA ... 137

3.9.1. Erstellung des Kategoriensystems ... 137

3.9.2. Anwendung des Kategoriensystems ... 139

3.10. Sachausgangslage und organisatorische Durchführung der Erhebung ... 140

4. Auswertung der Forschungsfragen ... 142

4.1. Forschungsfrage 1: Inwiefern werden die fachlich-inhaltlichen Ziele der Lernumgebung erreicht? ... 142

4.1.1. Subfrage 1.1: Inwiefern werden die Aufgaben der Lernumgebung fachlich-inhaltlich richtig bearbeitet? ... 142

4.1.2. Subfrage 1.2.: Inwiefern lässt sich ein fachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen? ... 172

4.1.3. Zusammenfassende Auswertung und Diskussion ... 191

4.2. Forschungsfrage 2: In welcher Weise werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht? ... 193

4.2.1. Subfrage 2.1: Inwieweit werden die Aufgabenstellungen von den Schülerinnen und Schülern fachsprachlich richtig bearbeitet? ... 193

4.2.2. Subfrage 2.2 Inwiefern lässt sich ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen? ... 220

4.2.3. Subfrage 2.3 Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich-korrekte Formulierungen? ... 232

4.2.4. Zusammenfassende Auswertung und Diskussion zu Forschungsfrage 2 ... 252

4.3. Forschungsfrage 3: In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt? ... 255

4.3.1. Subfrage 3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte? ... 256

4.3.2. Subfrage 3.2: Welche Zeit verwenden die Schülerinnen und Schüler auf die optionalen Elemente (Hilfebausteine, Animationen, Informationstexte, Bedienhilfen)? ... 263

4.3.3. Subfrage 3.3 In welcher Weise werden Ergebnisse innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet? 267

4.3.4. Subfrage 3.4: Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabestellungen eigenständig bearbeiten? 278

4.4. Re-Framing 285

5. Verzeichnisse 295

5.1. Literaturverzeichnis 295

5.2. Abbildungsverzeichnis 308

5.3. Tabellenverzeichnis 310

6. Anhang 316

I. Befragung von Erstsemesterstudierenden 316

II. Konkretisierungsraster 324

III. Auswertung Pre-Post-Test 332

IV. Auswertung Pre-Post-Test 335

V. Codierleitfäden 336

VI. Auswertung Lernumgebung 345

VII. Codierregeln 366

VIII. Handreichung für Lehrkräfte 367

IX. Gefährdungsbeurteilung Experimente 381

X. Änderungsentscheidungen Intercodervergleich 399

1. Theoretische Grundlagen

Im Fokus dieser Arbeit steht die Entwicklung und Erprobung einer digitalen Lernumgebung, die insbesondere die Trennung von Inhalten nach den Ebenen des Johnstone-Dreiecks beachtet. Konzepte des sprachsensiblen Fachunterrichts sollen in der Umsetzung die Ebenen-spezifischen, fachsprachlichen Formulierungen unterstützend vermitteln.

In der Einführung wird zunächst eine theoretische Grundlage für die Erarbeitung dieser Lernumgebung angeboten. In dieser literaturbasierten Darstellung wird eine differenzierte Betrachtung der Ebenen des Johnstone-Dreiecks durchgeführt und die Umsetzung in Schulbüchern betrachtet.

Daran schließt sich eine Beschreibung zu Grundlagen des Lernens an, welche für diese Arbeit angenommen werden. Aus den Darstellungen sollen Gestaltungskriterien für Lernmaterialien abgeleitet werden. Diese Kriterien sollen als Grundlage für die Entwicklung einer Lernumgebung stehen.

Ein persönliches Ziel der Arbeit ist auch die Berücksichtigung lernschwacher Schülerinnen und Schüler. Das Lernmaterial, welches im Rahmen dieses Projektes entwickelt wird, soll für eine möglichst breite Gruppe von Lernenden zugänglich sein. Aus diesem Grund wird auch eine theoretische Betrachtung von differenziertem Lernen aufgeführt.

Die Vermittlung der Ebenen erfordert in der Kommunikation spezifische, fachsprachliche Formulierungen. Sprache ist ein tragender Baustein in allen schulischen Lernprozessen. Deshalb wird bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit die Gestaltung von fachsprachsensiblen Unterrichtsmethoden aufbereitet. Von dieser Darstellung sollen dann weitere Umsetzungsmöglichkeiten im Rahmen einer Lernumgebung abgeleitet werden.

1.1. Das Chemische Dreieck – Johnstone-Dreieck

> *I believe that it exists in three forms which can be thought of as corners of a triangle. No one form is superior to another, but each one complements the other. These forms of the subject are (a) the macro and tangible: what can be seen, touched and smelt; (b) the submicro: atoms, molecules, ions and structures; and (c) the representational: symbols, formulae, equations, molarity, mathematical manipulation and graphs. (Johnstone A. , 2000, S.11)*

Dieses Zitat von Johnstone (2000) bildet eine Grundlage dieser Arbeit. Er beschreibt darin, dass chemisches Wissen in drei Formen dargestellt werden kann. In der deutschsprachigen Übersetzung wird übereinstimmend der Begriff der Ebenen verwendet.

Johnstone beschreibt bereits vor der benannten Veröffentlichung die Welt der Chemie in drei Ebenen. In seiner Veröffentlichung (1982) benennt er die Möglichkeit der Betrachtung

chemischer Prozesse auf verschiedenen Ebenen. Er stellt dies zum einen in einer deskriptiven Ebene dar, welche die Beobachtung und Beschreibung von Phänomenen beinhaltet. Zum anderen beschreibt er eine erklärende Ebene, welche die Erklärungen chemischer Prozesse durch Interaktionen von Atomen, Ionen und Molekülen ermöglicht. Er ergänzt dies durch eine repräsentative Ebene, welche Symbole zur Repräsentation und vereinheitlichten Kommunikation chemischer Prozesse nutzt.

Die Benennung der Ebenen wandelt sich in einer späteren Veröffentlichung in die Bezeichnung makroskopische, submikroskopische und repräsentative Ebene (Johnstone, 1991).

Chemie lässt sich in diesen drei verschiedenen Betrachtungsdimensionen differenzieren. Johnstone nimmt an, dass fachlich versierte Personen dazu in der Lage sind, vermischte Formulierungen den Dimensionsbereichen zuzuordnen und dennoch die richtige Schlussfolgerung zu ziehen. Lernende könnten dies jedoch nicht.

> *First of all, the simultaneous introduction of all three aspects is a sure recipe for overloading working space. Experienced chemists can manipulate all three, but this is not so for the learner. (Johnstone, 2000, S.11)*

Durch dieses Zitat soll Johnstones Annahme verdeutlicht werden, dass in der Chemie Konzepte auf allen drei Ebenen betrachtet werden können. In der Kommunikation von Chemikerinnen und Chemikern untereinander wird eine sprachliche Vermischung der Ebenen verstanden, sie sind dazu in der Lage diese Informationen zu trennen. Lernende können dies jedoch nicht. Johnstone behauptet, dass es zu einer Überforderung der Lernenden führt, wenn alle drei Ebenen gleichzeitig betrachtet werden.

Durch diese Annahme soll im späteren Verlauf dieser Arbeit die Betrachtung der kognitiven Belastung theoretisch beleuchtet werden.

> *Secondly, when the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born! (Johnstone, 2000, S. 11).*

Johnstone beschreibt in diesem Zitat die Gefahr, dass die Lernenden bei einer vermischenden Darstellung der Ebenen alternative, fachlich nicht-anerkannte Vorstellungen bilden.

Durch dieses Zitat wird deutlich, wie bedeutsam für Johnstone ein transparenter Umgang der Ebenen im Lernprozess ist, so dass den Schülerinnen und Schülern die Zuordnung von Informationen bewusst gemacht wird und dadurch möglichst alternative Vorstellungen vermieden bzw. verringert werden.

Dies soll Grundlage für diese Arbeit sein. Im Folgenden werden die Ebenen definiert und durch den Vergleich verschiedener Literaturquellen kritisch betrachtet.

1.1.1. Definition der Ebenen

Johnstone (1991) beschreibt die Ebenen als Ecken eines Dreiecks. Keine Ebene ist nach Johnstone der anderen übergestellt, sie können einzeln betrachtet werden, ergänzen sich jedoch untereinander (Johnstone, 2000).

Er bezeichnet die Anordnung als chemisches Dreieck. In der Chemie Didaktik ist der Begriff des Johnstone-Dreiecks ein übereinstimmender Konsens.

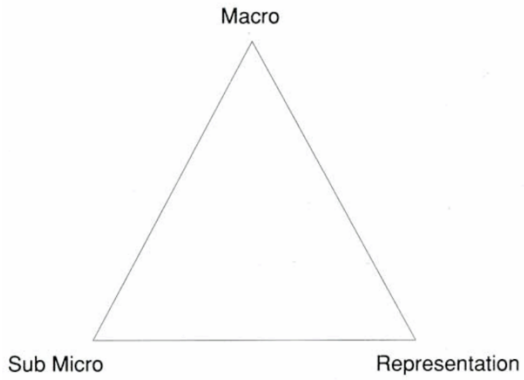


Abbildung 3 Das chemische Dreieck; Johnstone-Dreieck (Johnstone, 1993, S. 703)

Die makroskopische Ebene umfasst alles Greifbare und Sichtbare (Johnstone, 1991). Es werden darin alle Ergebnisse zugeordnet, welche durch die physischen Sinne wahrgenommen werden können oder durch Messinstrumente erhoben werden.

Die submikroskopische Ebene erklärt chemische Prozesse mit Vorstellungen von Atomen, Ionen, Molekülen, Strukturen und Energieumwandlungen (Johnstone, 2000).

Die repräsentative Ebene stellt chemische Prozesse mithilfe von Symbolen, Formeln, Gleichungen, Einheiten, mathematischen Berechnungen und grafischen Repräsentationen dar. (Johnstone, 2000)

1.1.2. Differenzierte Betrachtung des chemischen Dreiecks

Das chemische Dreieck wird fachdidaktisch mehrfach differenziert betrachtet. Die Differenzierung chemischer Aspekte ist weitestgehend Konsens, jedoch werden die Betrachtungen und Definitionen der Ebenen als auch deren Beziehungen untereinander in der Literatur diskutiert.

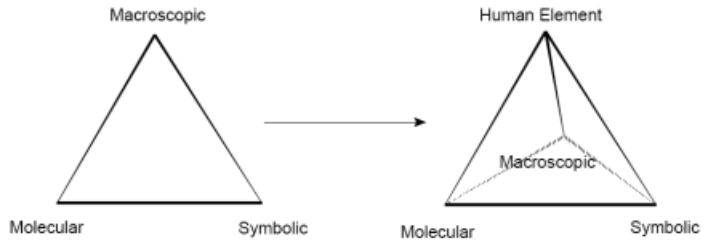


Abbildung 4 Tetraeder chemischer Bildung (Mahaffy, 2004, S. 231)

Mahaffy (2004) erweitert das Dreieck zu einem Tetraeder (vgl. Abbildung 4). Er fordert dazu auf, auch die menschliche Komponente in der Betrachtung zu berücksichtigen. So müssen nach Mahaffy historische und moderne Entwicklungen in der Wissenschaft als auch der Einfluss der Chemie auf den Menschen und die Gesellschaft mit betrachtet werden. Dies verbindet Mahaffy jedoch nicht mit einer lerntheoretischen Begründung.

Johnstone nutzt verschiedene Bezeichnungen für die Beschreibung der Ebenen. So spricht er von Denkebenen („levels of thougth“) (Johnstone, 1991, 2000), von grundlegenden Bestandteilen („basic components“) (Johnstone, 1993) oder auch von Formen der Chemie („modes“ „forms“) (Johnstone, 1993).

In jüngerer Literatur werden diese Ebenen auch als Repräsentationsebenen („levels of representation“) (Gilbert & Treagust, 2009) bezeichnet. Jedoch wird diese Bezeichnung auch zugleich kritisiert, da sie mit der repräsentativen Ebene nach Johnstone zu verwechseln sein könnte (Talanquer, 2011).

Gilbert und Treagust (2009) unterstützen die Bezeichnung von Ebenen in die Differenzierung von makroskopisch (macro), submikroskopisch (submicro) und symbolisch (symbolic), da diese Bezeichnungen kurz und eindeutig sind.

Taber (2013) sieht in der Dreiteilung chemischer Aspekte bedeutende Schwierigkeiten. Er befürchtet die Verwechslung und Vermischung von zwei Ebenen. So sieht er Schwierigkeiten in der Differenzierung bezüglich der Analyse chemischer Phänomene und dem Streben danach, chemisches Wissen über diese Phänomene zu formalisieren, wenn dieses Wissen einer anderen Ebene zugewiesen wird.

Zudem äußert Taber (2013), dass die repräsentative Ebene für die Lernenden große Herausforderungen darstellt, da sie Repräsentationen für die makroskopische als auch die

submikroskopische Ebene beinhalten kann. So können Reaktionsgleichungen ambivalent gelesen werden. Beispielhaft kann die Reaktionsgleichung $2\ H_2 + O_2 \rightarrow 2\ H_2O$ eine repräsentative Darstellung für die makroskopische als auch die submikroskopische Ebene sein. Makroskopisch wird die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff betrachtet, bei welcher der neue Stoff Wasser entsteht. Submikroskopisch wird ein Verhältnis von Wasserstoff-Molekülen zu Sauerstoff-Molekülen in der Reaktion dargestellt. Taber (2013) betont, dass gegenüber den Lernenden transparent gemacht werden muss, ob durch die repräsentative Ebene eine makroskopische Stoffmenge beschrieben wird oder diese als Reaktionsverhältnisse einzelner Atome, Ionen oder Moleküle untereinander zu verstehen sind.

Taber (2013) kritisiert zudem, dass zumeist die Betrachtung der einzelnen Ebenen bereits eine Abstraktion der alltäglichen Umwelt darstellt. Er benennt beispielhaft die makroskopische Ebene, in welcher zwar chemische Phänomene einzelner Stoffe beobachtet werden, dies im Chemieunterricht aber nicht die Wirklichkeit der Schülerinnen und Schüler aufgreift. Er bezeichnet dies als kognitive Belastung, welche zu berücksichtigen sei und unterstützt dadurch Mahaffys Ergänzung des chemischen Dreiecks um eine menschliche Komponente, welche in diesem Zusammenhang auch als kontextuale Komponente bezeichnet werden kann.

Taber (2013) schlägt ein Modell zur Konzeptualisierung chemischen Wissens vor, welches die Repräsentation von makroskopischen und submikroskopischen Konzepten unterscheidet. Er schlägt vor, in der makroskopischen als auch in der submikroskopischen Ebene Konzeptbildungen anzuregen und in transparenten Phasen diese Ebenen durch die Symbol-Ebene miteinander zu verbinden (vgl. Abbildung 5).

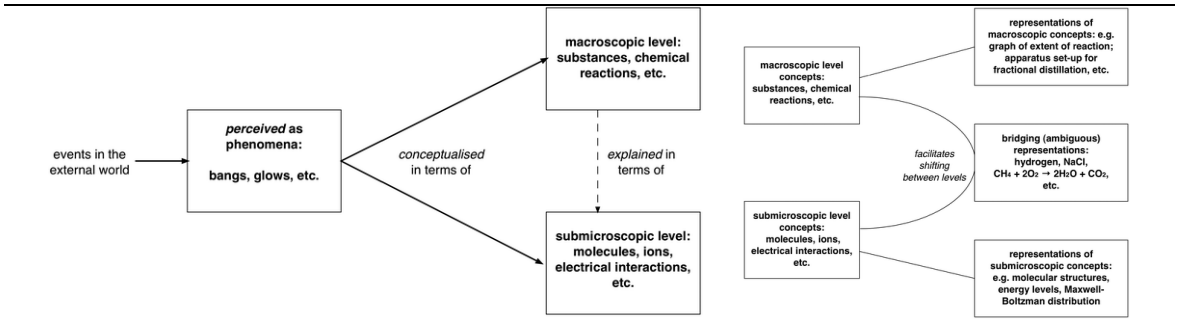


Abbildung 5 Konzeptualisierung chemischen Wissens (Taber, 2013, S. 159f)

Bucat und Mocerino (2009) betonen, dass die submikroskopische Ebene nur über die Vorstellungskraft zugänglich, jedoch zugleich nicht ausdifferenziert ist. So können Vorstellungen von Makromolekülen Kunststoffe beschreiben, eine geordnete Ansammlung gleicher Atome als ein Metall verstanden werden und im subatomaren Bereich ein Übergang von Elektronen ionische Bindungen erklären. Sie bezeichnen diese Zusammenfassung unter der submikroskopischen Ebene als eine große Herausforderung für die Lernenden. Daher schlagen sie schon eine möglichst frühe und scharfe Trennung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene vor, um eine weitere Differenzierung der Ebenen für Lernende im weiteren Lernprozess verständlich zu machen.

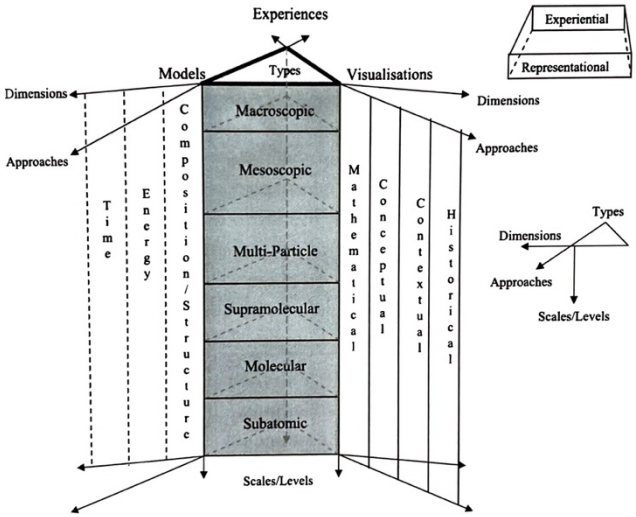


Abbildung 6 Chemisches Wissen mithilfe eines multidimensionalen Raumes identifizieren (Talanquer, 2011, S.189)

Talanquer (2011) unterstützt grundsätzlich die Differenzierung in verschiedene Ebenen, betont jedoch, dass die Differenzierung in drei Ebenen nicht den Reichtum und den vollständigen Umfang chemischen Wissens widerspiegeln kann. Er schlägt ein multidimensionales System vor, welches chemisches Wissen differenzieren soll (vgl. Abbildung 6). Talanquer differenziert darin drei grundlegende Arten von Wissen: *Experiences* als empirische Wissensart sowie *Models* und *Visualisations* als repräsentative Wissensart. Er beschreibt, dass diese Formen auf unterschiedlichen Leveln von der makroskopischen bis zur subatomaren Größe betrachtet werden können. Zudem fügt er drei Dimensionen hinzu, welche er als grundlegend für die Auswertung chemischer Phänomene nennt: *Composition/Structure, Energy, Time*.

So kann beispielhaft der Verlauf der Reaktion einer chemischen Reaktion eines Indikators zeitlich betrachtet werden. Makroskopisch können Farbveränderungen wahrgenommen und auf intermolekularer Ebene die zeitlichen Veränderungen der konjugierten Doppelbindungssysteme betrachtet werden (Talanquer, 2011).

Weiterhin benennt Talanquer (2011) noch vier verschiedene Ansätze (*Approaches*) unter denen die Wissensansätze betrachtet werden können. So beschreibt er, dass die Gewinnung von Metallen beispielsweise vor der historischen Perspektive reflektiert werden kann oder Verbrennungsreaktionen von fossilen Energieträgern auch im Hinblick auf ökologisch-gesellschaftliche Kontexte diskutiert werden können.

Durch die beschriebenen hohen kognitiven Anforderungen ist das Verknüpfen der Ebenen untereinander eine weitere Schwierigkeit (Nakoniz, 2015). Dabei ist dies jedoch besonders wichtig (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2003). Treagust et al. (2003) differenzieren innerhalb eines Modells in ein rudimentäres und schnell erlernbares Verständnis (*instrumental understanding*) sowie ein tiefgehendes Verständnis (*conceptual understanding*), welches für den Transfer auf andere Aufgaben benötigt wird.

Treagust et al. (2003) gehen davon aus, dass durch ein separiertes Wissen nur das rudimentäre Verständnis erreicht und erst durch die Verknüpfung der Ebenen das Erlernen des tiefgehenden Verständnisses möglich wird.

Eine besondere Herausforderung ist der korrekte Gebrauch der Fachsprache in der differenzierten Betrachtung der Ebenen (Nakoinz, 2015). Die zuvor beschriebenen Schwierigkeiten werden insbesondere durch sprachliche Herausforderungen und die Mischung von fachsprachlichen Begriffen negativ beeinflusst. Die inhaltlichen Unterschiede werden sprachlich oftmals nicht getrennt, so dass den Lernenden nicht zwangsweise bewusst sein kann, welche Ebene gemeint ist (Abels, Koliander, Heidinger & Plotz, 2018). Abels et al. (2018) benennen dies als einen Grund dafür, dass Lernende makroskopische Eigenschaften auf submikroskopische Sachverhalte übertragen und sich dadurch alternative Vorstellungen entwickeln. Barke (2006) beschreibt, dass Lehrende häufig fachsprachlich nicht eindeutig differenzieren und benennt dies als ein *Laborjargon von Lehrenden.* So werden Aussagen wie ‚Zink gibt Elektronen ab' als Beschreibung der Ionenbildungsreaktion beispielhaft benannt. In diesem Beispiel wäre es wichtig, davon zu sprechen ‚Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab'. Er betont, dass es die Aufgabe von Lehrenden ist, für Lernende fachsprachlich differenziert zur sprechen.

Barke & Büchter (2018) beschreiben zusätzlich, dass durch die Nutzung dieses Laborjargons durch die Lehrenden, alternative Vorstellungen bei Schülerinnen und Schülern entstehen können.

Dies scheint nachvollziehbar, wenn Lehrkräfte selbst sprachlich wenig zwischen den Ebenen differenzieren (Abels et al., 2018).

Die beschriebenen Diskussionen zum Johnstone-Dreieck sollen verdeutlichen, dass die Betrachtung einer Ebene nicht zwangsläufig eindeutig und ausdifferenziert ist. Die Ebenen sind nicht trennscharf zueinander. Für die Arbeit im Projekt erfordert es eine eigene Definition, die eine Eingrenzung der Ebenen im Rahmen der Intervention fasst. Zudem müssen auch die sprachlichen Repräsentationen für die Ebenen verdeutlicht werden (vgl Kapitel 1.4.1.).

1.1.3. Betrachtung der des Johnstone-Dreiecks in Schulbüchern

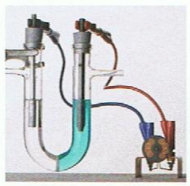
Im Folgenden sollen verschiedene Schulbücher betrachtet werden. Dazu werden insbesondere die Inhalte zum Thema der Galvanischen Zelle betrachtet. Dieses inhaltliche Thema wird im weiteren Projektverlauf einen kontextuellen Schwerpunkt der Intervention bilden.

Schulbücher gehen verschieden mit der Thematik Redoxreaktionen, Batterien, Akkumulatoren und Galvanische Zellen um. Einige trennen die Themen nach Batterien, Akkumulatoren als Energie aus chemischen Reaktionen und Elektrolysen im Sinne der Galvanisierung als Schutz vor Korrosion, andere wiederum behandeln alle Themen in einem Kapitel unter der Bezeichnung Elektrochemie.

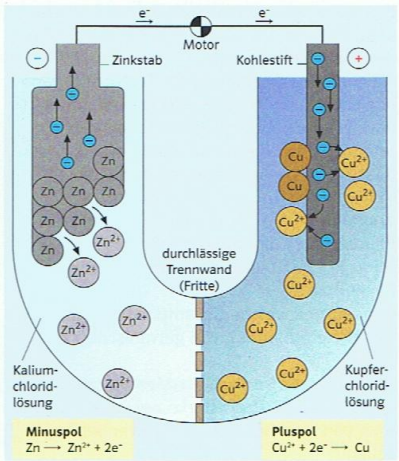
Im Folgenden werden die Darstellungsweisen der chemischen Reaktionen in drei Schulbüchern aufgeführt und beschrieben.

Der Autor merkt an, dass nur ein Ausschnitt aus dem jeweiligen Schulbuch gezeigt wird. Sollten Darstellungen kritisch betrachtet werden, so soll dies nicht einer Wertung des Schulbuchs gleichgesetzt werden, sondern als Auseinandersetzung mit der oben dargestellten theoriebasierten Grundlage. Die Ausschnitte sollen einen Eindruck von Ebenen-Differenzierungen innerhalb der Schulbücher beschreiben.

Zunächst wird die Darstellungsweise im Schulbuch vom *Klett-Verlag* ‚elemente chemie 1' (2009) für die Sekundarstufe I vorgestellt.



B2 Galvanische Zelle treibt einen Elektromotor an



B4 Vorgänge in der galvanischen Zelle

Abbildung 7 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Klett, 2009, S.248)

Es zeigt sich, dass eine Modellzeichnung für die Galvanische Zelle angeboten wird (vgl. Abbildung 7).

Neben der Modelldarstellung der Galvanischen Zelle ist ein Foto des Versuchsaufbaus gegeben. So werden die beobachteten Phänomene nochmals in Erinnerung gerufen. Das Foto

spiegelt die makroskopische Ebene wider, diese wird in der Modelldarstellung durch schematisch angedeutete Elektroden übertragen. Die repräsentative Ebene wird durch die Nutzung von Elementsymbolen, der Formulierung von Reaktionsgleichungen, der Fließrichtung von Elektronen und der symbolischen Abkürzung eines elektrischen Verbrauchers dargestellt. Auf der submikroskopischen Ebene wird das Daltonmodell genutzt, die Atome und Ionen werden durch ihre Elementsymbole abgekürzt. Elektronen werden als einzelne Teilchen verstanden. Die freien Anionen der Salz-Lösungen werden nicht dargestellt.

Bei der Modelldarstellung der Galvanischen Zelle wird die Struktur des Zinkstabes zum Teil als Atompackung und zum Teil als Rechteck dargestellt, diese Vermischung zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene können fachlich nicht-anerkannte Schülervorstellungen im Bereich der Diskontinuumstheorie hervorrufen und erzeugen Aussagen wie: ‚Zink gibt Elektronen ab'. Zudem werden die jeweiligen Modelldarstellungen in den Farben der jeweiligen Stoffe dargestellt, damit wird eine weitere Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene gefördert (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018).

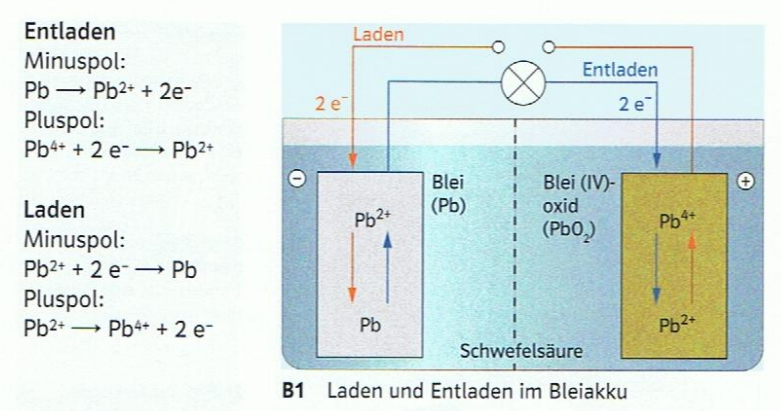
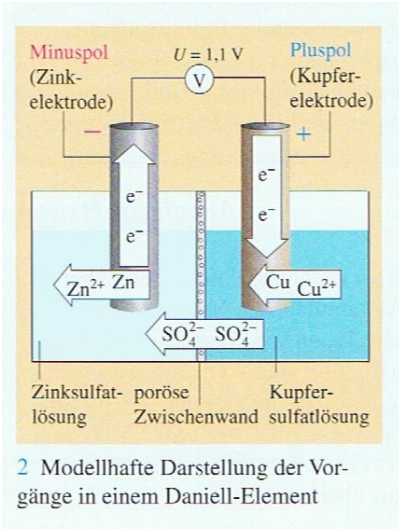


Abbildung 8 Schulbuchabbildung zum Bleiakkumulator (in Klett, 2009, S.248)

Bei der Darstellung des Bleiakkumulators weicht das Schulbuch von seiner vorherigen Herangehensweise ab (vgl. Abbildung 8). Alle drei Ebenen des Johnstone-Dreiecks werden sehr stark vermischt. Es wird keine Differenzierung zwischen Pb-Atomen und Pb^{2+}-Ionen, sowie zwischen Pb^{2+}-Ionen und Pb^{4+}-Ionen auf submikroskopischer Ebene getroffen. Die Teilchen können nicht zugeordnet werden, da Teilchen im Sinne vorheriger Zeichnungen gar nicht dargestellt und nur durch die Symbol-Ebene repräsentiert werden. Die Struktur der Grundbausteine wird nicht berücksichtigt. Die Abbildung versucht durch farbliche Pfeile zu markieren, dass ein Pb^{2+}-Ion zwei Elektronen aufnimmt und zum Pb-Atom reduziert wird. Für Schülerinnen und Schüler, welche jedoch noch keine korrekten Vorstellungen zu diesen Prozessen haben, ist diese Darstellung sehr komplex. Die Abbildung assoziiert, dass die Blei-Elektrode zwei Elektronen aufnimmt. Dies ist zum einen eine Vermischung von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen und zum anderen - auf der submikroskopischen Ebene betrachtet - fachlich falsch. Pb-Atome nehmen in dieser Reaktion keine Elektronen auf. Die Schwefelsäure-Lösung und die Anionen des Blei(IV)oxids

werden ebenfalls nicht dargestellt. Für den Aufladeprozess wird zudem auf symbolischer Ebene eine Wechselspannungsquelle dargestellt. Dies ist ebenfalls fachlich falsch. Bei dem Experiment muss eine Gleichspannung an die Elektroden angelegt werden.

Nun wird die Darstellung im Schulbuch ‚Fokus Chemie – Gesamtband Sekundarstufe I' (2010) vom *Cornelsen Verlag* betrachtet.



2 Modellhafte Darstellung der Vorgänge in einem Daniell-Element

Abbildung 9 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Cornelsen, 2010, S.372)

Das Schulbuch stellt eine Modelldarstellung des Daniell-Elements zur Verfügung. Die Darstellung und Beschreibung der Galvanischen Zelle ist Ebenen-vermischend (vgl. Abbildung 9). Es wird angezeigt, dass die Spannung von 1,1 V gemessen wird, aber dennoch wird ein Stromfluss gezeichnet. Auch im Schulbuchtext wird von der Elektronenübertragung von Zn-Atomen zu Cu^{2+}-Ionen geschrieben, was jedoch beim Spannungsaufbau noch nicht der Fall ist. Zudem wird in diesem Buch die makroskopische und die repräsentative Ebene vermischt. Die Atome und Ionen werden durch ihre Element-Symbole angedeutet, jedoch werden die Oxidation und Reduktion nicht verständlich. Eine Erklärung auf submikroskopischer Ebene bleibt aus.

Zuletzt wird das Schulbuch ‚Chemie 2000+' (2010) vom *C.C. Buchner Verlag* betrachtet.

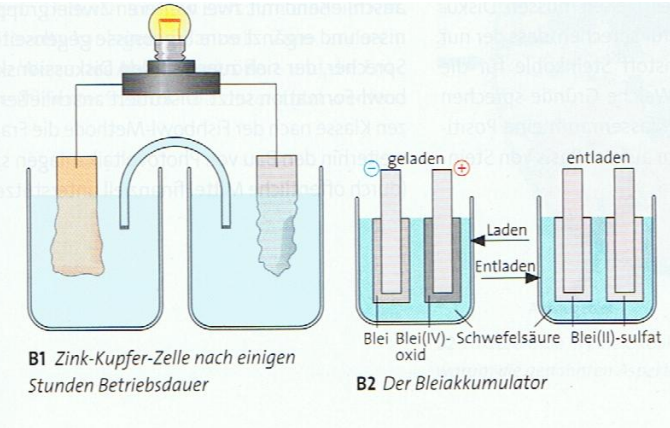


Abbildung 10 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle und zum Bleiakkumulator (in Buchner, 2010, S. 218)

Für die Galvanische Zelle und den Bleiakkumulator werden ausschließlich die makroskopischen Beobachtungen grafisch dargestellt (vgl. Abbildung 10). Dadurch können sich bei den Schülerinnen und Schülern keine submikroskopischen Vorstellungen über die Oxidation und Reduktion bilden. Es kann auch nicht die Durchführung der Experimente ersetzen. Positiv ist jedoch zu erwähnen, dass die Darstellung auf einer rein makroskopischen Ebene dargestellt ist.

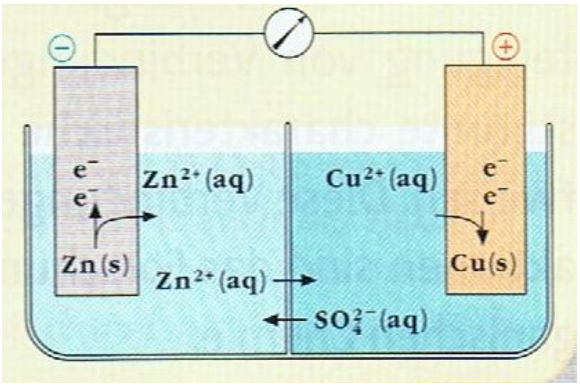


Abbildung 11 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Buchner, 2010, S.219)

Die Galvanische Zelle wird im Weiteren nochmals dargestellt (vgl. Abbildung 11) und näher beschrieben. Die Beschreibung erfolgt nur allgemein und vermischt die makroskopische und submikroskopische Ebene: „[…] Innerhalb der Zelle findet der Ladungstransport über Ionen statt, außerhalb über Elektronen. Über die unedlere Elektrode werden Elektronen bereitgestellt, das Elektrodenmaterial wird oxidiert …" (Buchner, 2010, S.219). Eine treffendere Formulierung nach Johnstone wäre beispielsweise: ‚Die Atome im Elektrodenmaterial werden oxidiert und gehen als Ionen in die Lösung. Es bildet sich ein Elektronenüberschuss'. Bei der nicht klaren Trennung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene in der Erläuterung und der Vermischung von makroskopischer und repräsentativer Ebene in der Modelldarstellung, ist es für die Schülerinnen und Schüler, wie bereits

erwähnt, deutlich erschwert, kognitive Konzepte zu Redoxreaktionen zu bilden. Es wird außerdem - über das genannte Zitat erkennbar -, ein geschlossener Stromkreislauf dargestellt, jedoch wird ein Spannungsmessgerät als Symbol eingezeichnet. Bei der Darstellung eines Spannungsmessgeräts liegt kein geschlossener Stromkreis vor und es fließt auch keine elektrische Energie. Die Darstellung ist demnach nicht passend zum Text.

Es zeigt sich, dass viele Schulbücher bei ihren Modellzeichnungen auf das Daltonmodell zurückgreifen.

Eine weitere, häufige Beobachtung ist die Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene sowie von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen.

Die Schülerinnen und Schüler können dadurch nur erschwert eine Vorstellung von Oxidation und Reduktion bilden. Vielmehr besteht die Gefahr, dass sich keine fachlich-anerkannten Vorstellungen zu diesen Prozessen aufbauen. Es ist eine klare Darstellung auf Ebene der Atome und Ionen nötig, damit die Lernenden diese Prozesse verstehen können.

Der Einsatz von Modellen dient zur bildhaften Strukturierung der Vorstellungen der Redoxprozesse, die Wirkung von Modellen ist nicht zu unterschätzen. Es bedarf jedoch auch einer klaren Trennung von makroskopischer, submikroskopischer und repräsentativer Ebene.

1.2. Grundlagen des Lernens

In diesem Kapitel soll die Betrachtung von Lernen fokussiert werden. Es wird beschrieben, welche Theorien dem Verständnis von Lernen im Rahmen dieses Projektes berücksichtigt und zugrunde gelegt werden.

> *First of all, the simultaneous introduction of all three aspects is a sure recipe for overloading working space. […] Secondly, when the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born! (Johnstone, 2000, S.11)*

Das bereits benannte Zitat beschreibt sehr passend die lerntheoretische Betrachtung Johnstones. Er nimmt ein begrenztes Arbeitsgedächtnis an, welches einen *cognitive overload* erfahren kann und beschreibt einen konstruktivistischen Ansatz in der Bildung von Schülervorstellungen.

Dieser Gedanke wird im Folgenden aufgegriffen. Es wird zunächst die konstruktivistische Lerntheorie beschrieben. Weiter werden die *cognitive load* Theorie und die *cognitive theory of multimedia learning* als Basistheorien für den Lernprozess näher betrachtet.

1.2.1. Lernen

Der Begriff *Lernen* wird vielseitig genutzt und verstanden. So kann es das intentionale Training als einzelne Handlung von Vokabeln für den Schulunterricht beschreiben, es kann das Entdecken und Erfahren von Unbekanntem sein und auch die Verbesserung von bestehenden Fähigkeiten darstellen.

Um Lernen konsistent im Rahmen dieses Projektes zu betrachten, bedarf es einer wissenschaftlichen Definition.

> *Lernen bezieht sich auf relativ dauerhafte Veränderungen im Verhalten oder den Verhaltenspotentialen eines Lebewesens in Bezug auf eine bestimmte Situation. Es beruht auf wiederholten Erfahrungen mit dieser Situation und kann nicht auf angeborene bzw. genetisch festgelegte Reaktionstendenzen, Reifung oder vorübergehende Zustände (z.B. Müdigkeit, Krankheit, Alterung, Triebzustände) zurückgeführt werden. (Bower & E.R., 1983; zitiert nach Dellbrügge, 2020, S.3)*

„Wiederholte Erfahrungen“ ist der Schlüsselbegriff dieses Zitats für die Bildung von Lernsituationen und folglich für die Entwicklung von Lernmaterial. Die Lernenden müssen einen Prozess selbst erfahren und durchlaufen sowie diese Erfahrungen wiederholen. Zudem kann abgeleitet werden, dass Lernprozesse und Lernmaterialien die bestehenden Erfahrungen der Lernenden aufgreifen müssen, um somit auch einen Wiederholungsprozess zu generieren.

Es ist wichtig zu entscheiden, wie der Lernerfolg von erarbeitetem Lernmaterial beurteilt werden kann. Nach dem Zitat sind es „dauerhafte(n) Veränderungen im Verhalten oder den Verhaltenspotentialen“, welche mit dem Kompetenzbegriff aus den Kernlehrplänen verstanden werden kann. Es zeigt die „Fähigkeit [...] ein bestimmtes Verhalten zu zeigen“ (Rinck, 2016, zitiert nach Dellbrügge; 2020, S. 4). Diese Fähigkeiten werden als theoretische Konstrukte verstanden und sind in dieser Form nicht messbar. Erst die „tatsächlichen Auswirkungen des Verhaltens“ (Rinck, 2016, zitiert nach Dellbrügge, 2020, S.4) sind beobachtbar und dadurch messbar. Dies wird als Performanz bezeichnet. In der Auswertung dieses Projektes ist somit begründet darzustellen, welche Performanz von den Lernenden erwartet wird, um einen Lernerfolg beurteilen zu können.

Im Schulkontext befassen sich Lehrerinnen und Lehrer mit der Vermittlung von Kompetenzen, welche u.a. aus Wissenserwerb und Problemlösestrategien bestehen (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013). Dieser kognitive Prozess von Wissenserwerb, „seiner Enkodierung, Umwandlung, Speicherung und seinem Abruf“ (Petermann & Petermann, 2018, S.22) soll einen Fokus dieser Arbeit bilden.

Um erfolgreich Wissen und Kompetenzen zu vermitteln, müssen folglich die Faktoren, welche dafür notwendig sind, als Kriterien für eine zu entwickelnde Lernumgebung gesetzt werden. Diese werden in den folgenden Kapiteln ausgearbeitet.

Lernen ist nach der benannten Definition ein dauerhafter Prozess. Um den Erfolg einer Lernumgebung oder eines Lernprozesses zu messen, sollte somit auch eine Überprüfung

mit zeitlicher Distanz durchgeführt oder diese durch eine Metabefragung der Probanden erhoben werden.

1.2.2. Konstruktivistische Lerntheorien

Die konstruktivistischen Lerntheorien sind eine überwiegend paradigmatische Betrachtung von Lernen (Duit, 1995). Sie sind somit grundlegend für die Planung von Unterricht und die Erarbeitung von Lernmaterialien. Es ist jedoch zu beachten, dass „der Konstruktivismus keine [...] konsistente Theorie [ist], sondern eine Perspektive mit einem substanziellen Kern" (Duit, 1995, S.905). Im Folgenden sollen die Grundaussagen der konstruktivistischen Lerntheorien dargestellt werden.

Wissen kann nicht wie im bekannten ‚Nürnberger Trichter' in die Köpfe der Lernenden gefüllt werden (Thissen, 2013). Lernen wäre demnach auf einzelne Gegenstände konzentriert und könnte einem systematisch-organisierten Prozess folgen (Reinmann & Mandl, 2006). Diese Auffassung von Lernen widerspricht jedoch dem im vorherigen Kapitel widergegebenen Zitat, welches in der Schlussfolgerung den Einbezug von wiederholenden Erfahrungen fordert und nicht einzelne isolierter Inhalte betrachtet. Lernen und Verstehen müssen somit immer an die Anknüpfung vorhandener Wissensstrukturen verstanden werden (Schulmeister, 2004).

Ausubel (1968) stellt in seiner Veröffentlichung das „bedeutsame Lernen" dem „Auswendiglernen" (Ausubel, 1968, S.38) gegenüber. Das Auswendiglernen von isolierten Informationen ist demnach sehr anstrengend und nicht erfolgversprechend. Wird eine Person beispielsweise eine Stunde nach einer Wissensabfrage über das isolierte Wissen befragt, kann die Person dies oft nicht mehr vollständig abrufen. Ausubel (1968) betrachtet dieses isolierte Wissen als einzelne Boxen, welche nicht nachhaltig und somit ohne Mehrwert sind. Unter „bedeutsamen Lernen" versteht Ausubel (1968) den Erfolg der Verknüpfung aller neuen Informationen mit bestehenden Vorerfahrungen.

Im Lernprozess werden jederzeit Wahrnehmungen aufgenommen. In der unbewussten Betrachtung des Lernenden wird darauf geachtet, ob diese Wahrnehmung mit vorhandenen Strukturen und Vorstellungen kompatibel sind und in der eigenen Betrachtung Sinn ergeben. Andernfalls wird die Information als neuartig-überraschend wahrgenommen (Wirth, 2009).

Insbesondere Piagets Aussage, dass Wissen subjektiv konstruiert werden muss, ist ein übergreifender Konsens in den Konstruktivismus-Theorien (Reich, 2008). Demnach ist jede Aufnahme von Wissen keine Kopie der Wirklichkeit, sondern eine eigene Konstruktion der Lernenden. Jeder Lernende bildet seine eigenen mentalen Vorstellungen der Wirklichkeit ab. Für die Vermittlungsprozesse - insbesondere im Schulkontext - bedeutet dies, dass Wissen nicht von einer Person zu einer anderen übertragen werden kann (Knuth & Cunningham, 1993). Die Lernenden müssen das Wissen selbst durch Handlungen, bei

denen eigene Erfahrungen, das eigene Ausprobieren und Experimentieren oder das Erfinden im Fokus stehen, konstruieren (Reich, 2005; Reich, 2004). Dieses Wissen kann dabei nicht vollständig sein, sondern wird ständig modifiziert und erweitert, bis es widerlegt werden kann (Reich, 2008).

Somit ist nach konstruktivistischer Sicht die aktive Rolle des Lernenden ein elementares Kriterium für den Lernerfolg (Reinmann & Mandl, 2016).

Lernen findet in der Wahrnehmung dieser eigenen Erfahrungen statt. Das Geschehen wird sensorisch wahrgenommen, gefiltert und gelangt in das Arbeitsgedächtnis. Dort wird es unbewusst mit den vorhandenen Erfahrungen und Wissensstrukturen im Langzeitgedächtnis interpretiert, verglichen, umgeordnet und durch diese Prozesse - als Feedback mit den vorhandenen Strukturen - zur Speicherung im Langzeitgedächtnis vorbereitet. (Wirth, 2009; Johnstone, 1997) (vgl. Abbildung 12).

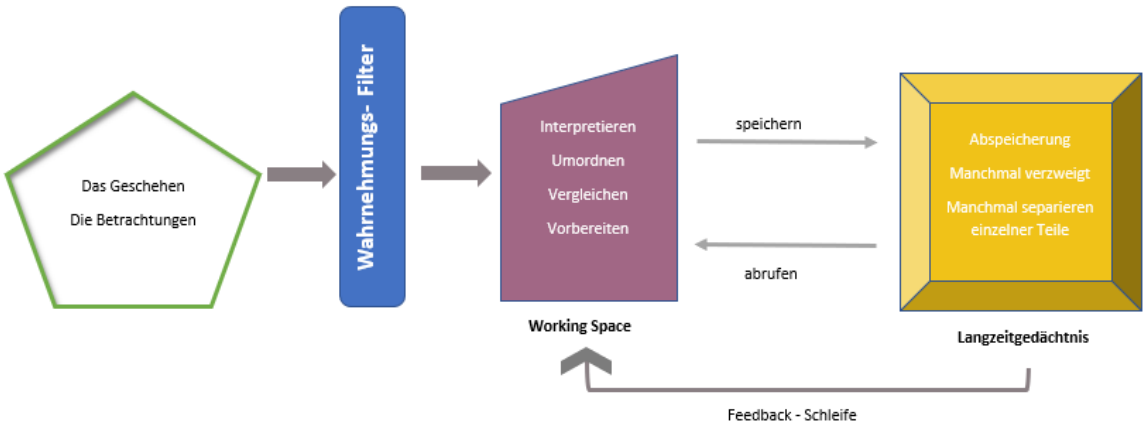


Abbildung 12 In Anlehnung an das „Information processing model" nach Johnstone (vgl. Johnstone, 1997, S. 263). (Übersetzung abgerufen aus Albers, 2018, S.6)

Johnstones Chemisches Dreieck ist ein sehr elementarer Bestandteil dieses Forschungsprojektes. Somit ist es sehr wichtig zu betrachten, wie Johnstone Lernen versteht. Seine Veröffentlichungen fügen sich – wie oben angedeutet – in die konstruktivistischen Lerntheorien ein.

Johnstone (2000) gibt an, dass die menschlichen Wahrnehmungen von seinen bereits bekannten Fähigkeiten und Vorstellungen im Langzeitgedächtnis kontrolliert werden. Neue Informationen können erfolgreich im Langzeitgedächtnis verankert werden, wenn sie logisch mit vorhandenem Wissen verknüpft werden können. Es birgt aber auch die Gefahr, dass es einem falschen Kontext zugeordnet wird. Informationen können auch ungebunden gespeichert werden und dadurch einen neuen Anknüpfungspunkt als Vorerfahrung bilden.

Johnstone (1997) schlägt deshalb vor, das isolierte Wissen, in den von Ausubel (1968) beschriebenen einzelnen Boxen, im Schulkontext sinnvoll miteinander zu verknüpfen, um dadurch „Bedeutsames Lernen" (Ausubel, 1968) zu ermöglichen.

Dieses Modell der Informationsverarbeitung sieht folglich nicht die kumulative Sammlung von einzelnen Boxen vor (Hasselhorn & Gold, 2013), sondern es erfordert eine aktive Verarbeitung dieser Informationen mit den Vorerfahrungen. Somit ist neben der erfolgreichen Verknüpfung von neuen Informationen mit Vorerfahrungen, auch die Belastung des Arbeitsgedächtnisses für den Lernerfolg von Bedeutung (Wirth, 2009). Die angebotenen neuen Informationen dürfen nicht die Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses überlasten (vgl. Kapitel 1.2.3).

Wenn jedoch im Lernprozess neue Informationen an den ursprünglichen Kontext als einzelne Bausteine gebunden werden, müssten - theoretisch betrachtet - alle möglichen Aufgaben und Situationen erfahren und durchlebt werden, damit diese neuen Erfahrungen als Wissen betrachtet werden können (Bendrof, 2016). Dies würde eine große Menge an trägem Wissen verursachen, welches kaum Anwendungen finden kann (Renkl, 1996). In den konstruktivistischen Lerntheorien steht somit insbesondere die Vermittlung von Methoden zu Problemlösestrategien im Vordergrund (Reich, 2008).

In Bezug auf den Unterrichtskontext soll den Lernenden somit kognitives Handwerkzeug – Kompetenzen – vermittelt werden, welches sie zur Lösung von unbekannten Situationen nutzen können. Dies kann durch die Verknüpfung mit Vorerfahrungen und der Vernetzung einzelner Informationsboxen erreicht werden.

Reinmann & Mandl (2006) geben vor der Betrachtung der dargestellten konstruktivistischen Ansicht fünf Leitlinien als Kriterien für Lernumgebungen. Es soll zudem angemerkt werden, dass Reinmann & Mandl (2006) eine Lernumgebung nicht als eine rein örtliche Umgebung betrachten, sondern sie sehen darin alle Parameter, wie den Einsatz von Unterrichtsmethoden, -techniken, Lernmaterialien und Medien.

Nach Reinmann & Mandl (2006, S.640 f; abgerufen aus Dellbrügge, 2020) sollen Lernende

1. situiert und anhand authentischer Probleme lernen – durch einen lebensweltlichen Kontext und realistische Problemdarstellungen werden bei den Lernenden eine höhere Relevanz der Wahrnehmung und dadurch eine erhöhte Motivation erreicht.
2. in multiplen Kontexten lernen – durch die Anwendung des Wissens auf verschiedene Kontexte soll die Problemlösefähigkeit gestärkt werden.
3. unter multiplen Perspektiven lernen – die Lernenden sollen durch die Betrachtung verschiedener Ebenen ihre Fähigkeiten flexibler anwenden können.
4. in einem sozialen Kontext lernen – kooperative und kollaborierende Lernphasen führen zu einer Förderung eines ‚gesellschaftlichen' Verständnisses des Lerngegenstandes.
5. mit instruktionaler Unterstützung lernen – die Lernenden benötigen einzelne vorgegebene Anleitungen, um einen Lernprozess zu bearbeiten. Der Grad der Öffnung

und Schließung durch Instruktionen muss dabei immer didaktisch abgewogen werden.

Diese genannten Kriterien müssen unter Beachtung der konstruktivistischen Lerntheorien somit Anwendung in der Erarbeitung eines Lernangebots finden.

1.2.3. Lernen unter Berücksichtigung der Cognitive Load Theory

Sweller (1988, 2010) vertritt die Ansicht, dass die menschliche Kognition mit Ausprobieren zufällig generierter Lösungsvorschläge auf unbekannte Probleme reagiert, er benennt dies als „randomness as genesis principle" (Sweller , 2006, S. 354). Ein Wissen über vorhandene und bekannte Lösungsvorschläge verringert dabei die Anzahl der notwendigen Versuche – „random generate and test process" (Sweller, 2006, S. 354). Die Verknüpfung von brauchbaren und benötigten Lösungsvorschlägen mit bereits vorhandenem Wissen wird in einem Arbeitsgedächtnis zusammengeführt.

Bevor Problemlösestrategien oder neue Inhalte langfristig abgerufen, also im Langzeitgedächtnis gespeichert werden können, werden in aktiven Prozessen die Wahrnehmungen gefiltert und bewertet (Wendt, 2009). Die Informationen werden nach der sensorischen Aufnahme zunächst vom sensorischen Gedächtnis aufgenommen und ins Kurzzeitgedächtnis (Atkinson & Shiffrin, 1968) bzw. Arbeitsgedächtnis (Baddeley A. , 1983) gebracht.

Baddelay (1983) modelliert das Arbeitsgedächtnis in der Operationalisierung verschiedener Teilbereiche, welche in einem Austauschprozess mit den Vorerfahrungen des Langzeitgedächtnisses stehen (vgl. Abbildung 13).

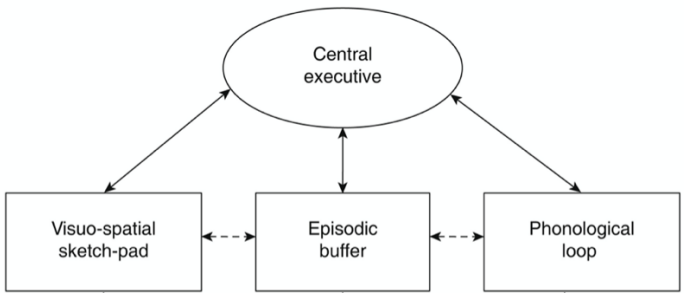


Abbildung 13 Modell des Arbeitsgedächtnis, model of working memory (Baddeley, 2010, S. 138)

Wie in einem Computer arbeiten diese Teilbereiche im Arbeitsgedächtnis zusammen. Der „räumlich-visuelle Notizblock", der „Episodische Puffer" und die „Phonologische Schleife" (Baddeley, 2010, S. 138) bilden in dieser metaphorischen Betrachtung den Arbeitsspeicher. Der räumlich-visuelle Notizblock stellt ein Informationssystem dar, welches über kurze Zeit mentale Bilder erstellen und festhalten kann. Diese Bilder werden durch die visuellen Wahrnehmungen der Umgebung erzeugt (Baddeley, 2010). Die Phonologische Schleife kann durch innerliche Wiederholungen auditorische und sprachliche

Informationen abspeichern. Dies wird beispielsweise beim Vokabel lernen umgesetzt. Der Episodische Puffer speichert zusammenhängende Informationen zwischen den beiden anderen Teilbereichen ab (Baddeley, 2010). Die „zentrale Exekutive“ (Baddeley, 2010, S. 139) verarbeitet diese Informationen aus den Teilsystemen untereinander wie ein Prozessor und verknüpft diese mit den Informationen aus dem Langzeitgedächtnis. Dabei werden Informationen im Langzeitgedächtnis ergänzt, überspeichert oder neu angelegt (Dellbrügge, 2020).

Dieses Modell erklärt, weshalb Auswendiglernen keinen dauerhaften Lernerfolg birgt. Die Informationen können in den Teilsystemen Phonologische Schleife und räumlich-visueller Notizblock geführt werden, es wird jedoch eine gewisse Beschäftigungstiefe benötigt, um von der zentralen Exekutive verarbeitet zu werden. (Craik & Lockhart, 1972)

Die *Cognitve Load Theory* greift diese Annahmen auf und erweitert diese um eine begrenzte Aufnahmefähigkeit des Arbeitsgedächtnisses – ähnlich der Speicherkapazität eines Computers. Es wird davon ausgegangen, dass durchschnittlich sieben neue Elemente gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis behalten werden können. (Miller, 1956)

Um jedoch Verstehensprozesse erfolgreich abzuschließen und die neuen Erfahrungen und Vorstellungen im Langzeitgedächtnis abspeichern zu können, müssen alle notwendigen Elemente gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis vorhanden sein. (Paas & Sweller, 2014)

Paas und Sweller (2014) beschreiben den Umgang und den Umfang von Informationen im Arbeitsgedächtnis durch kognitive Belastungen.

1. Die intrinsische Belastung: Der Inhalt einer Information ergibt die intrinsische Belastung. Je gehaltvoller eine Information (hohe Informationsdichte, komplexe Wortwahl, eine Vielzahl an zusammenhängenden Informationen) desto höher ist die intrinsische Belastung. In Bezug auf die Entwicklung von Lernmaterialien ist somit insbesondere auf eine Begrenzung der Inhalte zu achten, so dass diese angemessen verarbeitet werden können.
2. Die extrinsische Belastung: Die Vermittlung bzw. Darstellung der Information beschreibt die extrinsische Belastung. Dies kann einzeln oder die Kombination aus einer geschriebenen, auditiven und bildlichen Vermittlung sein. So können beispielsweise unpassende Text-Bild-Kohärenzen eine extrinsische Belastung darstellen (Heinicke, Lumer, & Heinen, 2018). In der Gestaltung von Lernmaterialien soll die extrinsische Belastung möglichst geringgehalten werden.
3. Die intendierte Belastung: Die intendierte Belastung ist die Bewältigung der Informationsverarbeitung. Es beinhaltet den eigentlichen Lernprozess und beschreibt folglich die Belastung, welche für einen Lernerfolg notwendig ist.



Der freie Raum kann für die intendierte Belastung, den Lernprozess, genutzt werden.

Die extrinsische Belastung stellt die Belastung, um den Vermittlungsweg zu erfassen.

Die intrinsische Belastung wird durch den Informationsgehalt einer Information erzeugt.

Abbildung 14 Modelldarstellung für die Kapazität des Arbeitsgedächtnis, angelehnt an: Heinicke, Lumer & Heinen, 2018, S. 31)

Unter der Annahme, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist, müssen diese drei Belastungen im Lernprozess betrachtet werden. In der Summe können diese drei Belastungsarten maximal die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ausfüllen. Die intrinsische und extrinsische Belastungen können jeweils durch die Umsetzung im Lernmaterial bedingt gesteuert werden. Sie geben dadurch eine freie Kapazität für die mögliche intendierte Belastung. Eine möglichst hohe intrinsische und intendierte Belastung wäre anzustreben.

Jedoch können die intrinsische und extrinsische Belastung auch eine höhere intendierte Belastung erfordern, welche nicht durch die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses abgebildet werden können. Sollten die Belastungen zu hoch werden, wird dies als „cognitive overload“ (Paas und Sweller, 2014, S. 62) bezeichnet.

In der Erstellung von Lernmaterial ist somit auf eine angemessene Aufbereitung des intrinsischen und extrinsischen Gehalts von Informationen zu achten. Komplexe Informationen sollten möglichst in kleinere verständliche Informationsstücke differenziert werden, unnötige extrinsische Belastungen – wie beispielsweise nicht benötigte Grafiken oder ausschmückende Textpassagen – sollten weggelassen werden. (Heinecke, Lumer & Heinen, 2018)

1.2.4. Cognitive Theory of Multimedia Learning

Eine weitere Theorie über die Metabeschreibung des Lernprozesses ist die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2014). Es sind Parallelen zur *Cognitive Load Theory* erkennbar, so dass diese auch im Rahmen dieser Arbeit Berücksichtigung findet.

„People can learn more deeply from words and pictures than from words alone.” (Mayer, 2014b, S.1)

Die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* wird oftmals - jedoch auch fälschlicherweise - als rein digitale Lerntheorie missverstanden. Sie ist vielmehr als sensorisch begründete Lerntheorie zu verstehen. Das benannte Zitat gibt auf eine sehr einfache Art den Kern der

Cognitive Theory of Multimedia Learning wieder: Das Lernen über verschiedene mediale Zugänge.

Mayer (2014a) nennt für die Aufnahme neuer Informationen zum einen den auditiven Zugang über gesprochene Wörter und zum anderen den visuellen Zugang über Bilder, wie in geschriebenen Texten oder in Fotos, Diagrammen oder Zeichnungen, aber auch über bewegte Bilder, wie in Videos und Animationen.

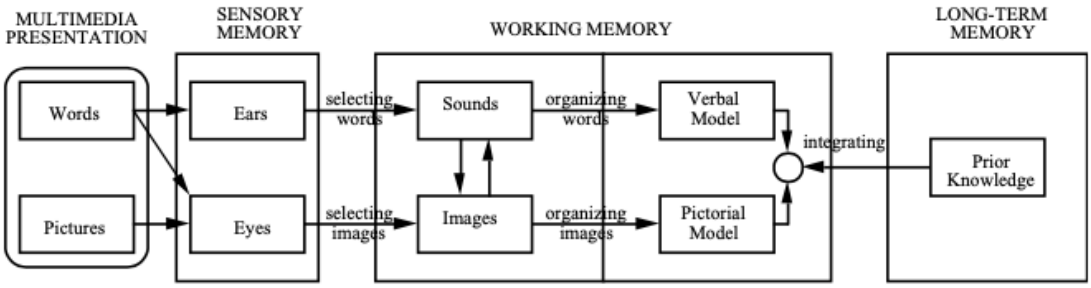


Abbildung 15 Cognitive Theory of Multimedia learning (Mayer, 2014a, S. 37)

Neue Informationen durchlaufen nach dem Modell drei Gedächtnisspeicher. Lernende nehmen über den visuellen und auditiven Zugang Reize und damit Informationen über das Auge oder das Gehör wahr. Die Informationen werden im sensorischen Gedächtnis kurze Zeit gespeichert. Die Aufnahmefähigkeit ist hierbei begrenzt. Im sensorischen Gedächtnis werden die Reize nach Relevanz bewertet und sortiert, irrelevante Reize werden verworfen und als nicht wahrgenommen empfunden, um den reizverarbeitenden Prozess nicht zu überlasten. Im weiteren Schritt werden die relevanten Informationen im Arbeitsgedächtnis miteinander verarbeitet, es entstehen mentale Repräsentationsmodelle. Im Arbeitsgedächtnis entstehen zum einen ein verbales Repräsentationsmodell durch die Strukturierung der verarbeiteten aufgenommenen Wörter und zum anderen ein bildliches Repräsentationsmodell über die Strukturierung der verarbeiteten aufgenommenen visuellen Informationen (Mayer, 2014a, vgl. Abbildung 15). Dieser Schritt kann mit Baddeleys Ausdifferenzierung des Kurzzeitgedächtnisses verglichen werden. Das mentale verbale Modell ist mit Baddeleys (1983) Phonologischer Schleife und das mentale visuelle Modell mit Baddeleys räumlich-visuellem Notizblock vergleichbar. Die mentalen Modelle und das vorhandene Wissen aus dem Langzeitgedächtnis werden nach Mayer (2014a) abschließend zu einem integrierten Modell verknüpft. Das Langzeitgedächtnis kann dabei Strukturhilfen durch Bekanntes bieten und die Integration unterstützen.

Schnotz (2014) beschreibt in seinem *Integratet Model of Text and Picture Comprehension* einen ähnlichen Prozess. Er nimmt ebenfalls an, dass Informationen über visuelle und auditive Reize aufgenommen werden und in ein Arbeitsgedächtnis mit begrenzter Kapazität gelangen. Anders als in der beschriebenen *Cognitive Theory of Multimedia Learning* wird in diesem Modell davon ausgegangen, dass die mentalen Modelle der aufgenommenen Informationen bereits im Arbeitsgedächtnis integriert werden, bevor sie mit Wissen aus dem Langzeitgedächtnis verknüpft werden (Scheiter et al., 2020). Dies soll an dieser Stelle der

vollständigen Betrachtung dargestellt sein, hat jedoch in der Auswirkung für die Gestaltungskriterien von Lernmaterialien keine Bewandtnis.

Nach Auffassung der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* kann der Prozess der mentalen Modellierung durch das Design von Lernmaterial beeinflusst werden (Mayer, 2014a).

Im Folgenden sollen daher die Prozesse dargestellt werden, welche im Lernprozess angenommen werden. Der „extraneous process" (Mayer & Fiorella, 2014, S.179f) befasst sich mit allen Elementen, die nicht direkt dem Lernziel zugeordnet werden. Der extraneous process beschreibt dabei die Vermittlung von Informationen durch die angebotenen visuellen und auditiven Reize. Es kann nach der *Cognitive Load Theory* mit der extrinsischen Belastung verglichen werden. Folglich ist darauf zu achten, dass die Informationen angemessen aufbereitet und irrelevante Reize weggelassen werden, um keinen „extraneous overload" (Mayer & Fiorella, 2014, S.179) zu erzeugen.

Als weiteren Prozess benennt Mayer (2005) den „essential process" (S. 169). Hier ist erkennbar, dass aus den aufgenommenen inhaltlichen Informationen die mentalen Repräsentationsmodelle erzeugt werden. Mayer vergleicht dies mit der intrinsischen Belastung nach der *Cognitive Load Theory*. Die inhaltlichen Informationen werden strukturiert, umgeordnet und priorisiert, so dass das visuelle und das auditive Repräsentationsmodell gebildet werden.

Als letzten Prozess beschreibt Mayer (2009) den „generative process" (S.81f), welchen er mit Swellers (1999, abgerufen aus Mayer 2009) intendierter Belastung der *Cognitive Load Theory* vergleicht. Er beschreibt darin einen Prozess, der unter Berücksichtigung der Motivation der Lernenden den Lernprozess erfolgreich abschließt, in dem die mentalen Repräsentationsmodelle mit dem Vorwissen und Vorerfahrungen des Langzeitgedächtnisses verknüpft werden und so der aktive Verstehensprozess für die Lernenden beschrieben wird.

Diese Theorie beschreibt demnach den Lernprozess unter Beachtung multimedialer Informationen. Unter der Berücksichtigung des breiten Spektrums von Informationen in Lernmaterialien des Chemie-Lernens durch visuelle und auditive Informationen, beispielsweise allein in der Durchführung eines Experimentes, müssen die abgeleiteten Kriterien der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* Bestandteil in der Entwicklung von Lernmaterial sein. Dies soll im Folgenden aufgegriffen werden.

1.2.5. Gestaltungskriterien aus den Lerntheorien für Lernmaterial

Durch die vorher beschriebenen Lerntheorien wird deutlich, dass Lernen als Verständnis der Aneignung von Kompetenzen, in Form von Wissen, Erfahrungen und Problemlösestrategien o.Ä., eigene Konstruktionen erfordert. Unterricht und Lernmaterialien müssen diese

Konstruktionen steuern können, um die Lernenden zu fachlich anerkannten Erfahrungen zu führen bzw. zu begleiten.

Die Umwelt kann aus der einfachen Betrachtung nicht durch einzelne Reize wahrgenommen werden und spiegelt immer die Informationsaufnahme durch verschiedene Zugänge wider. Zugleich haben „diverse empirische Untersuchungen [...] die Lernförderlichkeit multimedialen Instruktionsmaterials gegenüber einer monomedialen Darstellungsweise, die in der Regel aus der ausschließlichen Verwendung von Text besteht [belegt].“ (Scheiter, Richter & Renkl., 2020, S.37)

Es werden somit im Folgenden abgeleitete Kriterien benannt, welche für die Konzeption von Lernmaterial berücksichtigt werden müssen.

Die Darstellungen der *Cognitive Load Theory* und der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* weisen deutliche Parallelen auf, insbesondere die dargestellten Belastungsarten bzw. Prozesse ergeben Kriterien für Lernmaterial.

Allerdings darf die inhaltliche Komplexität des Lernmaterials nicht die kognitive Kapazität der Lernenden überlasten. Es muss somit beachtet werden, dass die inhaltlichen Informationen beschränkt sind oder ggf. portioniert werden, so dass sich Lernprozesse aneinanderreihen können. Zudem muss das Lernmaterial an Vorerfahrungen der Lernenden anknüpfbar sein, so dass weiteres Wissen implementiert werden kann.

Insbesondere in der Darbietung von Lernmaterial lassen sich aus der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* verschiedene Gestaltungskriterien ableiten. Scheiter, Richter & Renkl (2018) beschreiben diese „instruktionale Unterstützung“ (S.10) als Unterstützungsmaßnahmen, welche „die Notwendigkeit der Ausführung von Verarbeitungsprozessen, die nicht lernförderlich sind, [...] minimieren [soll]“ (S. 10). Sie gelten nicht als absolut umsetzbar, sondern sollen die Lernförderlichkeit auch durch eine unterschiedlich ausgeprägte Umsetzung unterstützen.

1. Das Modalitätsprinzip – Beim Einsatz multimedialer Lernmaterialien (Beispiel Bild+Text) wird ein gesprochener Text einem geschriebenen Text vorgezogen. Dies gilt insbesondere bei kurzen Informationen. Begründet wird dies durch den „split-attention effect“ (Chandler und Sweller, 1991, abgerufen aus Scheiter, Richter & Renkl, 2018, S.10). Die Lernenden können bei einem gesprochenen Text die ungeteilte Aufmerksamkeit auf den Inhalt geben, bei einem geschriebenen Text muss die visuelle Aufmerksamkeit zwischen Bild und Text wechseln. (Scheiter, Richter & Renkl, 2018)
2. Das räumliche Kontiguitätsprinzip – Im Prinzip der räumlichen Kontiguität wird eine möglichst nahe Integration von Bild und zugehörigen Textelementen empfohlen. Ähnlich der Begründung des Modalitätsprinzips, wird die geteilte visuelle Aufmerksamkeit auf Bild und Text gefordert. Durch eine möglichst kohärente

Darbietung soll die Splittung der Aufmerksamkeit minimiert werden. (Scheiter, Richter & Renkl, 2018)

3. Das Signaling-Prinzip – Nach diesem Prinzip sollen gleiche Informationen in Text und Bild markiert bzw. signalisiert werden. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz gleicher Farben oder gezeichnete Verbindungen erfolgen. Durch das Signaling-Prinzip soll eine gezielte Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf korrespondierende Inhalte des Lernmaterials erreicht werden. (Scheiter, Richter & Renkl, 2018)
4. Das Prinzip der Einschränkungen – Unter den Einschränkungen wird verstanden, dass vorwissensärmere Lernende mehr Unterstützung benötigen als vorwissensreiche Lernende. Es ist sogar in einzelnen Studien zum Signaling-Prinzip belegt worden, dass ein Übermaß der bereits benannten Prinzipien zu einer Lernminderung bei vorwissensreichen Lernenden geführt hat. Daher muss auf ein angemessenes Maß des Einsatzes von Unterstützungsprinzipien geachtet werden. (Scheiter, Richter & Renkl, 2018)
5. Das Prinzip der dualen Kodierung oder Multimediaprinzip – Das Prinzip der dualen Kodierung gibt an, dass die Darbietung von Text- und Bildinformationen lernförderlicher ist als die einzelne Anbietung eines Textes oder eines Bildes. Es können durch die Lernenden insbesondere Beziehungen zwischen den einzelnen Informationen besser aufgebaut werden. (Chandler & Sweller, 1991)
6. Das Prinzip der simultanen Darstellung – Dieses Prinzip gibt an, dass den Lernenden die multimedialen Informationen auditiv und visuell gleichzeitig angeboten werden sollen, als dieses sukzessive nacheinander zu bearbeiten. Es soll dabei jedoch darauf geachtet werden, dass keine redundante Abfolge von Informationen durch Bild, Ton und Text erzeugt wird. Bild-, Ton- und Text-Informationen sollen eine gemeinsame Information anbieten und sich nicht gegenseitig durch Redundanzen beeinträchtigen. (Chandler & Sweller, 1991)
7. Das Prinzip der individuellen Unterschiede – Das Prinzip der individuellen Unterschiede schlägt eine personalisierte Ansprache an die Lernenden vor. Zudem gibt es an, dass vorwissensarme Lernende deutlich besser aufbereitetes Lernmaterial benötigen als vorwissensreiche Lernende. Vorwissensreiche Lernende sind nach der Annahme des Prinzips dazu in der Lage Mängel in der Darstellungsqualität des Lernmaterials auszublenden. (Chandler & Sweller, 1991)

1.2.6. Lernen mit digitalen Medien – Die Einsatzmöglichkeiten für Lernmaterialien

Wie im Projektverlauf (vgl. Kapitel 3.5) dargestellt, werden verschiedene, inhaltliche Anforderungen an die Erstellung von Lernmaterialien erwartet. Die inhaltliche Differenzierung innerhalb der Ebenen des Johnstone-Dreiecks, als auch die von den befragten Lehrkräften geforderte Differenzierung in der kognitiven Komplexität, erzeugen eine Fülle an Material, welches durch die Lernenden verarbeitet werden kann. Zudem fordern die oben dargestellten Kriterien einen möglichst multimedialen Zugang für die Lernenden. Auch dies würde eine Fülle an Lernmaterial verursachen. Wie durch den Projektverlauf dargestellt, soll der Einsatz digitaler Medien die Umsetzung dieser Anforderungen ermöglichen.

Digitale Medien bieten dabei die Möglichkeit die oben beschriebenen Ansätze zu gestalten.

Der Einsatz eines digitalen Mediums – wie im Projektverlauf beschrieben, der Einsatz eines Tablets – darf nicht automatisch als multimediales Lernen verstanden werden. Vielmehr kann ein geschriebener Text auf einem Tablet eher mit einem digitalen Buch verglichen werden. Erst die Verwendung eines weiteren Mediums, z.B. einer Tonspur, würde ein multimediales Lernen ermöglichen. Das digitale Medium Tablet ermöglicht dabei die gleichzeitige Einbettung der multimedialen Informationen (Dellbrügge, 2020).

Durch die Kernlehrpläne wird die Kompetenzbildung durch digitale Medien gefordert (Kultusministerkonferenz, 2012). Zudem verschiebt sich auch die Assoziation mit dem Begriff ‚Medien' von klassischen Tonträgern, wie CDs, und Printmedien zu digitalen Medien. Der alltägliche Nutzen von digitalen Medien ermöglicht im schulischen Kontext ein schnelles Aufgreifen der motorischen Fähigkeiten für das Medium und kann somit die inhaltliche Arbeit mit digitalen Medien unterstützen. Sie bieten durch die verschiedenen Umsetzungsmöglichkeiten ein hohes Potential für einen sinnstiftenden Unterricht (Dellbrügge, 2020).

Im Projekt choice2interact erforscht Dellbrügge (2020) den Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Er fordert, dass der Einsatz von digitalen Medien nicht bei der Digitalisierung von bestehenden Arbeitsblättern oder durch den Nutzen als digitales Schulbuch enden darf. Vielmehr stehen durch die Möglichkeiten, beispielsweise eines Tablets, verschiedene Interaktionswerkzeuge für den Lernprozess zur Verfügung, welche die oben benannten Forderungen der Lerntheorien ebenfalls unterstützen. Zudem sieht Dellbrügge (2018) einen hohen Bedarf an gewinnbringenden Lernmaterialien für den Unterricht, damit die Lehrkräfte bei der Bewältigung der Herausforderungen in der Digitalisierung von Lernprozessen nicht allein gelassen werden.

Dellbrügge (2020) sieht einen Bedarf darin, dass die Lehrkräfte zum einen ein Angebot an gewinnbringenden digitalen Lernmaterialien benötigen, zum anderen müssen sie jedoch auch dazu in der Lage sein, das Lernmaterial an ihren eigenen Unterricht anzupassen oder es gegebenenfalls auch selbst zu erstellen. Da Lehrkräfte durchschnittlich kaum Programmierkenntnisse besitzen, verfolgen Dellbrügge (2020) als auch Krause und Eiks (2014)

den Einsatz einer bestehenden Applikation, in welche ohne fundierte Programmierkenntnisse Lernsettings eingearbeitet werden können.

Dellbrügge (2020) beschreibt die Vorteile durch den individuellen Nutzen für die Lernenden. Die Schülerinnen und Schüler können selbstbestimmt und im Projekt choice2interact einen freiwählbaren Lernweg durchlaufen. Jede und jeder Lernende besitzt dabei eine eigene Kopie des Lernmaterials und kann dieses individuell bearbeiten oder modifizieren, folglich mit dem Material interagieren. Experimente können durch Fotos und Videos in die Lernumgebung eingebettet werden, Animationen und Simulationen können weitere Lernmöglichkeiten eröffnen und das Lernmaterial steht an jedem Ort zur Verfügung, an dem das Tablet genutzt werden kann.

Neben diesen organisatorischen Vorteilen unterstützen auch lerntheoretische Annahmen den Einsatz von digitalen Medien. Leisen (2011) sieht insbesondere die Förderung von Kompetenzen im handelnden Umgang mit Wissen und, dass sich dadurch ein handlungsorientierter Unterricht ergibt, welcher nach den konstruktivistischen Lerntheorien gefordert wird. Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass nur durch den Einsatz digitaler Medien ein handlungsorientierter Unterricht ermöglicht werden kann.

Auch nicht-digitalisierter Unterricht kann handlungsorientiert sein. Durch den handlungsorientierten Unterricht ergeben sich zwangsläufig Handlungsprodukte (Wagner, 2010). Diese können ein Bild, ein Text oder auch ein Vortrag sein. Der Vorteil der digitalen Medien birgt sich darin, dass sie die analogen Handlungsprodukte wiedergeben können, jedoch auch Erweiterungen durch beispielsweise die Einbettung eines Videos und weiterer Interaktionen ermöglichen (Dellbrügge, 2020).

Mit dem Einsatz digitaler Medien im Unterricht wird die Entwicklung der Lernenden von Medienkonsumenten zu Medienproduzenten gestärkt (König & Risch, 2013; abgerufen aus Dellbrügge, 2020).

Digitale Medien können somit, wie oben dargestellt, den Unterricht unterstützen. Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche Einsatzmöglichkeiten in der Förderung der Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts gesehen werden. Neben den gemeinsamen Zielen aller Fächer – wie beispielsweise die Förderung der deutschen Sprache oder die Vermittlung im Umgang mit digitalen Medien – sind Experimentierkompetenzen und Modellierungskompetenzen elementare Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Barke et al, 2018). Insbesondere die Zusammenhänge und Prinzipien zwischen den beobachteten Phänomenen, den vorstellbaren Abläufen auf Teilchenebene sowie die Repräsentation durch eine formalisierte Fachsprache müssen die Schülerinnen und Schüler lernen.

Digitale Werkzeuge können dabei vor allem in den drei Anwendungsgebieten Recherche, Unterstützung bei der Planung, Durchführung und Auswertung, sowie der Visualisierung, beispielsweise durch Simulationen und Animationen, diese Lernprozesse unterstützen. (Schanze & Sieve, 2015)

1.3. Differenzierung

Durch die Betrachtung des Johnstone-Dreiecks im Chemie-Lernprozess wird bereits eine inhaltliche Differenzierung vorgenommen. Johnstone (2000) befürchtet bei einer gleichzeitigen Betrachtung aller Ebenen die Gefahr einer kognitiven Überbelastung des Arbeitsgedächtnisses, so dass daraus kein Lernerfolg resultieren kann. Er schlägt daher die Differenzierung in die beschriebenen Ebenen der Chemie vor.

Zudem setzen sich Schulklassen aus verschiedenen Potentialen der Lernenden zusammen. Alle Lernenden bringen eigene Interessen, Kompetenzen und Motivationen in den Unterricht ein. Diese Potentiale sollten im Lernprozess genutzt werden, um den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zu einem Optimum zu bringen (Bönsch M. , 2014).

Im Schulunterricht werden Lehrkräfte dadurch häufig vor große Herausforderungen gestellt. So ist die Individualisierung von Lernprozessen bei starken Klassengrößen nicht einfach. Die Lehrkräfte sind gefordert die individuellen Kompetenzen, Vorstellungen, Interessen und Motivationen zu diagnostizieren, um darauf einen Lernprozess aufzubauen. Kritikerinnen und Kritiker sehen darin die Gefahr, dass Lehrkräfte sich am unteren Leistungsfeld orientieren und dadurch eine allgemeine Leistungsminderung der Lerngruppe entsteht (Bönsch, 2014).

Bönsch (2014) und Becker & Stäudel (2010) sehen in der Differenzierung in Lernprozessen große Potentiale, um auf die verschiedenen Lernausgangslagen der Lernenden eingehen zu können. So können die Schülerinnen und Schüler durch einen breiten Fächer an Lernangeboten in ihren Interessens-, Neigungs-, Gedächtnis- und Wissensstrukturen optimal gefördert werden.

Grundlegend wird hier zwischen der äußeren und inneren Differenzierung unterschieden (Bönsch, 2014).

Die äußere Differenzierung spiegelt dabei insbesondere eine unterschiedliche Organisation von Unterricht wider. Beispielsweise werden in einzelnen Schulformen leistungsorientierte Grund- und Erweiterungskurse gebildet. Es können aber auch klassenübergreifend weitere äußere Differenzierungsmöglichkeiten genutzt werden, so sei beispielhaft die Unterscheidung in verschiedene Interessensgruppen der Lernenden genannt (Bönsch, 2004). Da die äußere Differenzierung im Kontext dieses Projektes keine weitere Berücksichtigung findet, wird diese nicht weiter ausgeführt.

Die innere Differenzierung beschreibt die Splittung des Lernsettings - orientiert an der Leistung und/oder dem Interesse des Lernenden. Dies kann in verschiedenen Dimensionen stattfinden: der sozialen, methodischen, medialen und thematisch-intentionalen Dimension (Bönsch, 2004).

Dieses Verständnis von innerer Differenzierung ermöglicht verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten für den Schulunterricht und die Bearbeitung von erarbeiteten Lernmaterialien.

Die Differenzierung anhand des Interesses der Lernenden kann deren intrinsische Motivation am Lerngegenstand wecken. Hidi und Harackiewicz (2000) geben an, dass intrinsisch motiviertes Verhalten durch ein individuelles Interesse ausgelöst wird und anhand des Interesses beibehalten werden kann. Die intrinsische Motivation wird als ein inneres, positives Gefühl, Vergnügen oder Zufriedenheit in Bezug auf den Lerngegenstand betrachtet (Sansone & Harackiewicz, 2000). Dies birgt den Vorteil, dass nicht durchgehende äußere Reize notwendig sind, sondern Anknüpfungspunkte an die intrinsische Motivation sowie der Raum, diese ausleben zu können.

Die leistungsorientierte Differenzierung orientiert sich dabei an den individuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden, Herausforderungen zu meistern (Bönsch & Mögling, 2012). Es ermöglicht zum einen die bestehenden, individuellen Kompetenzen zu fördern, einzelne Herausforderungen zu stellen, indem Lernaufgaben über dem Kompetenzniveau der Lernenden gefordert werden. Und zum anderen ermöglicht es gleichzeitig auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der leistungsschwächeren Lernenden einzugehen, indem Unterstützungsmöglichkeiten angeboten werden (Bönsch & Mögling, 2012).

Um den Herausforderungen gerecht zu werden, kann das Lernmaterial im Unterricht sowohl in der interessens- als auch der leistungsorientierten Betrachtung in verschiedenen Dimensionen differenziert werden.

Die soziale Dimension beschreibt in diesem Zusammenhang die Wahl der sozialen Zusammensetzung einer Lerngruppe in Bezug auf das Lernmaterial (Riedl, 2008). So können Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeiten jeweils begründet für die Lernsituation angemessen sein. Es sollte ebenfalls berücksichtigt werden, ob homogene oder heterogene Interessens- bzw. Leistungsgruppen zusammengestellt werden (Bönsch, 2004).

Die mediale Dimension beschreibt die Unterscheidung im Lernzugangsmaterial (Riedl, 2008). Durch die verschiedenen Medien können verschiedene inhaltsbezogene Kontexte angesprochen und dadurch das individuelle Interesse der Lernenden geweckt werden. Durch die Optionen der verschiedenen Medien können ebenfalls leistungsorientierte Differenzierungen angeboten werden, indem beispielsweise Hilfebausteine oder weitere Herausforderungen durch zusätzliche Arbeitsblätter angeboten werden. Zudem kann durch den Einsatz digitaler Medien für leseschwache Lernende auch die Möglichkeit des Vorlesens durch das Medium eingearbeitet werden.

Die methodische Dimension orientiert sich an den benötigten Arbeitsweisen der Lernenden (Riedl, 2008). So werden innerhalb dieser Dimension insbesondere der Zugang zum Lernmaterial als auch Aktionsformen im Unterricht unterschieden. Es können im Bereich dieser Dimension beispielsweise verschiedene Übungsarten ausgearbeitet oder auch verschiedene Lernzeiten und -tempi vereinbart werden. Im Zusammenhang mit der thematisch-intentionalen Dimension können weitere Unterrichtsgegenstände eingebracht werden, welche die Aktionsformen der Lernenden fördern und fordern können. So können Hilfekarten oder Sprinteraufgaben weitere Unterstützung oder Herausforderungen bieten.

Die thematisch-intentionale Dimension ermöglicht die Differenzierung anhand des inhaltlichen Kontextes und Schwierigkeitsgrades des Lernmaterials (Riedl, 2008). Durch diese Differenzierung wird sowohl unterschiedliche Interessensanliegen, als auch Leistungsvermögen der Lernenden anzusprechen ermöglicht. Eine Differenzierung innerhalb des Schwierigkeitsgrades in der Formulierung von verschiedenen Lernzielen ist im schulischen Kontext durch die curriculare Vorgabe teilweise schwer umsetzbar. Es kann im schulischen Kontext jedoch auch insbesondere in einem transparenten Umgang zur Differenzierung der Leistungsbewertung eingebunden werden (Riedl, 2008).

Besonders im schulischen Kontext ist zu beachten, dass die Differenzierung im Unterricht nicht zu Vereinzelung führen darf. Die differenzierten Lernaufgaben müssen „eine gemeinsame Basis haben und auf irgendeine Art wieder zusammengeführt werden." (Müller, 2018, S. 20). Differenzierung bedeutet nicht die Anordnung des Lerngegenstandes an das Vermögen der schwächeren Lernenden, sondern fordert vielmehr parallel die Förderung der Schwächeren und die Herausforderung für die stärkeren Lernenden.

Geppert und Preuß (1978) fordern die Anerkennung, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler auf das gleiche Lernniveau gebracht werden müssen. Fiedler, Steenbuck und Zimpel (2003) hoffen, dass in der Unterschiedlichkeit der Lernenden in Zukunft nicht mehr zwischen starken und schwachen Schülerinnen und Schülern differenziert wird, sondern zwischen starken Lernenden in einem Fachgebiet und starken Schülerinnen und Schülern in einem anderen Fachgebiet unterschieden wird.

1.3.1. Differenzierungsmatrix

Differenzierung kann in allen Unterrichtssituationen stattfinden. Auch die curricularen Vorgaben schließen Differenzierungen von Lerngegenständen nicht aus. Vielmehr beschreibt der Kernlehrplan in den einzelnen Kompetenzanforderungen auch unterschiedliche Progressionsstufen. Somit ergeben sich für den Unterricht verschiedene Differenzierungsmöglichkeiten. Diese können zum einen in einer Unterscheidung der inhaltlichen Komplexität liegen und zum anderen in eine kognitive Komplexität differenziert werden. Durch eine Zuordnung dieser beiden Differenzierungsbetrachtungen ergibt sich eine Matrix, welche den jeweiligen Lerngegenstand auffächern kann.

Kutzer (1998) (1999) schlägt diese Differenzierungsmatrix – oder auch Lernstrukturgitter genannt – als Planungshilfe für den Unterricht vor (vgl. Abbildung 16).

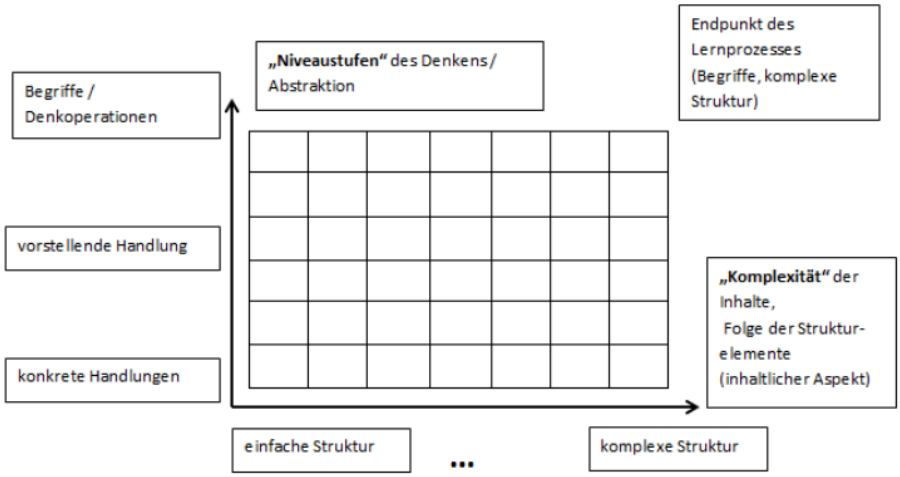


Abbildung 16 Lernstrukturgitter nach Kutzer, 1998, S. 26; abgerufen von Schulentwicklung NRW (2020)

Die Komplexitätsstufen in der vertikalen als auch der horizontalen Betrachtung sollen die anvisierten Erkenntnisprozesse nebeneinander darstellen. Diese sollen jedoch auch in einer erkennbaren Beziehung zueinanderstehen, um bei den und für die Lernenden einen Lernerfolg sichtbar zu machen (Kutzer, 1998).

Kutzer (1998) betrachtet in der horizontalen Achse die Strukturierung der inhaltlichen Komplexität. Für den Chemieunterricht schlagen Menthe, Hoffmann, Nehring und Rott (2014) die Differenzierung der inhaltlichen Komplexität im Sinne von makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Komplexität vor. Sie ordnen dabei die makroskopisch-phänomenologische Ebene der einfachen Struktur und die symbolische Ebene der komplexen Struktur nach Kutzer (1998) zu. Die submikroskopische Ebene ist in dieser Zuordnung die Zwischenstufe in der inhaltlichen Komplexität.

In der vertikalen Achse wird die kognitive Komplexität differenziert. Kutzer (1998) unterscheidet vom unteren Niveau aufsteigend in basal-perzeptive, konkret-handelnde, anschaulich-bildhafte und symbolisch-abstrakte Aneignungsmodi.

In den curricularen Vorgaben wird in drei kognitive Anforderungsbereiche unterschieden.

Der Anforderungsbereich 1 umfasst dabei die Kompetenzen des Beschreibens und strukturierten Wiedergebens von gelernten Arbeitstechniken und Lerninhalten. Der Anforderungsbereich 2 beinhaltet die Analyse von Lerninhalten, die eigenständige Erklärung zu Aufgabenstellungen und Anordnung bekannter Sachverhalte. Der Anforderungsbereich 3 beschreibt Reflexions- und Transferkompetenzen. Die Lernenden können komplexere Sachverhalte bearbeiten und das Gelernte verallgemeinern (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2020). Die Anforderungsbereiche lassen sich in diesem Zusammenhang an die Aneignungsmodi nach Kutzer (1998) zuordnen. Ausschließlich der erfahrende (basal-perzeptive) Aneignungsmodus findet in der curricularen Vorgabe kein adäquates Pendant.

Durch einen transparenten Einsatz von Differenzierungsmatrizen im Unterricht können den Schülerinnen und Schülern Zusammenhänge verdeutlicht werden (Werning & Lütje-Klose, 2016). Zudem wird den Lernenden eine Entwicklungslogik angeboten. Es kann die aktuellen Leistungen einordnen und einen neuen Fokus im Lernprozess aufzeigen. In diesem Sinne ist es wichtig, dass die einzelnen Dimensionen zusammenhängend sind und ein Beziehungsgeflecht bilden (Kutzer, 1998).

1.4. (Fach-)Sprachsensibles Lernen

Die Differenzierung chemischen Wissens in die Ebenen des Johnstone-Dreiecks setzt, wie bereits dargestellt, einen sehr bewussten Umgang von (Fach)Sprache durch die Lehrenden voraus. Auch das Unterrichtsmaterial muss so gestaltet sein, dass es keine alternativen, fachlich nicht anerkannten Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern fördert. Die (Fach)Sprache - in ihren verschiedenen Repräsentationen - ist das Werkzeug im Lernsetting von Unterricht, welches in allen Weisen benötigt wird. Sprache kann sowohl in der verbalen und schriftlichen Form auftreten oder auch durch Gegenstände und Grafiken repräsentiert werden.

Deshalb werden im Folgenden die Grundlage und Möglichkeit für die Förderung von Fachsprache im Unterricht dargestellt.

„Die Förderung in der deutschen Sprache ist Aufgabe aller Lehrkräfte“ (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2020, 1. Absatz). Das nordrhein-westfälische Schulministerium gibt allen Lehrkräften seiner Schulen die Aufgabe, die deutsche Sprache zu fördern. Weiter wird im Artikel benannt, dass die Herausforderungen für Lehrkräfte nicht-sprachlicher Fächer bewusst sind und sich daraus eine Zusammenarbeit innerhalb des Schulverbandes durch kollegiale Kooperationen, Weiterbildungen und mögliche Mentoring-Programme ergeben müssen (Ministerium für Schule und Weiterbildung, 2020).

Daraus leitet sich ein Unterstützungsbedarf für alle Lehrkräfte, insbesondere nicht-sprachlicher Fächer, ab. Im Fach Chemie – als nicht-sprachliches Fach – steht auch ohne diese Vorgabe die Herausforderung, die Schülerinnen und Schüler in den fachsprachlichen Konventionen zu unterrichten. Es kann sich somit eine Symbiose zwischen dem sprachsensiblen Unterrichten und dem Erlernen der Fachsprache ergeben.

Im Fach Chemie können durch kleine sprachliche Änderungen, Bedeutungen geändert werden. So ist beispielsweise der Betrachtungsaspekt zwischen Kupfer und Kupfer-Atome auf der einen Seite auf den Stoff Kupfer z.B. in Elektrokabeln und auf der anderen Seite auf einzelne Atome und mögliche Vorstellungen von chemischen Strukturen gerichtet. Diese Trennung ist im Unterricht von großer Bedeutung und erfordert einen bewussten Umgang in der Unterrichtssprache (Barke, 2006).

Zu den morphologischen Herausforderungen kommen nach Busch & Ralle (2012) noch vielfältige weitere Ansprüche im Fach Chemie an das Sprachlernen der Schülerinnen und

Schüler. So werden in der Chemie eine umfangreiche Wissenschaftssprache, eine eigene chemische Umgangssprache und eine spezielle Unterrichtssprache genutzt (Vollmer, 1980, abgerufen von Busch, 2012). Barke (2006, 2016) bezeichnet dies als Laborjargon, der von Chemikerinnen und Chemikern untereinander verstanden wird, bei Anfängerinnen und Anfängern im Chemieunterricht jedoch zu alternativen Vorstellungen führen kann.

Zusätzlich muss im Chemieunterricht beachtet werden, dass die Unterrichtssprache sich durch besondere Fachbegriffe charakterisiert. Diese Fachbegriffe können in der Alltagssprache eine unterschiedliche Bedeutung tragen - z.B. Lösung als ein chemisches Gemisch wird eher als Ergebnis einer mathematischen Aufgabe betrachtet. Zudem besitzt das Fach Chemie eine eigene Formelsprache und nutzt beispielsweise in der wörtlichen Übersetzung der Formeln besondere fachsprachliche Redemittel (Rincke, 2010).

Es ergeben sich daraus für die Durchführung des Chemieunterrichts und in der Erstellung von Arbeitsmaterialien für den Unterricht verschiedene Anforderungen im Bereich des (Fach-)Sprachlernens. Dies wird in diesem Projekt besondere Berücksichtigung finden.

Es muss ein bewusster Umgang mit Fachbegriffen geführt werden, Alltagsbegriffe müssen gut überdacht sein und möglichst in Fachbegriffe umgewandelt werden. Zudem muss ein bewusster Umgang mit der Grammatik betrachtet werden (Stäudel, Franke-Braun, & Parchmann, 2008).

Steffens (2004), als benannter Autor des Ministeriums für Schule und Weiterbildung in NRW, sieht die zentrale Aufgabe im Bereich der Sprachförderung innerhalb der Fächer, u.a. in der Entwicklung und Vermittlung von Fachbegriffen, dem systematischen Aufbau einer Fachterminologie und dem Umgang mit fachspezifischen Texten.

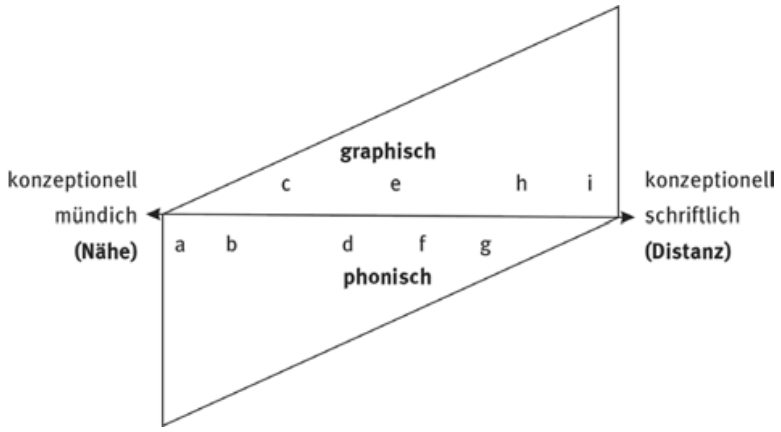
1.4.1. Sprachebenen und Sprachkompetenzen

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben ist die Sprache ein elementarer Bestandteil im Fach Chemie. Im Folgenden sollen die Ebenen und Repräsentationsmöglichkeiten von Sprache erläutert werden, um daraus weitere mögliche Betrachtungsaspekte und Kriterien in der Erstellung von Arbeitsmaterialien abzuleiten.

Sprache kann in verschiedene Ebenen differenziert werden. So kann Sprache - angelehnt an die sensorische Erfassung von Informationen der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* – medial schriftlich oder mündlich erfolgen. Auf diese Weise werden Informationen beispielsweise auf einem Aufgabenblatt medial schriftlich transportiert. Die Besprechung der Aufgabenstellung im Unterrichtsplenum entspricht der medial-mündlichen Umsetzung.

Weiterhin kann Sprache in einer konzeptionellen Dimension unterschieden werden. So wird diese in konzeptionell mündlich und konzeptionell schriftlich differenziert. Ein

whatsapp-Verlauf von Schülerinnen und Schülern untereinander entspricht zwar einem medial schriftlichen Gebrauch von Sprache, durch die Nutzung von alltagssprachlichen Formulierungen sowie der Abweichung von Grammatik und Orthografie zeichnet sich diese Kommunikation jedoch als konzeptionell mündliche Kommunikation aus. Hingegen können in einem medial mündlichen Setting, wie beispielsweise einer Vorlesung oder einem anderen wissenschaftlichen Vortrag, sprachliche Strukturen genutzt werden, die durch einen komplexen Satzbau, Nutzung von Fachbegriffen oder auch Formelbeschreibungen eine konzeptionell schriftliche Kommunikation kennzeichnen. Dies ist auf ein Modell von Koch und Oesterreicher (1986) zurückzuführen (vgl. Abbildung 17).



Nähe-Distanz-Kontinuum (Koch/Oesterreicher 1994: 588): a = familiäres Gespräch, b = Telefongespräch, c = Privatbrief, d = Vorstellungsgespräch, e = Zeitungsinterview, f = Predigt, g = wissenschaftlicher Vortrag, h = Leitartikel, i = Gesetzestext.

Abbildung 17 Modell Koch und Oesterreicher (1986), abgerufen aus (Dürscheid, 2016, S. 362)

Nach Ulrich und Michalak (2019) bewegen sich sprachschwache Schülerinnen und Schüler insbesondere im konzeptionell mündlichen Bereich, welcher auch in der Fachliteratur mit der Alltagssprache gleichgesetzt wird. Aufgabe von Unterricht muss demnach sein, den Lernenden zum einen den Zugang zu den Aufgabenstellungen und Fachtexten, in der medial und konzeptionell schriftlichen Dimension, zu ermöglichen und gleichzeitig ihre Kompetenzen in dieser Dimension zu stärken.

Innerhalb der Sprachwissenschaften wird auch ein weiteres Modell für Ebenen von Sprache nach Cummins (1979) beschrieben. Cummins beschreibt Sprache in diesem Zusammenhang jedoch eher über die Einordnung von sprachlichen Kompetenzen. So wird zwischen den „basis interpersonal communicative skills“ (BICS) und der „cognitive academic language proficiency“ (CALP) unterschieden. Die BICS entsprechen den „grundlegenden Sprachkompetenzen“ (Leisen J. , 2013, S. 59) und sind somit besonders durch mündliche, alltagssprachliche Wörter und eine einfache Grammatik gekennzeichnet. Die CALP wird als „Bildungssprache in der Schule“ (Gogolin, 2006, S. 82) oder der „kognitiv-akademischen Sprachbeherrschung“ (Knapp, 1997, S.228) beschrieben. Cummins (1984) ergänzt sein Modell, ähnlich dem Modell nach Koch und Oesterreicher, in einen zweidimensionalen

Bereich, welcher die mediale Unterscheidung zwischen Schriftlichkeit und Mündlichkeit berücksichtigt, aber auch non-verbale Kommunikation aufgreift.

Im Rahmen des Unterrichts sollten die CALP Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler gefördert und gefordert werden. Diese können – wie in Abbildung 18 nach Leisen dargestellt – in fünf verschiedenen Repräsentationsebenen abstrahiert werden.

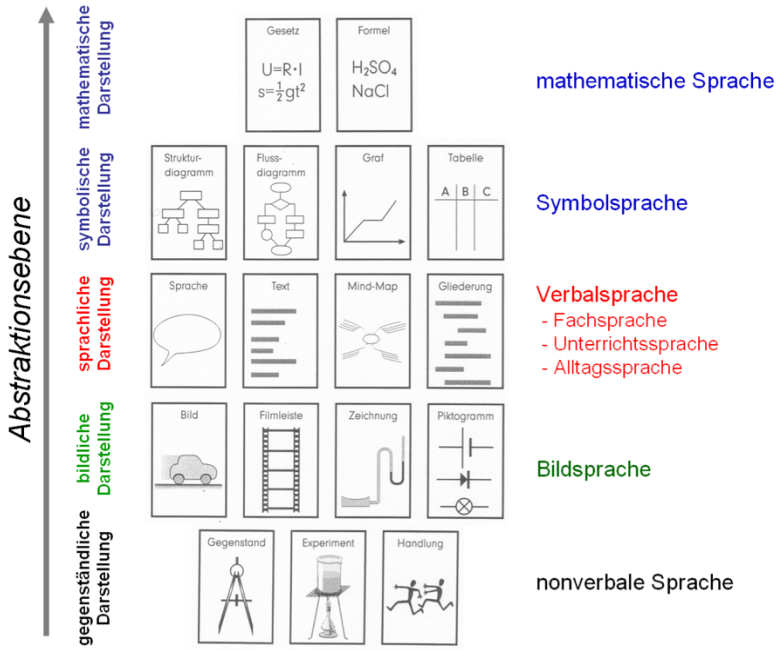


Abbildung 18 Repräsentationsebenen von Sprache (Leisen, Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht, 2013, S.152)

Leisen (2005) benennt fünf Repräsentationsebenen von Sprache. Das geringste Abstraktionsverständnis erfordert die gegenständliche Ebene, welche alle haptisch erfassbaren Elemente beinhaltet. Im Rahmen des Chemieunterrichts können an dieser Stelle der Aufbau von Experimenten und die Nutzung haptischer Strukturmodelle als Beispiele benannt werden. Die zweite Ebene benennt Leisen als bildliche Darstellungen, es werden alle Formen von Bildern jedoch ohne schriftliche Begleitung auf dieser Ebene betrachtet. Dies können starre als auch bewegte Bilder sein. Im Chemieunterricht wird diese Ebene im Rahmen von Versuchsskizzen oder auch von gezeichneten oder animierten Modellen genutzt. Die Ebene der Verbalsprache umfasst den medial mündlichen als auch medial schriftlichen Gebrauch von Sprache. Die Verbalsprache wird nach Leisen (2013) in fünf verschiedene Bereiche unterschieden: die Alltagssprache, die Sprache im Beruf, die Unterrichtssprache, die Berufssprache und die Fachsprache. Im Chemieunterricht findet insbesondere die Unterrichtssprache als Mischung zwischen allen benannten Sprachbereichen Anwendung. Als weiteres Abstraktionslevel benennt Leisen die symbolische Darstellung. Dies ist nicht mit der repräsentativ-symbolischen Ebene nach Johnstone gleichzusetzen. Sie beinhaltet mehr eine symbolische Strukturierung von Sprache, beispielsweise durch Abkürzungen, Stichworte und der Anordnung in Tabellen, Mind-Maps oder anderen grafischen Darstellungen. Im Chemieunterricht sind typische Anwendungsbereiche die Sammlung von

Experimentbeobachtungen in Form von Tabellen oder auch die strukturelle Darstellung des Periodensystems. Die höchste Abstraktionsform sieht Leisen in der mathematischen Darstellung. In dieser werden mathematische Gleichungen und andere Formeln benannt, welche sprachliche Kommunikation repräsentieren können. Im Chemieunterricht sind dabei die Reaktionsgleichungen ein typisches Beispiel (Leisen, 2005).

Die Repräsentationsebenen nach Leisen (2005) stellen die Vermittlungswege von Sprache im Unterricht dar und bieten daher eine Grundlage für die Gestaltung von Unterrichtssprache und Lernmaterialien.

Für dieses Projekt gilt, dass die Repräsentationsebenen nicht mit den Ebenen nach Johnstone zu vergleichen sind. Vielmehr können die Repräsentationsebenen die Vermittlungsmöglichkeiten der Ebenen nach Johnstone darstellen. Wie oben beschrieben, bilden die Repräsentationsebenen einen bestimmten Bereich von Kommunikationsmöglichkeiten ab. Die Ebenen nach Johnstone lassen sich durch ihre Definitionen diesen Ebenen zuordnen. Dies wird im Folgenden dargestellt und entspricht dem Verständnis der vorgelegten Arbeit.

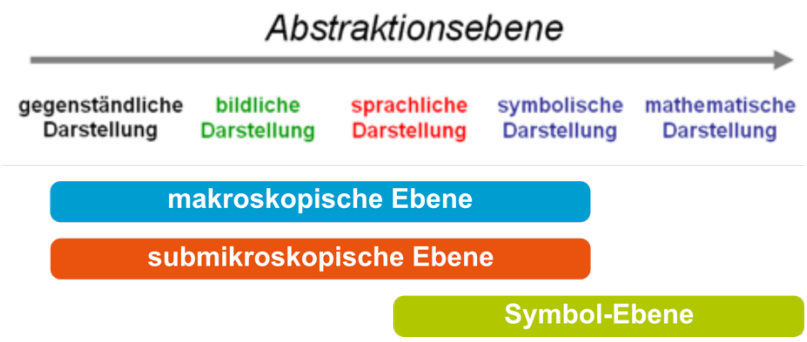


Abbildung 19 Vergleich von Repräsentationsebenen nach Leisen (2013) und Ebenen nach Johnstone, eigene, abgeänderte Darstellung von Leisen, 2013, S.152

Die makroskopische Ebene zeichnet sich durch alles visuell Wahrnehmbare aus und umfasst daher alle gegenständlichen Darstellungen. Durch Skizzen von Versuchsaufbauten und anderen Zeichnungen wird der Abstraktionsgrad der bildlichen Darstellungen verwendet. In der Diskussion über makroskopische Phänomene, beispielsweise im Unterrichtsgespräch oder in der Formulierung von Experimentbeobachtungen, nutzen die Kommunizierenden die sprachliche Darstellung. Durch die Darstellung von Messergebnissen in einem Experiment - beispielsweise in einer Tabelle - wird die symbolische Repräsentationsebene als Kommunikationsmedium genutzt.

Die submikroskopische Ebene kann durch die gleichen Ebenen repräsentiert werden.

Die Nutzung von haptischen Strukturmodellen stellt im Unterricht ein gegenständliches Kommunikationsmittel dar.

Es wird in vereinzelter Literatur beschrieben, dass haptische Strukturmodelle der makroskopischen Ebene zuzuordnen seien (Wagner, 2019). Dies wird in diesem Projekt

ausdrücklich nicht angenommen. Durch die Repräsentationsebenen nach Leisen (2013) sind haptische Modelle ein Kommunikationswerkzeug. Dieses Werkzeug wird für die Erklärung submikroskopischer Vorgänge benötigt.

Der Einbezug von gezeichneten Modellen oder Animationen und Simulationen überträgt die Kommunikation in die bildliche Darstellung. Durch die Beschreibung dieser Modelle und die Erklärung von Reaktionsprozessen mithilfe von Strukturteilchen wird die verbale Kommunikationsebene genutzt.

Die Clusterung von Reaktionsprozessen in verschiedene Teilschritte und deren grafische Organisation werden nach Leisen (2013) der symbolischen Repräsentationsebene zugeordnet.

Die Symbol-Ebene nach Johnstone wird in der Regel nicht durch gegenständliche oder bildliche Darstellungen repräsentiert. Die Symbol-Ebene zeichnet sich sehr stark durch die formalisierten Schreibweisen der symbolischen und mathematischen Repräsentationsebenen aus. Durch Wortgleichungen oder die verbale Kommunikation über Formeln wird auch die verbale Kommunikationsebene genutzt.

Die Vermittlung der Ebenen nach Johnstone kann nur über die Kommunikationsmöglichkeiten im Unterricht durchgeführt werden. Die Kommunikation wird durch die Repräsentationsebenen dargestellt. Es soll dadurch die Möglichkeit aufgezeigt werden, dass eine Ebene über verschiedene Kommunikationswege im Unterricht vermittelt werden kann und eine breite Auffächerung dieser Wege verschiedene Zugangsmöglichkeiten für Lernende schaffen kann. Im Rahmen dieses Projektes kann somit auch der Begriff der Kommunikationsebenen für die Johnstone-Ebenen angenommen werden.

1.4.2. (Fach)Sprachsensibler Fachunterricht

Das vorherige Kapitel hat dargestellt, dass Kommunikation durch verschiedene Repräsentationen abstrahiert werden kann. Die Ebenen des Johnstone-Dreiecks können den Lernenden durch verschiedene Zugangsmöglichkeiten eröffnet werden.

Zugleich ist in dieser Arbeit bereits dargestellt worden, wie wichtig eine differenzierte Vermittlung der Ebenen des Johnstone-Dreiecks ist, um die Entwicklung von fachlich nichtanerkannten Konzepten bei den Lernenden zu vermeiden. Dies bedarf folglich einem sehr bewussten Einsatz von Sprache und seinen Repräsentationsmöglichkeiten.

Unter den Voraussetzungen dieser Betrachtung wird im Folgenden Kapitel die Umsetzung von sprachsensiblen Unterrichtsmöglichkeiten vorgestellt. Fachsprache ist ein Bestandteil von Sprache. Der Einsatz von Konzepten des sprachsensiblen Unterrichts soll somit insbesondere im Bereich der fachsprachlichen Terminologie in diesem Projekt Anwendung finden.

Leisen (2013) beschreibt, dass bereits durch einen bewussten Einsatz der Repräsentationsebenen im Unterricht die Sprachvielfalt dargestellt und dadurch gefördert werden kann. Wenn Lernende diese Vielfalt von Kommunikationsmöglichkeiten erkennen, können sie Anknüpfungspunkte finden, in denen sie kommunizieren können. Der Wechsel innerhalb der Repräsentationsebenen fördert dabei das sprachliche Vermögen von Schülerinnen und Schülern.

Des Weiteren gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Vorgehensweise in der Förderung der Sprache: eine offensive und eine defensive Vorgehensweise (Leisen, 2013). Leisen (2020) beschreibt den fachlichen als auch den sprachlichen Lernprozess durch eine Treppe (vgl. Abbildung 20).

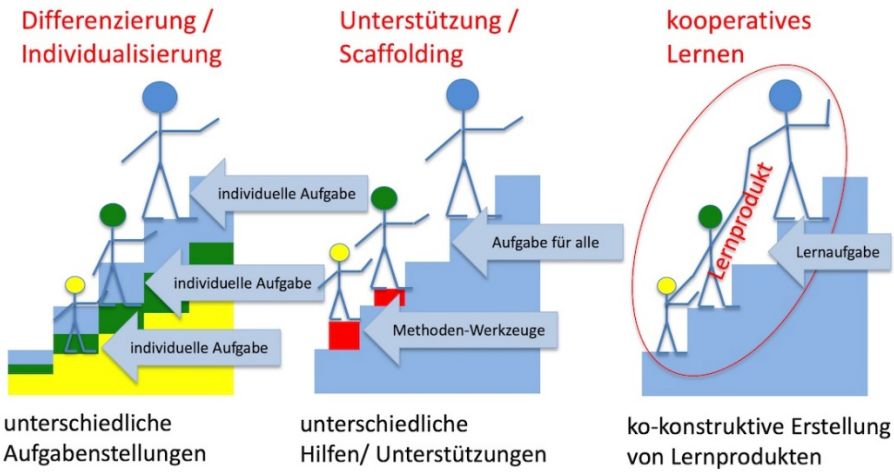


Abbildung 20 Prinzip der kalkulierten Herausforderung im sprachsensiblen Fachunterricht nach Leisen (Leisen , 2020)

Innerhalb dieses Modells können sowohl fachliche als auch sprachliche Herausforderungen als eine Stufe der Treppe verstanden werden. Leisen (2013) betont, dass in jeder Kommunikationsanforderung die Sprachanforderungen immer leicht über dem sprachlichen Vermögen des Lernenden sein sollte.

Die defensive Vorgehensweise führt dazu, die sprachlichen Herausforderungen im Lernmaterial und im Unterrichtsgespräch an die Lernenden anzupassen. Dies führt zu individuellen und differenzierten sprachlichen Herausforderungen (Abbildung 20 – links). Jedem Lernenden wird womöglich eine eigene sprachliche Herausforderung gestellt (Leisen, 2013).

In der offensiven Vorgehensweise werden den Lernenden Werkzeuge zur Verfügung gestellt, um die sprachlichen Herausforderungen zu meistern. Leisen (2020) stellt dies grafisch in Form von Zwischenstufen in den sprachlichen Anforderungen dar (vgl. Abbildung 20 – Mitte). Es können auch keine weiteren Fördermöglichkeiten gegeben werden. Durch die Kooperation von Lernenden untereinander kann ein Anstieg der sprachlichen Fähigkeiten stattfinden.

Somit können die fachsprachlichen Hürden im Unterricht durch eine individuelle Anpassung an die Lernenden erfolgen und in kleinen Stufen zum Ziel führen. Oder den Lernenden werden Werkzeuge gereicht, die sie beim Überwinden größerer, sprachlicher Herausforderungen unterstützt.

1.4.3. Analyse von sprachlichen Herausforderungen

Um die Entscheidung für einen offensiven oder defensiven Umgang treffen zu können. Ist zunächst eine Analyse der sprachlichen Herausforderungen notwendig.

Es muss in diesem Zusammenhang zwischen einer Aufgabenstellung und einem vorhandenen Sachtext entschieden werden. Die Aufgabenstellung stellt durch die Beantwortung eine Sprachanforderung. In dieser Weise muss betrachtet werden, ob die Lernenden diese Anforderungen erfüllen können. Des Weiteren werden zumeist Sachtexte als Lernmedium genutzt, diese stellen durch ihre Formulierungen und Struktur verschiedene Sprachanforderungen an die Lernenden.

Heinicke, Lumer und Heinen (2018) schlagen für die Auswertung der sprachlichen Herausforderungen in Sachtexten ein Analyseraster vor. Sie verdeutlichen dies am Beispiel eines Schulbuchtextes und analysieren diese Texte auf Stolpersteine in der Wort-, Satz- und Textebene.

Sie beschreiben die Analyse der Wortebene in vier Schritten.

(1) Welche unbekannten und fachbezogenen Wörter sind im Text vorhanden?
(2) Wie ist die Lesbarkeit von Wörtern?
(3) Wie werden Zeilenumbrüche und Worttrennungen umgesetzt?
(4) Welche Synonyme sind im Text vorhanden?

Die Analyseschritte können an die Fähigkeiten jeder Lerngruppe angepasst, aber auch durch allgemeine fachliche Annahmen durchgeführt werden.

Wird ein Fachtext betrachtet, so können zunächst alle Fachwörter markiert werden. Daraus kann dann eine Dichte von Fachwörtern abgeleitet werden (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018). Auch Leisen (2013) betont die Dichte von Fachwörtern als einen Komplexitätsgrad von Informationstexten.

In einem zweiten Schritt wird die Lesbarkeit von Wörtern betrachtet. Heinicke, Lumer und Heinen (2018) beschreiben für diesen Schritt die Lesbarkeit insbesondere über die Länge und die Häufung von Konsonanten in einem Wort. Sie benennen eine Studie, in der Schülerinnen und Schüler teilweise nicht dazu fähig waren, aus den Vorsilben eines Wortes auf den restlichen Wortteil zu schließen. Dadurch lasen die Teilnehmenden teils Wörter ohne Sinn vor. Die Autorinnen benennen zudem lange Wörter und Wörter mit Konsonantenhäufung als schwer lesbare Wörter.

Die Lesbarkeit oder der Schwierigkeitsgrad von Wörtern lässt sich durch eine breite Analyse ausdifferenzieren. So können auch Komposita, Nominalisierungen, Adjektivierungen, Verbalisierungen und Partizipien den Komplexitätsgrad von Wörtern erhöhen (Caspari, Andreas, Schallenberg, Shure, & Sieberbrob, 2017).

In einem dritten Schritt wird die Trennung von Wörtern betrachtet. Sie beschreiben, dass Zeilenumbrüche eine sprachliche Herausforderung für Lernende darstellen. (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018)

In einem letzten Schritt wird der Text auf die Verwendung von Synonymen analysiert. So können beispielsweise im Chemieunterricht auch in den unterschiedlichen Ebenen Synonyme auftreten. Wasser wird als Bezeichnung in der makroskopischen Ebene verwendet. Es wird auch häufig durch Synonyme wie z.B. Flüssigkeit oder durch die Symbol-Ebene H_2O abgekürzt. Die Verwendung von Synonymen stellt eine sprachliche Herausforderung für Lernende dar. (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018)

In zwei weiteren Schritten werden die Stolpersteine auf Satz- und Textebene analysiert. So können verschachtelte Sätze, die Aneinanderreihung von Haupt- und Nebensätzen und die Länge von Sätzen Stolpersteine für Lernende erzeugen. (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018)

In der Textebene werden insbesondere der Kohärente und der kontinuierliche Aufbau eines Textes betrachtet, ob diese jeweils für die Lernenden schlüssig und nachvollziehbar sein können. (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018)

Caspari et al. (2017) stellen eine weitere Analysemöglichkeit von Informationstexten vor. Diese werden in einzelnen Phasen anders ausdifferenziert. Casparie et al. (2017, S.42) geben ein Frageschema an, welches die Analyse eines Textes strukturieren soll:

(1) Welche Informationen sollen dem Text entnommen werden?
(2) Welche Textsorte wird verwendet?
(3) Erfüllen Abbildungen eine Funktion für das Textverständnis?
(4) Welcher Wortschatz ist für das Textverständnis notwendig?
(5) Welche grammatikalischen Hürden werden dargestellt?
(6) Welcher Lesestil ist zielführend für das Informationsverständnis?

Beide Analysemöglichkeiten bieten die Möglichkeit eine Entscheidung zu treffen, ob die Herausforderungen im Text entweder reduziert oder ob den Lernenden Unterstützungsmöglichkeiten angeboten werden.

Zusätzlich zum Informationstext müssen die Aufgabenstellungen auf sprachliche Anforderungen analysiert werden. Jede Aufgabenstellung erzeugt eine sprachliche Herausforderung. Durch eine Analyse kann ebenfalls eine Entscheidung getroffen werden, ob die sprachlichen Herausforderungen reduziert oder ob Unterstützungsmöglichkeiten angeboten werden.

Tajmel (2017) schlägt zur Analyse ein Konkretisierungsraster vor. Das Konkretisierungsraster nimmt an, dass durch einen Operator in einer Aufgabenstellung eine antizipierte Sprachhandlung erzeugt wird. Diese Sprachhandlung kann wie folgt analysiert werden.

Aufgabenstellung		Beschreibe die Reaktion in der Zink-Halbzelle
Sprachhandlung		beschreiben
Ausformulierter sprachlicher Erwartungshorizont		Ein Zink-Atom gibt (zwei) Elektronen ab. Das Zink-Atom wird zu einem Zink-Ion. (möglicher Zusatz: Die Elektronen fließen zur Kupfer-Halbzelle /alternativ: Die Elektronen wandern/fließen/gehen weg).
Sprachliche Mittel	Wortebene	-s Zink-Atom (-e), -s Zink-Ion (-en), -s Elektron (-en), abgeben, zu etw. werden
	Satz- und Textebene	gibt ... ab (Verbklammer durch Partikelverb) fließen/wandern/gehen zu (Präpositionalverb) Zink-Atom ... Zink-Ion (Differenzierung der lexikalischen Morpheme)

Abbildung 21 eigene Darstellung Konkretisierungsraster, verändert nach Tajmel (2017, S. 77)

Tajmel (2017) schlägt die Analyse der Sprachanforderungen durch dieses Raster vor, indem ein sprachlicher Erwartungshorizont formuliert wird. Dieser Erwartungshorizont kann nach einem Schema, wie es auch Heinicke, Lumer und Heinen (2018) darstellen, die antizipierten sprachlichen Herausforderungen analysieren.

Auf Basis der Analyse kann eine Entscheidung getroffen werden, ob eine Vereinfachung durch eine Umformulierung der Aufgabenstellung erreicht werden kann oder ob sprachliche Unterstützungsmethoden angeboten werden können.

1.4.4. Konzept der einfachen Sprache

Sprachsensibler Fachunterricht kann, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, zu einem defensiven als auch offensiven Umgang mit den Lernaufgaben und Informationstexten für die Schülerinnen und Schüler führen. Unterschieden wird grundlegend in der Vereinfachung des Zugangs für die Lernenden oder über die Bereitstellung von Unterstützungsmöglichkeiten zum Erfassen der Anforderungen und von Überwindungsmöglichkeiten von sprachlichen Hürden.

Das Projekt chem:LEVEL nutzt eine Mischung von beiden Umgangsweisen. Im Folgenden soll nun ein Beitrag zum defensiven Umgang erläutert werden.

Um sprachliche Hürden abzubauen, wurde die *leichte Sprache* konzipiert. Sie bildet eine sehr starke Vereinfachung der Sprache ab und ist durch verschiedene Regulierungen nach

dem Netzwerk leichte Sprache e.V. definiert. Diese Vorgaben sollen insbesondere in der Inklusion von Menschen mit Handicap beitragen, indem ihnen ein sprachlicher Zugang zu allen Informationen ermöglicht wird. So gibt es bereits eine Vielzahl von gesetzlichen Vorgaben, welche den Einsatz von leichter Sprache für amtliche Veröffentlichungen vorschreiben. (Netzwerk für leichte Sprache e.V., 2020)

Die starken Regeln in der leichten Sprache kollidieren jedoch mit dem Ziel des Fachspracherwerbs und der Repräsentationsmöglichkeit auf verschiedenen Sprachebenen. Da jedoch den Lernenden der sprachliche Zugang zum Lernmaterial ermöglicht werden soll, wird das abgeleitete Konzept der einfachen Sprache genutzt.

Baumert (2016) gibt an, dass es bislang noch keine wissenschaftliche Standardisierung des Konzeptes der einfachen Sprache gibt. Es ergeben sich jedoch insbesondere nach dem Hamburger Verständlichkeitsmodell (Langer, Schulz von Thun & Tausch, 2015) verschiedene konzeptionelle Vereinbarungen, welche in der Betrachtung von Texten genutzt werden können.

So können Texte auf Stolpersteine auf der Wort-, Satz- und Textebene analysiert werden. Stolpersteine auf Wortebene können dabei in Nominalisierungen, Komposita, Adjektiven, Komparativen und Superlativen sowie in trennbaren Verben oder aber auch Präpositionen liegen. Mögliche Stolpersteine auf der Satzebene liegen in der Verwendung von verschachtelten Sätzen, der Nutzung von Relativ- oder Konjunktionalsätzen, als auch der Verwendung möglicher sprachlicher Stilmittel. Stolpersteine auf der Textebene können die Anhäufung von Fachbegriffen sein und innerhalb der Verwendung die Nutzung von Synonymen – beispielsweise Wasser, H_2O und Flüssigkeit.

Die Analyse dieser Stolpersteine ermöglicht deren Reduktion. So kann der formulierte Text durch sprachliche Reduktionen – auf Wort-, Satz- und/oder Textebene – vereinfacht werden. (Heinicke, Lumer & Heinen, 2018)

Das Hamburger Verständlichkeitsmodell nach Langer, Schulz von Thun und Tausch (1974) schlägt eine Analyse nach einem viergliedrigen Schema vor. Hierbei soll der Text auf Einfachheit – Sind im Text einfache Sätze geschrieben? Und werden einfache Wörter verwendet? – auf Gliederung – Ist der Text übersichtlich gegliedert? Ist sein Aufbau stimmig und nachvollziehbar? – auf Kürze und Prägnanz – Sind überflüssige Textinhalte weggelassen? – und auf zusätzliche Stimulanz – Werden stimulierende Ergänzungen, wie Bilder, persönliche Erlebnisse für die Lesenden angeboten? – überprüft werden. Es wird eine Einordnung der Merkmale auf einer Skala durchgeführt, anhand dessen Einschätzung der Autor des Textes weitere Schritte durchführen kann (vgl. Abbildung 22).

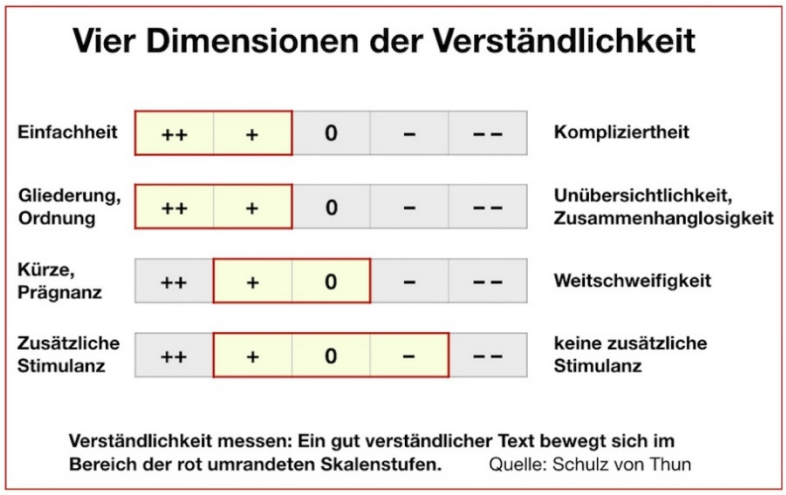


Abbildung 22 Das Hamburger Verständlichkeitsmodell: Die vier Dimensionen der Verständlichkeit mit ihren Messskalen; abgerufen von (Schulz von Thun, 2011, S. 172) abgerufen aus (Merkel, 2020, S. 39)

Es gibt zusammenfassend keine eindeutige Definition für die Verwendung von einfacher Sprache. Der Autor und die Autorin eines Textes oder einer Lernaufgabe bestimmen durch das Maß nach dem Hamburger Verständlichkeitsmodell selbst die Einfachheit des Textes. Dieses sollte immer leicht über dem Sprachvermögen der Lernenden liegen, um einen Anreiz zum weiteren Lernen zu schaffen. (Leisen, 2013)

Es wird nachfolgend ein Auszug aus den Regeln des Netzwerks für leichte Sprache e.V. (2020) verwendet, die im weiteren Verlauf des Projektes berücksichtigt werden. Der Einsatz dieser Regeln soll dabei die sprachlichen Hürden in Sachtexten in Lernmaterialien des Projektes abschwächen.

(1) Nutzen von einfachen Wörtern.	(2) Vermeiden des Genitivs	(3) Fragen im Text vermeiden	(4) Wichtige Dinge hervorheben.
(5) Nutzen von bekannten Wörtern.	(6) Vermeiden des Konjunktivs.	(7) Eine serifenlose Schrift verwenden.	(8) Immer links-bündig schreiben.
(9) Nutzen von kurzen Wörtern.	(10) Nutzen von positiven Formulierungen.	(11) Eine große Schriftart verwenden.	(12) Keine Wörter am Ende einer Zeile trennen.
(13) Auf Abkürzungen verzichten.	(14) Kurze Sätze schreiben.	(15) 1,5-fachen Zeilenabstand verwenden.	(16) Dunkle Schrift auf hellem Untergrund verwenden.
(17) Nutzen von Verben. Verbalisierungen vermeiden.	(18) Die Leserinnen und Leser persönlich ansprechen.	(19) Jeder neue Satz wird in einer neuen Zeile geschrieben.	

1.4.5. Gestaltung von (Fach-)Sprachsensiblen Unterrichtsmaterialien

Neben der defensiven Vorgehensweise wird insbesondere die offensive Vorgehensweise in der Fachdidaktik betrachtet, um Schülerinnen und Schüler zu fachsprachlichen Kompetenzen zu führen. Im Folgenden sollen verschiedene Möglichkeiten dazu dargestellt werden.

Ein Konzept zur Umsetzung der offensiven Vorgehensweise wird durch das *Scaffolding Konzept* beschrieben, welches auf Vygotsky (1978) zurückgeführt und durch Gibbons (2009) aktuell geprägt wird.

Der Begriff Scaffolding wird auch in anderen Bereichen genutzt. Dies lässt sich durch seine Wortbedeutung begründen. Das Wort Scaffold, englisch ‚Baugerüst', kann, metaphorisch betrachtet, die Grundzüge des Konzeptes beschreiben. Es wird ein Gerüst für die Lernenden aufgebaut, um ihnen Unterstützungsmöglichkeiten für den Weg vom Ausgangspunkt zum anvisierten Lernziel zu ermöglichen (Bohrmann-Linde, 2018). Das Konzept ist grundsätzlich für den Zweitspracherwerb erstellt worden, wird aber vermehrt auch auf andere Bereiche übertragen. Dieses Gerüst kann sowohl fachlich als auch fachsprachlich sein, daher lässt sich eine unterschiedliche Nutzung des Begriffs ableiten (Kniffka, 2010).

Das *Scaffolding Konzept* führt insgesamt vier Schritte durch:

(1) Bedarfsanalyse

Es wird zunächst der sprachliche Bedarf ermittelt, welcher für ein Unterrichtsvorhaben oder Lernmaterial benötigt wird. Dies soll darstellen, welche Bestandteile vermittelt werden sollen.

(2) Lernstandsanlyse

Im zweiten Schritt wird in der Lerngruppe eine Ausgangslage bestimmt, um die Bedarfsanalyse mit dem Ist-Stand der Lerngruppe vergleichen zu können. Dies kann auf die gesamte Lerngruppe, als auch die individuellen Lernenden bezogen sein.

(3) Unterrichtsplanung

Im Rahmen der Unterrichtsplanung werden Methoden geplant, die das Gerüst für die Lernenden beabsichtigt. Dies kann insbesondere aus bestimmten Hilfestellungsmethoden bestehen oder durch eine Sequenzierung der Unterrichtsinhalte erfolgen. Ferner sollten die Arbeitsformen der Lerngruppe festgelegt und die Informationstexte an die Bedarfe der Lerngruppe angepasst werden. Es ist wichtig darauf zu achten, dass das sprachliche Vermögen über dem Sprachvermögen der Lernenden liegt, um einen Lernfortschritt überhaupt zu ermöglichen.

(4) Unterrichtsinteraktion – Mikro-Scaffolding

In der direkten Unterrichtsinteraktion können dann noch verschiedene individuelle Unterstützungsmöglichkeiten in der Lehrenden-Lernenden-Interaktion genutzt werden. Dies kann beispielsweise durch ein fragend-entwickelndes-Interaktionsschema erfolgen.

(Kniffka, 2010)

Leisen (2016) fasst dies in einem Lehr-Lern-Modell zusammen und beschreibt, dass zwei Grundsätze in der Planung und Gestaltung von (fach-)sprachsensiblem Unterricht zu beachten sind (vgl. Abbildung 23): die materiale und die personale Gestaltung.

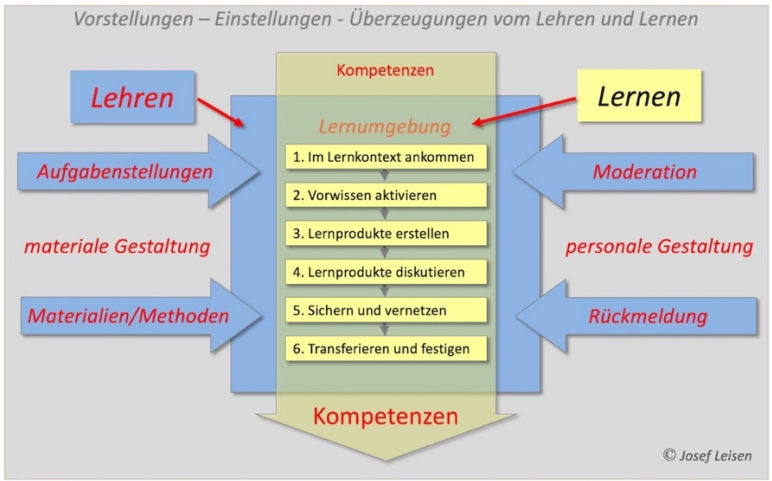


Abbildung 23 Lehr-Lern-Modell nach Leisen, (Leisen, 2016, S. 27)

Die materiale Gestaltung zeichnet sich insbesondere über die Aufbereitung der Aufgabenstellungen, Lernmaterialien und Lernmethoden aus. Leisen (2003) beschreibt 40 Methodenwerkzeuge, die in der jeweiligen Anpassung an das Lernmaterial das Unterstützungsgerüst für die Lernenden bieten kann.

Des Weiteren können auch die analysierten Stolpersteine in den Aufgabenstellungen und Informationstexten einzeln betrachtet und dazu passende Unterstützungsmöglichkeiten erstellt werden.

Im Folgenden werden die Methodenwerkzeuge nach Leisen (2010) aufgeführt, welche auch in der erarbeiteten Lernumgebung Anwendung finden:

(1) Wortgeländer

Ein Wortgeländer gibt den Lernenden ein Grundgerüst für einen Satzbau, in dem die Wortelemente vorgegeben werden und die Lernenden aus diesen einen Satz oder Text bilden müssen.

(2) Lückentext

In einem Fachtext werden insbesondere Fachwörter ausgelassen. Dadurch, dass die Lernenden diese Lücken füllen sollen, können Fachbegriffe in einem fachsprachlichen Kontext geübt werden. Lückentexte können auch durch die Vorgabe von Fachwörtern oder die Wahl zwischen verschiedenen Fachwörtern für eine Lücke abgestuft werden.

(3) Textpuzzle

Den Lernenden werden Sätze in einer ungeordneten Reihenfolge zur Verfügung gestellt. Sie müssen diese Sätze in die richtige Reihenfolge bringen.

(4) Fehlersuche

Die Lernenden erhalten angemessene Bild- oder Textmaterialien, in denen Fehler eingebaut sind. Sie müssen diese erkennen und korrigieren.

(5) Satzmuster

Ein Satzmuster ist immer wiederkehrend. Die Lernenden tauschen einzelne Satzbestandteile aus und sollen so eine fachbezogene Satzstruktur kennenlernen.

(6) Worträtsel

Die Lernenden können in Form eines Kreuzworträtsels oder Suchsels die Fachbegriffe aktiv lernen.

(7) Gestufte Lernhilfen

Den Lernenden werden verschiedene Möglichkeiten der Unterstützung angeboten. Diese Hilfestellungen können weitere Denkanstöße sein oder auch eine Musterlösung für einen Teilschritt darstellen.

2. Forschungsrahmen

Bisher sind die theoretischen Grundlagen für diese Arbeit dargestellt worden. Diese bilden die Basis für den Projektverlauf. Alle Annahmen des Projektes werden unter der Berücksichtigung der dargestellten, theoretischen Grundlagen betrachtet.

In diesem Kapitel wird der methodische Forschungsrahmen des Projektes chem:LEVEL dargestellt.

Das Projekt chem:LEVEL wird im Forschungsdesign des Design-Based-Research Ansatzes erarbeitet.

Im Folgenden wird zunächst der Design-Bases-Research Ansatz vorgestellt und im Anschluss die daraus abgeleitete Durchführung dieses Forschungsprojektes beschrieben.

2.1. Design-Based Research Ansatz

Der Design-Based Research Ansatz (DBR) eignet sich als Forschungsrahmen innerhalb des Projektes. Der Design-Based-Research-Ansatz setzt insbesondere eine stetige, zyklische Analyse und eine qualitative Verbesserung von Lernprozessen in den Fokus. Durch die Verbindung von Erkenntnissen wissenschaftlicher Forschung mit der Gestaltung von Lernmaterialien sollen qualitätssteigernde Weiterentwicklungsprozesse sowohl in den Erkenntnissen als auch im Lernmaterial initiiert werden. (Anderson & Shattuck, 2012)

Collins (1992) und Brown (1992) gelten als Begründer des Design-Based Research-Ansatzes. Sie formulieren jeweils als Hauptziel die Verknüpfung empirischer Befunde der Lehr-/Lernforschung mit der Entwicklung und Anwendung von Lernumgebungen in der Praxis. Verschiedene jüngere Veröffentlichungen werden auf Collins und Brown zurückgeführt.

Collins (1992) stellt insbesondere die Betrachtung technologischer Innovationen in den Fokus. Diese sollen in der Praxis stetig weiterentwickelt und vor der Betrachtung von theoretischen Grundlagen erforscht werden. Dadurch sollen sowohl die technologische Innovation als auch die theoretischen Grundlagen weiterentwickelt werden.

„Design research is not aimed simply at refining practice. It should also address theoretical questions and issues, if it is to be effective. […] It should always have the dual goals of refining both, theory and practice." (Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004, S. 19)

Brown (1992) überträgt die Beobachtung einzelner lernpsychologischer Phänomene in Laborsettings in reale Lehr-Lernsituationen. Brown möchte dadurch der Komplexität von

Unterrichtsgeschehen gerecht werden, welche in den einzeln, fokussierten Laborsituationen meist nicht betrachtet werden.

Somit sollte ein DBR-Projekt die Ausgangsfrage besitzen „wie ein erstrebenswertes Ziel in einem gegebenen Kontext am besten durch eine im Forschungsprozess noch zu entwickelnde Intervention erreicht werden könnte." (Euler & Slolane, 2014, S. 7)

Reinmann (2005) beschreibt die Unterscheidung des DBR-Ansatzes in zwei Aspekten von anderen Forschungsansätzen. Zum einen steht das Interventionsdesign im besonderen Fokus in Bezug auf eine didaktische Problemsituation. Zum anderen wird ein großer Wert in den Diskurs der wissenschaftlichen Auseinandersetzung gesetzt, um weitere Erkenntnisse erlangen zu können.

„Design research is not defined by methodology. All sorts of methods may be employed. What definies design research is its purpose: sustained innovative development." (Bereiter, 2002, S. 330; zitiert nach Reinmann, 2005, S.60)

Bereiter (2002) beschreibt, dass der DBR-Ansatz keine vorgeschriebene Methodik bedingt. Vielmehr ist auf die Eignung der Forschungsmethode im Hinblick auf die Forschungsfragestellungen oder Zielsetzungen zu achten.

Insbesondere qualitative Forschungsmethoden bilden einen Schwerpunkt im DBR-Ansatz. Durch die qualitativen Methoden soll eine detaillierte Beobachtung und Beschreibung der Lehr-Lernprozesse ermöglicht werden (Wilhelm & Hopf, 2014).

Die verwendeten Forschungsmethoden müssen ausführlich begründet und dadurch für andere Forscherinnen und Forscher nachvollziehbar sein. Auch die Verbindung verschiedener Forschungsmethoden im Rahmen eines Mixed-Methods-Design können angewandt werden. Es ist stets darauf zu achten, dass sie Forschungsmethode der intendierten Forschungsbetrachtung zugehörig sein und begründet werden muss.

Der DBR-Ansatz wird allgemein in drei Phasen eingeteilt: Der Framing-, der Design-Experiment- und der Re-Framing-Phase. (Rott & Marohn, 2016)

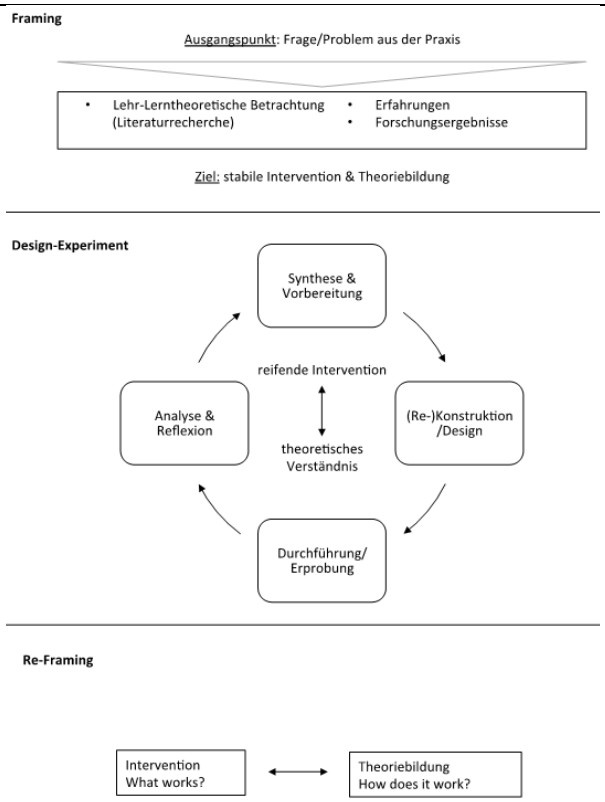


Abbildung 24 Phasen des Design-Based-Research-Ansatzes (abgerufen aus Rott & Marohn, 2016)

Abbildung 24 verdeutlicht den Ablauf eines Forschungsprojektes nach dem DBR-Ansatz. Im Folgenden werden die einzelnen Phasen erläutert.

2.1.1. Framing

Framing, aus dem Englischen für „rahmend“ oder „umrahmend“, verdeutlicht die Bedeutung dieser Phase. Ein Problem der aktuellen Forschung wird in dieser Phase eingerahmt. Dieses eingegrenzte Problem wird unter Berücksichtigung von literarischer Recherche detailliert betrachtet und analysiert (Wilhelm & Hopf, 2014). Schwerpunkt im DBR-Ansatz sind – wie oben beschrieben – aktuelle Problemstellungen der Praxis.
Ziel ist eine differenzierte Betrachtung des Problems, um daraus eine mögliche Forschungsperspektive ableiten zu können.

2.1.2. Design-Experiment

Das Design-Experiment ist Hauptbestandteil des DBR-Ansatzes, in dieser Phase werden Fragestellungen oder Zielsetzungen beschrieben und diese durch verschiedene Design-Experimente zyklisch vorbereitet, durchgeführt, analysiert und reflektiert. Die gesamte Betrachtung verläuft in einem Makrozyklus nach den dargestellten Schritten (vgl. Abbildung 24). Dieser Makrozyklus wird in verschiedene Mesozyklen untergliedert (Rott & Marohn, 2016).

Forschungsrahmen

Die Mesozyklen sollen dazu dienen, schrittweise die in der Framing-Phase beschriebene Problematik zu analysieren oder zu beantworten.

In der ersten Phase ‚Analyse und Vorbereitung' eines Mesozyklus' werden Teilfragestellungen oder Teilzielsetzungen gestellt. Diese orientieren sich im ersten Mesozyklus häufig stark an der im Framing gesetzten Problemstellung. Diese Problemstellung kann sich durch Aneinanderreihung mehrerer Mesozyklen weiterentwickeln, indem die Erkenntnisse einzelner Mesozyklen betrachtet und reflektiert werden (McKenney & Reeves, 2012).

In der zweiten Phase (Re-)Design und Konstruktionsphase wird eine didaktische Intervention zur Beantwortung der vorher benannten Fragestellung oder Zielsetzung entwickelt. Dies kann beispielhaft die Durchführung von Interviews oder Fragebögen sowie die Entwicklung eines Prototyps einer Lernumgebung sein. (Rohrbach-Lochner , 2018)

In der Erprobungs-Phase wird das entwickelte Design durchgeführt. Dabei können verschiedene Forschungsmethoden angewandt werden. Im Fokus steht das Ziel die Fragestellung bzw. Zielsetzung mit der Forschungsmethode auswerten und analysieren zu können. Aus der Auswertung und Analyse können Begründungen abgeleitet werden, wie und warum das gesetzte Ziel erreicht oder nicht erreicht wird (Kennedy-Clark, 2013). Die Methodenwahl muss passend für das Projekt und den jeweiligen Zyklus gewählt werden. Sie ist transparent darzustellen, um so für andere Forscherinnen und Forscher nachvollziehbar zu sein.

In der Reflexions-Phase werden die erhobenen Daten in einem formativen Prozess im Hinblick auf die Fragestellung bzw. Zielsetzung ausgewertet und diskutiert. (Kennedy-Clark, 2013)

McKenney & Reeves (2012) bieten Fragen an, welche einen Leitfaden für die Diskussion der gewonnenen Daten zur Entwicklung des Interventions-Designs geben können:

- Ist die Intervention zielgerichtet, schlüssig und verständlich?
- Ist die Intervention praktisch umsetzbar?
- Wo liegen kritische Ereignisse oder Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Interventionen und wie können diese überwunden werden?

Durch die Aneinanderreihung mehrerer Mesozyklen und der Einbettung der Erkenntnisse eines vorangegangenen in einen neuen Mesozyklus soll die qualitative Weiterentwicklung der Intervention erreicht werden.

2.1.3. Re-Framing

In dieser Phase werden die Erkenntnisse aus den Mesozyklen gebündelt und vor dem Hintergrund der Fragestellung bzw. Zielsetzung in der Framing-Phase reflektiert. Das Datenmaterial aus den Erprobungen der Intervention dient dabei als Grundlage. Der DBR-Ansatz verfolgt hier die allgemeine Zielsetzung zwei Fragestellungen beantworten zu können:

1. What works?
2. How does it work?

(Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004)

Es ist somit nicht nur darzustellen, welche Bestandteile der Intervention erfolgreich waren, sondern auch die Beschreibung wie, wann und warum war es erfolgreich. Durch diese Fokussierung soll im Idealfall ein Mehrwert und ein Verständnis über die Lernprozesse entstehen, welcher die Grundlage für weitere didaktische Forschung sein kann. Somit soll eine Weiterentwicklung von Theorien ermöglicht werden.

2.2. Forschungsdesign chem:LEVEL

Das Projekt chem:LEVEL ist nach dem oben beschriebenen Design-Based-Research-Ansatz angelegt.
Im Folgenden soll der strukturelle Aufbau beschrieben werden, um einen Überblick über die weiteren Inhalte dieser Arbeit zu geben.

Phase		Inhalte	Vorgehensweise
Framing		Differenzierung des Chemieunterrichts in Ebenen nach Johnstone	Literaturrecherche Problembeschreibung
Makrozyklus	1. Mesozyklus	Fragestellung: Inwieweit sind Erstsemesterstudierenden die Johnstone-Ebenen nach Abschluss ihrer schulischen Ausbildung bekannt?	offene Fragebogen – qualitative Inhaltsanalyse leitfadengestütztes Interview
	2. Mesozyklus	Fragestellung: Welches Wissen haben Lehrkräfte über die Differenzierung der Ebenen? Welche Wünsche werden an zu entwickelnde Lernmaterialien zur Förderung einer Ebenen-spezifischen Kommunikation nach Johnstone gestellt?	leitfadengestütztes Interview
	3. Mesozyklus	Fragestellung: In welcher Weise sollte eine Lernumgebung zur Förderung einer Ebenen-spezifischen Kommunikation nach Johnstone gestaltet sein?	Entwicklung einer Lernumgebung videografierte Beobachtung
	4. Mesozyklus	Erprobung der Lernumgebung Analyse von Lernprozessen & Lernergebnissen	Fragebogenauswertung Auswertung schriftlicher Angaben videografierte Beobachtung – Qualitative Inhaltsanalyse, Mixed Methods

Tabelle 1 Tabellarische Darstellung Projektverlauf chem:LEVEL

Das Projekt ist nach dem Schema aus Tabelle 1 angelegt. In der Framingphase wurde zunächst eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt. In dieser wurden die grundlegenden Ziele dieser Arbeit eingegrenzt und beschrieben. Diese wurde auf die Darstellung des Johnstone-Dreiecks im Chemieunterricht ausgerichtet.

Im weiteren Verlauf differenziert sich die Design-Experiment-Phase in vier Mesozyklen.

Die Mesozyklen sind untereinander aufbauend.

Im ersten Mesozyklus wurde anhand der Befragung von Studierenden (n =16) ein Vergleich zu der Literaturrecherche gezogen und die Ausrichtung der Projektplanung konkretisiert. Die Angaben der Studierenden in einer Erprobung werden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet.

Im zweiten Mesozyklus werden Lehrkräfte (n = 4) über ihre Kenntnisse zum Johnstone-Dreieck befragt. Es sollen neben den Kenntnissen auch Wünsche der Lehrkräfte an

Lernmaterial erfahren werden, um daraus weitere Kriterien für zu entwickelndes Lernmaterial ableiten zu können. Die Aussagen der Lehrkräfte sollen nur einen Orientierungsrahmen schaffen und werden zusammenfassend ausgewertet und dargestellt.

Im dritten Mesozyklus wurde eine Lernumgebung auf Basis der theoretischen Grundlagen dieser Arbeit erstellt und erprobt. Die Auswertung der Erprobung führt zu einer Veränderung der Lernumgebung. Die Auswertung und Analyse der Erprobung werden zusammenfassend dargestellt.

Zudem wurde eine weitere Erprobung durchgeführt, die zu einer erneuten Weiterentwicklung der Lernumgebung führen sollte. Aufgrund der Corona-Pandemie konnten keine weiteren Erprobungen durchgeführt werden, so dass das Datenmaterial der Erprobung zum vierten Mesozyklus ausgewertet wird und zur Beantwortung der formulierten Forschungsfragen dienen soll. Die Auswertung und Analyse wurden auf Basis der Qualitativen Inhaltsanalyse anhand der offenen Fragebogenangaben, der schriftlichen Angaben in der Lernumgebung und den videografierten Aufzeichnungen der Erprobung durchgeführt.

In einem letzten Schritt werden die Auswertungs- und Analyseerkenntnisse zusammenfassend in einer Re-Framingphase auf die Ausgangssituation beschrieben.

In der methodischen Vorgehensweise werden die Qualitative Inhaltsanalyse und Mixed Methods benannt. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden, um damit die Vorgehensweise der Auswertung begründen zu können.

2.3. Qualitative Inhaltsanalyse

Die Qualitative Inhaltsanalyse ist eine Auswertungsmethode für qualitativ erhobene Forschungsdaten. Diese Daten können sowohl mündlich, schriftlich als auch in bildlicher Form vorhanden sein. In der Literatur wird keine eindeutige Definition der qualitativen Inhaltsanalyse gegeben. Grundsätzlich werden darunter alle Auswertungsschritte verstanden, die das vorhandene Datenmaterial zusammenfassend darstellen und diese Darstellungen in Bezug auf die Forschungsfrage analysiert werden. (Schreier, 2014)

Schreier (2014) leitet aus dem Vergleich verschiedener Vorgehensweise eine Grundstruktur ab, welche in allen Beschreibungen wiederzufinden ist:

(1) Die Auswertung orientiert sich an den Forschungsfragen.
(2) Verschiedene Kategorien ermöglichen eine Einteilung der Daten, welche interpretiert werden können.
(3) Es wird ein systematisiertes und regelorientiertes Vorgehen gewählt.
(4) Die Ergebnisse werden auf Basis von Gütekriterien reflektiert betrachtet.

Insbesondere das Forschungsinteresse beeinflusst die Ausrichtung der qualitativen Analyse von Daten. Diese können nach Tesch (1990, abgerufen auf Rädicker & Kuckartz, 2019, S.7) vier Typologien zugeordnet werden:

(1) Das Forschungsinteresse fokussiert das Merkmal Sprache.
(2) Das Forschungsinteresse fokussiert die Entdeckung von Regelmäßigkeiten.
(3) Das Forschungsinteresse fokussiert das Verstehen der Bedeutung von Texten und Handlungen.
(4) Das Forschungsinteresse fokussiert sich auf die Reflexion.

In der Recherche zur qualitativen Inhaltsanalyse sind insbesondere die Darstellungen durch Mayring (2015) und Kuckartz (2016) hervorzuheben.

Mayring (2015) beschreibt eine skalierende Inhaltsanalyse. Ziel der qualitativ-skalierenden Inhaltsanalyse ist ein Klassifizierungsgrad der Daten durch die Forschenden. Es wird in der Regel eine ordinale Einteilung für die Beurteilung der Daten verwendet. Die Vorgehensweise ist zu dokumentieren und insbesondere transparent für andere Forschende darzustellen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird die qualitativ-strukturierende Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) durchgeführt. Diese Vorgehensweise stellt einen Strukturierungs- und Beschreibungsprozess der Daten dar. Kuckartz geht in diesem Zusammenhang von einem hermeneutischen Verständnis aus und baut von diesem ausgehend ein siebenphasiges Modell aus.

1. Phase „Initiierende Textarbeit“: Die initiierende Textarbeit betrachtet in einem ersten Schritt das gesamte Datenmaterial. Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass nicht nur schriftliche Daten darunter verstanden werden müssen. In der Sichtung des Materials

sollen Auffälligkeiten und Unklarheiten gekennzeichnet werden. Es soll durch diese Phase ein globaler Überblick über das Datenmaterial entwickelt werden, um diese in Bezug zur Forschungsfrage setzen zu können. Daraufhin kann die Vorbereitung der Analyseschritte aufgebaut werden. (Kuckartz, 2016)

2. Phase „Kategorienbildung“: Um mithilfe der erhobenen Daten die Forschungsfrage beantworten zu können, müssen diese gerichtet ausgewertet werden. Dies erfordert ein systematisches Vorgehen und wird – wie oben dargestellt – in der Regel durch ein Kategoriensystem ermöglicht. Kategorien können die erhobenen Daten in Sequenzen einteilen. Dabei fasst eine Kategorie unter einer bestimmten Vorgabe gleiche oder ähnliche Datensequenzen zusammen. In der Bildung von Kategorien ist darauf zu achten, dass diese trennscharf zueinander definiert werden. Es muss zudem das vollständige Datenmaterial in die Kategorien eingeordnet werden können (Rädicker & Kuckartz, 2019). Kuckartz (2016) beschreibt, dass zunächst Oberkategorien gebildet werden. Diese Kategorien können auf drei verschiedenen Wegen erstellt werden: deduktiv, induktiv, deduktiv-induktiv. Die deduktive Kategorienbildung leitet sich aus vorher festgelegten Systematisierungen ab und richtet sich – in der Regel – an vorher definierte Kriterien, welche mithilfe des Datenmaterials beantwortet werden sollen. Es kann sein, dass die deduktiv gebildeten Kategorien nicht das gesamte Datenmaterial erfassen können und dadurch viele offene Codesequenzen nicht zugwiesen werden oder mit ‚Sonstiges‘ codiert werden müssen. Das Kategoriensystem kann dann nochmals überarbeitet und ausgeschärft werden. Dies kann deduktiv oder induktiv erfolgen. (Kuckartz, 2016)

Die induktive Kategorienbildung orientiert sich am Datenmaterial und betrachtet dieses sequenziell. Gleiche oder ähnliche Datensequenzen werden zu einer Kategorie zusammengefasst, unterschiedliche Datensequenzen bilden unterschiedliche Kategorien. Kuckartz (2016) betont in dieser Vorgehensweise die Betrachtung des Datenmaterials in Bezug auf die Forschungsfrage.

Die deduktiv-induktive Kategorienbildung nimmt ein vorgegebenes Kategoriensystem an, lässt aber die induktive Erweiterung zu. Die Bildung weiterer Kategorien sind immer unter der Berücksichtigung der Forschungsfrage zu bilden. (Kuckartz, 2016)

Die Daten sind vorzugsweise durch mindestens zwei Personen getrennt voneinander zu codieren. Sollten die Codierenden in einer Sequenz zu unterschiedlichen Einschätzungen gelangen, so besteht, unter der Betrachtung der Datensequenz, die Möglichkeit des Austauschs untereinander in einer Teamsitzung. Anhand dieser Betrachtung sind die Definitionen der Kategorien nochmals zu überprüfen. Ziel der Teamsitzung sollte eine konsensuelle Entscheidung in der Zuweisung der Datensequenz sein. Durch einen Konsensbeschluss bestätigen beide Forschenden die gleiche Kategorienzuweisung, was eine intersubjektive Entscheidung darstellt und somit die Güte der qualitativen Daten erhöht. (Kuckartz, 2016)

3. Phase „Codieren des Materials mit Oberkategorien“: Das Datenmaterial wird nun mithilfe der Kategorien codiert. Den Codierenden muss dabei die Analyseeinheit bewusst sein, welche zu codieren ist (ein Wort/ein Satz/eine Sinneinheit/...). Das Datenmaterial soll in dieser Phase zunächst in thematische Oberkategorien codiert werden. Das codierte Datenmaterial muss dann erneut codiert werden. In thematischen Kategorien kann es sein, dass eine Datensequenz mehreren Kategorien zugeordnet werden kann. Es ist daraufhin eine weitere Ausdifferenzierung festzulegen und auf das Material anzuwenden. (Kuckartz, 2016)

4. + 5. Phase „Entwicklung von Subkategorien“: Die vierte und fünfte Phase können zusammengefasst betrachtet werden. In einem ersten Schritt werden alle Inhalte, welche in Phase 3 in Oberkategorien thematisch zusammengefasst werden, zusammengetragen. In der Sichtung dieser thematischen Oberkategorien wird im Anschluss eine Ausdifferenzierung und hierarchische Struktur beabsichtigt. Die vorstrukturierten Daten werden durch eine induktive Kategorienbildung geordnet. Es ist zudem wichtig, dass die Kategorien definiert werden, um die sechste Phase zu ermöglichen. (Kuckartz, 2016)

6. Phase „Erneute Codierung des Gesamtmaterials mit ausdifferenziertem System“: Das gesamte Material wird anhand des ausdifferenzierten Kategoriensystems erneut codiert. Die Phasen 4, 5 und 6 können zyklisch wiederholt werden, bis keine weitere Ausdifferenzierung mehr stattfindet (Kuckartz, 2016).

7. Phase „Analyse“: Das ausdifferenzierte Kategoriensystem bildet abschließend die Basis für die Analyse. Kuckartz (2016) beschreibt sieben Analysemöglichkeiten. In dieser sollen folgende Inhalte Berücksichtigung finden: Kategorienbasierte Auswertung der Oberkategorien, Zusammenhänge der Subkategorien, Visualisierung von Zusammenhängen, vertiefende Einzelfallanalysen. (Kuckartz, 2016)

Abschließend ist es wichtig, die Güte der gewonnenen Daten und Aussagen zu bestimmen. Die Güte von qualitativen Daten zu bewerten, ist nicht trivial durchzuführen. Die Gütekriterien der quantitativen Forschungsmethoden – Validität, Reliabilität und Objektivität - sind nicht uneingeschränkt auf die qualitative Forschung zu übertragen. (Flick, 2010)

Hussy, Schreier & Echterhoff (2013) beschreiben, dass es verschiedene Ansichtsweisen gibt, die Güte qualitativer Daten zu bestimmen. Auf der einen Seite werden die Gütekriterien der quantitativen Forschung auf die qualitativen Verfahren übertragen. Auf der anderen Seite wird dargestellt, dass keine Gütekriterien angewandt werden können, da immer die Darstellung der Daten durch die Konstruktion des Forschenden mitbestimmt werden und einheitliche Gütekriterien dies nicht erfassen können. Das würde jedoch zu einer fehlenden Akzeptanz gewonnener Erkenntnisse in Kreisen der Forschenden führen.

Diese Arbeit schließt sich der Haltung an, dass sich die qualitative Forschung an Gütekriterien richten muss. Diese werden nach Steinke (2010) und Flinck (2014) wie folgt angenommen:

Transparenz: Im Rahmen der qualitativen Forschung werden verschiedene Entscheidungen getroffen. Diese beziehen sich insbesondere auf die Methodenanwendung, Methodenentwicklung, die Erstellung einer Intervention, bis hin zur konkreten Durchführung mit den Teilnehmenden von Erprobungen. Diese Vorgänge müssen für alle Forscherinnen und Forscher transparent dargestellt werden.

Intersubjektivität: Die Intersubjektivität wird auch teilweise als reflektierte Subjektivität bezeichnet. Es wird durch eine kritische Betrachtung der Daten aus verschiedenen Blickwinkeln eine kontroverse Betrachtung der Daten erzielt und dadurch die Kritik durch Subjektivität in den Auswertungen entgegengestellt. Wenn qualitative Daten im Rahmen von Gruppen ausgewertet werden, so ist dies ein hohes Maß für die Intersubjektivität, wenn mindestens zwei Personen zur gleichen Codierungsentscheidung gelangen.

Reichweite: Aufgrund der meist geringen Stichproben, ist die Reichweite der Aussagen abzuschätzen. Wenn durch eine wiederholte Durchführung gleiche oder ähnliche Ergebnisse zu erkennen sind, so kann von einer höheren Reichweite ausgegangen werden. Andernfalls ist die Relevanz der gewonnenen Aussagen zu begründen und in Beziehung zu bestehenden Theorien zu setzen, inwiefern neue Blickwinkel auf die Theorien gesetzt werden sollten.

2.3.1. Mixed Methods

Es wird bisher die Auswertung und Analyse qualitativer Daten betrachtet. Im Rahmen der Auswertung der Daten finden, zum einen Quantifizierungsprozesse statt oder es sind zum anderen neben den Qualitativen auch quantitative Daten erhoben worden. Die gemeinsame Auswertung und Nutzung beider Methoden wird als Mixed-Methods bezeichnet. (Kuckartz, 2014)

Kuckartz (2014, S. 54) beschreibt folgende Vorteile durch die Nutzung qualitativer und quantitativer Methoden:

(1) Die Zusammenhänge zwischen statistischen Zusammenhängen werden durch explorative Daten verständlicher.
(2) Die Erkenntnisse qualitativer Forschung können durch die quantifizierten Erkenntnisse unterstützt werden und gewinnen dadurch an Bedeutung.
(3) Die Möglichkeit der Generalisierung der qualitativen Forschungsergebnisse steigt, wenn diese durch quantifizierbare Daten belegt werden können.
(4) Quantifizierte Daten können besser beurteilt werden, da auch Einzelfälle betrachtet werden können und dadurch die quantifizierten Daten ein besseres Verständnis für den Untersuchungsgegenstand liefern.
(5) Die quantifizierten Daten gewinnen an Bedeutung, wenn sie durch die Betrachtung der qualitativen Daten einen Blick auf Einzelfälle werfen und dadurch nachvollziehbarer werden.

(6) Die Erkenntnisse aus beiden Methoden sind zusammen umfangreicher und ermöglichen eine multiperspektivische Betrachtung.
(7) Die Breite der zu beantwortenden Forschungsfragen kann größer sein, da eine breitere Datenbasis zur Verfügung steht.

Inwiefern quantitative Daten erhoben oder Daten quantifiziert werden, wird in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

3. Entwicklung des Projektes von chem:LEVEL

3.1. Framing

> First of all, the simultaneous introduction of all three aspects is a sure recipe for overloading working space. Experienced chemists can manipulate all three, but this is not so for the learner. […] Secondly, when the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born! (Johnstone, 2000, S. 11).

Dieses Zitat von Johnstone bildet einen elementaren Bestandteil in der Problemeingrenzung dieses Projektes. Im theoretischen Teil wird Johnstones Theorie über drei Ebenen vorgestellt, die es ermöglichen chemisches Wissen zu vermitteln.

Es wird eine differenzierte Betrachtung dieser Ebenen durchgeführt. Alle dargestellten Annahmen und Diskussionen führen im Konsens die Differenzierung in die drei Johnstone-Ebenen. Chemisches Wissen kann in eine makroskopisch-phänomenologische Ebene, eine submikroskopisch-strukturelle Ebene und eine symbolisch-repräsentative Ebene eingeteilt werden.

Die Behauptung von Johnstone, dass die Darstellung von mehreren Ebenen gleichzeitig bei Lernenden zu einem *cognitive overload* oder zu alternativen, fachlich nicht-anerkannten Vorstellungen führt, wird durch verschiedene weitere Quellen bestätigt.

Es wird gezeigt, dass Schulbücher in den dargestellten Ausschnitten die Ebenen vermischen und dadurch teils fachlich falsche Aussagen entstehen oder die Gefahr der Entwicklung von fachlich nicht-anerkannten Vorstellungen gefördert wird.

Auf dieser Basis werden Lernzugangsmöglichkeiten dargestellt, die als Grundannahme für alle weiteren Arbeiten vorausgesetzt sein müssen. Daraus werden Gestaltungskriterien abgeleitet, welche für die Umsetzung der transparenten Darstellung des Johnstone-Dreiecks in einem Lernsetting vorausgesetzt werden.

Zudem wird in den beschriebenen Literaturangaben immer wieder auf eine fachsprachliche Genauigkeit hingedeutet, die in der Differenzierung der Ebenen beachtet werden muss. Die Vermischung von Ebenen in der Unterrichtssprache sowie im Lernmaterial sind für die Lernenden überfordernd und können zu fachlich nicht-anerkannten Vorstellungen führen.

Auf dieser Grundlage wurde für diese Arbeit als Ziel die Erarbeitung einer Lernumgebung festgelegt. Die Lernumgebung soll die Trennung der Ebenen des Johnstone-Dreiecks

berücksichtigen und für die Lernenden transparent gestalten. Dabei wurden die fachsprachlichen Anforderungen in der Differenzierung der Ebenen berücksichtigt werden.

Die Lernumgebung soll möglichst vielen Schülerinnen und Schüler die Zugangsmöglichkeit zum Ebenen-differenzierten Lernen ermöglichen. Daher wurde eine Differenzierung des Anforderungsbereiches überprüft und umgesetzt.

3.2. Mesozyklus 1

In der Framing Phase ist auf Basis von fachdidaktischen Veröffentlichungen dargestellt, dass die Differenzierung der Ebenen in die Planungen des Chemieunterrichts einzubetten ist. Die Schülerinnen und Schüler müssen durch die Vorgaben des Kernlehrplans dazu in der Lage sein, chemische Sachverhalte auf allen drei Ebenen bearbeiten zu können. Dies bedingt aus der Betrachtung dieses Projektes einen transparenten und offensiven Umgang mit den Ebenen. Es muss demnach erfasst werden, welche Fähigkeiten Schülerinnen und Schüler in Aufgabenstellungen zeigen, welche Ebenen-spezifische Differenzierungen sie annehmen.

Im Rahmen des Projektes chem:LEVEL ergibt sich daraus folgende Fragestellung: Inwieweit sind Erstsemesterstudierenden die Johnstone-Ebenen nach Abschluss ihrer schulischen Ausbildung bekannt? Insbesondere soll herausgefunden werden, inwieweit die fachsprachlichen Angaben der Erstsemesterstudierenden dem Ebenen-spezifischen Fachsprachgebrauch entsprechen und ob die Erstsemesterstudierenden dazu in der Lage sind, sprachliche Vermischungen von Ebenen zu erkennen.

3.2.1. Aufbau der Befragung von Studierenden

Zur Beantwortung der Fragestellung ist eine Erhebung mit Lehramtsstudierenden des ersten Fachsemesters Chemie für die Schulformen Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschule im Wintersemester 2017/2018 durchgeführt worden.

An dem Laborexperiment, einer anschließenden schriftlichen Aufgabenstellung und eines darauffolgenden Interviews nahmen insgesamt 16 Studierende teil.

Zunächst wurden die Erstsemesterstudierenden zufällig in 2er-Gruppen eingeteilt. Sie führten in diesen Gruppen ein Experiment zur Lösung von Zinkiodid-Pulver in Wasser durch und anschließend elektrolysierten sie die Zinkiodid-Lösung. Ihre Beobachtungen wurden auf einem Beobachtungsbogen notiert. Der Beobachtungsbogen sollte überprüfen, inwiefern die Studierenden Beobachtungen auf der makroskopischen Ebene beschreiben können.

Im Anschluss wurden die Erstsemesterstudierenden zu den durchgeführten Experimenten schriftlich befragt. Die Aufgabenstellungen forderten jeweils eine Beschreibung und

Zeichnung des Lösevorgangs als auch des Elektrolyseprozesses auf der Teilchenebene (Fragebogen siehe Anhang I). Durch den Begriff Teilchenebene sollte den Erstsemesterstudierenden eine Anforderung der Aufgabenstellung auf submikroskopischer Ebene gestellt werden.

Im Anschluss an die schriftlichen Aufgabenstellungen nahmen die Partnergruppen an einem leitfadengestützten Interview teil (Leitfragen siehe Anhang I). Dieses Interview erfasst in einer Metaebene, ob die Erstsemesterstudierenden bereits aus ihrer schulischen Ausbildung die Ebenen des Johnstone-Dreiecks kennen und diese möglichst im Rahmen der Befragung darstellen. Dieser Teil der Erhebung sollte erfassen, welche Kenntnisse die Erstsemesterstudierenden bereits über das Johnstone-Dreieck besitzen.

Zusätzlich erhielten die Studierenden während des Interviews einen fiktiven Schulbuchtext über die Zinkiodid-Elektrolyse, in diesem Text sind bewusste Vermischungen der Johnstone-Ebenen enthalten (Schulbuchtext siehe Anhang I). Die Studierenden sollten - nach einer beigefügten, didaktisch reduzierten Definition des Johnstone-Dreiecks (siehe Anhang I) - die Ebenenvermischungen im Schulbuchtext markieren und Verbesserungsvorschläge für eine Ebenen-getrennte Formulierung vorschlagen. Durch diese Befragung sollte erhoben werden, ob die Erstsemesterstudierenden nach dem Ende ihrer schulischen Ausbildung in die drei benannten Ebenen differenzieren können. Falls sie die Johnstone Ebenen aus ihrer schulischen Ausbildung nicht kannten, so wurden die Studierenden auf Passagen mit Ebenen-gemischten Formulierungen hingewiesen und es wurde mit ihnen über diese diskutiert. Die Studierenden sollten im Anschluss nochmals eine Formulierung der Reaktionsprozesse an den Elektroden der Zinkiodid-Elektrolyse formulieren. Dieser Teil diente dazu, einen beispielhaften Überblick zu erfahren, ob sie nach der kurzen Erläuterung und Diskussion bewusst Ebenen-getrennte Formulierungen verschriftlichen können.

3.2.1.1. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden im Folgenden in den einzelnen Aufgabenphasen getrennt zusammengefasst dargestellt.

Die schriftlichen Angaben zu den Beobachtungen und den Löse- und Reaktionsvorstellungen werden zunächst anhand eines Auswertebogens bewertet, dieser betrachtet insbesondere die fachliche Korrektheit der Angaben. Für eine fachliche Korrektheit müssen die fachinhaltlichen Prozesse durch eine korrekte Verwendung von Fachsprache dargestellt werden.

Es werden insbesondere Vermischungen von Ebenen in der Teilchenvorstellung erwartet, da diese auch, wie bereits in dieser Arbeit dargestellt, in Schulbüchern gezeigt werden. Aus diesem Grund werden im Anschluss die skizzierten Teilchenvorstellungen durch eine qualitative Analyse der Ergebnisse induktiv in Kategorien eingeordnet.

In der Auswertung, ob die Studierenden das Johnstone-Dreieck und dessen Ebenen aus dem Schulunterricht kennen, wird dies nur als zutreffend bewertet, wenn die Studierenden es im Interview bejahen oder es nach der vorgebrachten Definition im Interview durch eine im Unterricht verwendete Definition mit eigenen Wörtern beschreiben können. Die Auswertung über Kenntnisse des Johnstone-Dreiecks aus dem Chemieunterricht wird durch eine Zählung durchgeführt. Einzelne Beschreibungen zu Ebenen werden paraphrasiert ausgewertet.

Die Auswertung der schriftlichen Abgaben zu den Beobachtungen des Elektrolysevorgangs lassen sich in zwei Kategorien einteilen.

Die Studierenden können alle die Beobachtungen beschreiben, dass sich am Minus-Pol ein grauer Niederschlag absetzt und am Plus-Pol gelbbraune Schlieren bzw. die Abscheidung einer gelb-braunen Substanz zu erkennen ist.

Es zeigt sich, dass acht Studierende bereits die Auswertung in den Beobachtungen notieren. Dies soll beispielhaft für die acht Studierenden dargestellt werden.

Aufgabenstellung: Beobachtungen am Minus-Pol
„grauer Belag (kristallartig) legt sich um Graphitstab, Zink Kristalle, es setzt sich elementares Zink ab.“ (Student*in ON25)
Aufgabestellung: Beobachtung am Plus-Pol
„orange -braune Schlieren um den Graphitstab setzt sich am Boden ab → Iod → es setzt sich elementares Iod ab.“ (Student*in ON25)

*Tabelle 2 schriftliche Beobachtung zur Zinkiodid-Elektrolyse, Student*in ON25*

Die Angaben von Student*in ON25 zeigen, dass die Beobachtung durchgeführt und dann durch die makroskopische Auswertung ergänzt wird. Diese Ergänzung zur Beobachtung stellt keine Vermischung einer Ebene dar und soll daher in diesem Projekt nicht weiter betrachtet werden.

In der Auswertung der Beobachtungen sind keine Vermischungen von Ebenen zu erkennen.

Werden hingegen die Angaben zu den Vorstellungen auf der submikroskopischen Ebene betrachtet, so sind verschiedene Darstellungsarten erkennbar.

In den insgesamt 32 Angaben (16 Vorstellungen vom Lösevorgang und 16 Vorstellungen vom Reaktionsprozess) werden keine Angaben gefunden, die den Lösevorgang und/oder den Reaktionsprozess ausschließlich auf der submikroskopischen Ebene nach fachlich anerkannten Vorstellungen darstellen.

In drei Angaben zum Lösevorgang sind ausschließlich vereinzelte Vermischungen zwischen der submikroskopischen und Symbol-Ebene zu beobachten. Durch die Vermischung

ist jeweils eine beschreibende Bezeichnung der Teilchen erkennbar. Es kann dadurch keine alternative Vorstellung zu fachlich-anerkannten Konzepten diagnostiziert werden.

Auffällig ist, dass kein Studierender eine Beschreibung der Reaktionsprozesse darstellt, die vollständig fachlich-anerkannte Vorstellungen vermuten lassen.

Die weiteren Angaben schaffen keine annähernd vollständig fachlich-korrekte Darstellung der benannten Prozesse. Durch die nicht differenzierte Betrachtung von Ebenen werden alternative Vorstellungen angedeutet oder die Vorstellungen fachlich nicht korrekt dargestellt. Die schriftlichen Angaben werden induktiv in vier Kategorien eingeteilt. Die drei bereits benannten Abgaben werden nicht diesen Kategorien zugeordnet.

(1) Die Angaben werden auf der submikroskopischen Ebene beantwortet. Es lassen sich jedoch alternative Vorstellungen erkennen.

(2) Die Angaben werden ausschließlich auf makroskopischer Ebene beantwortet.

(3) Es sind Vermischungen zwischen der submikroskopischen und makroskopischen Ebene beobachtbar.

(4) Es sind Vermischungen zwischen der submikroskopischen und Symbol-Ebene beobachtbar.

(5) Es sind Vermischungen zwischen der makroskopischen, submikroskopischen und Symbol-Ebene beobachtbar.

Die Auswertung der schriftlichen Angaben teilt sich wie folgt auf die beschriebenen Kategorien auf.

	Beschreibung des Lösevorgangs	Beschreibung des Reaktionsprozesses
Kategorie 1	4	1
Kategorie 2	2	3
Kategorie 3	4	8
Kategorie 4	1	3
Kategorie 5	2	1

Tabelle 3 absolute Verteilung der Kategorien, Ebenenvermischung in Angaben von Studierenden

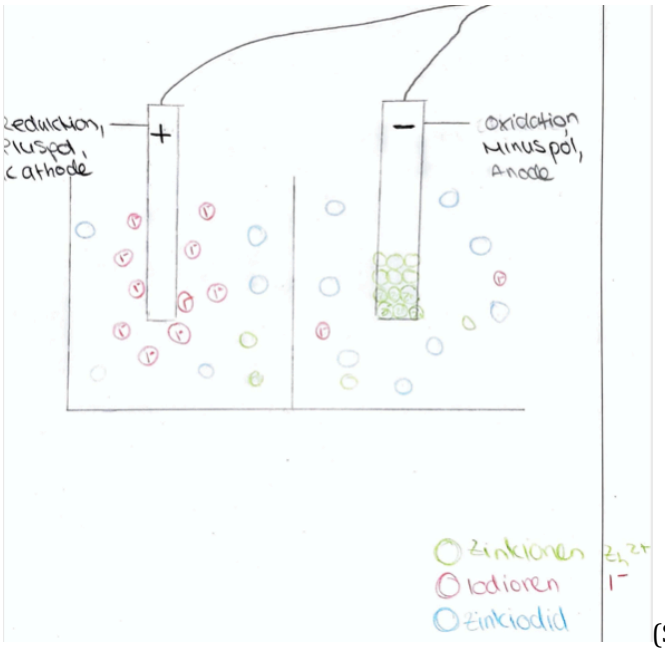
In der Auswertung der Kategorien ist zu erkennen, dass ausschließlich vier Studierende den Lösevorgang und ein Studierender den Reaktionsprozess ausschließlich auf der submikroskopischen Ebene darstellen. In den Darstellungen sind jedoch jeweils alternative Vorstellungen erkennbar sind.

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie, wie Sie sich den Lösevorgang des Zinkiodids auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in RN04)

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in EB09)

Tabelle 4 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 1 (Ankerbeispiel)

Es zeigt sich in den dargestellten Beispielen, dass die Studierenden die Prozesse auf submikroskopischer Ebene betrachten. Es wird in der Darstellung des Reaktionsprozesses die makroskopische Darstellung der Graphit-Elektroden vernachlässigt.

Werden die Angaben in dieser Kategorie betrachtet, so ist erkennbar, dass in der Darstellung des Zinkiodids alternative Vorstellungen zu sehen sind. Student*in RN04 bezeichnet diese in ihrer Beschreibung als „Zinkiodid Moleküle“ (Student*in RN04, Aufgabe Lösevorgang). Auch in der weiteren Betrachtung der Angaben innerhalb dieser Kategorie wird die Struktur von Zinkiodid auf submikroskopischer Ebene als „Zinkiodidteilchen“ (Student*in AO19, Aufgabe Lösevorgang) bezeichnet. Dies verdeutlicht, dass bei den Studierenden keine anerkannte, fachliche, submikroskopische Vorstellung zur Struktur von Zinkiodid erkennbar ist.

Die Darstellung des Reaktionsprozesses durch Student*in EB09 (vgl. Tabelle 4, unten) unterstützt diese Annahme. Da auch in der Darstellung Zinkiodid durch ein Teilchen dargestellt wird und an den Elektroden erst Ionen erkennbar sind. Das mag auch andeuten, dass Student*in EB09 die Vorstellung besitzt, dass die Ionenbildung erst an den Elektroden stattfindet.

Aus allen Angaben lässt sich ableiten, dass die Studierenden ein differenzierteres Verständnis auf submikroskopischer Ebene benötigen. Dazu sind der Einsatz von differenzierten Modellen als auch die kritische Betrachtung dieser Modelle notwendig. Dadurch soll den Studierenden ermöglicht werden, ihre Vorstellungen zu fachlich anerkannten Vorstellungen zu entwickeln oder ihre eigenen Vorstellungen differenzierter darzustellen.

Die Auswertung zur zweiten Kategorie zeigt in Tabelle 3 auf, dass zwei Studierende zum Lösevorgang und drei Studierende zum Reaktionsprozess keine differenzierte Darstellung auf der submikroskopischen Ebene geben können. Dies wird im Folgenden exemplarisch dargestellt.

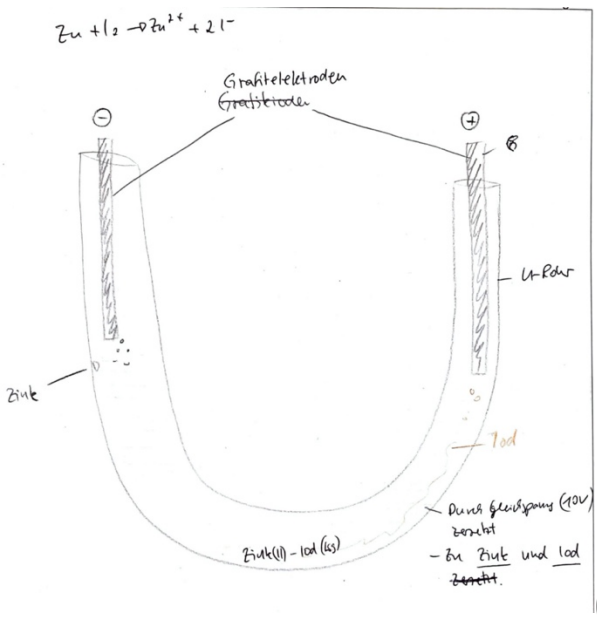
Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie auf, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.
„Die Zinkiodid-Lösung trennt sich durch die Gleichspannung wieder in ihre Ausgangsstoffe auf. Zink sammelt sich am Minuspol. Iod sammelt sich am Pluspol.“ (Student*in OH24)
 (Student*in RK01)

Tabelle 5 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 2 (Ankerbeispiel)

Die Angaben zeigen, dass keine Bezeichnungen der submikroskopischen Ebene vorhanden sind. Es können jedoch Vermutungen zu den Vorstellungen der Studierenden auf submikroskopischer Ebene erkannt werden.

Daraus lässt sich die Annahme ableiten, dass die Studierenden kein differenziertes Ebenenkonzept besitzen und sie nicht dazu in der Lage sind, ihre Vorstellungen in der reinen Betrachtung auf der Teilchenebene darstellen zu können.

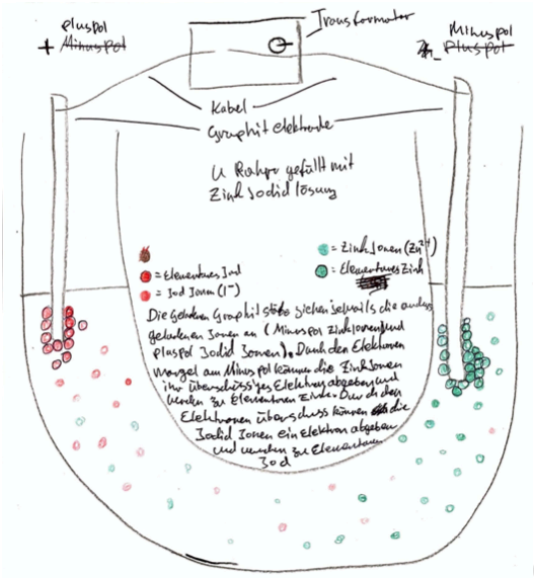
Die dritte Kategorie schließt die Angaben der Studierenden ein, welche eine Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene beinhalten. Mit insgesamt 12 Zuordnungen in diese Kategorie umfasst dies die häufigste Kategorie. Es ist auffällig, dass mit acht Angaben die Hälfte aller befragten Studierenden Vermischungen zwischen der makroskopischen und submikroskopischen Ebene in ihren Beschreibungen nutzen. Im Folgenden sollen die Angaben exemplarisch für diese Kategorie dargestellt werden, um daraus weitere Annahmen ableiten zu können.

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie auf, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in RK01)

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in AO29)

Tabelle 6 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 3 (Ankerbeispiel)

In der Betrachtung der Darstellungen werden alternative Vorstellungen zu fachlich-anerkannten Konzepten erkannt. In der Angabe von Student*in RK01 (vgl. Tabelle 6 – oben) zeigt sich die alternative Vorstellung des horror vacui (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). Student*in RK01 stellt sowohl einzelne Zinkiodid-Teilchen als auch Wasser-

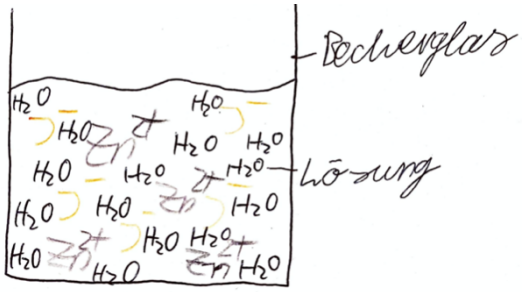
Teilchen dar. Diese werden mit der Bezeichnung VE-Wasser - vollentsalztes Wasser (chemie.de, 2020) – bezeichnet. Student*in RK01 füllt den Raum zwischen den Teilchen mit einem makroskopischen Modell von Wasser. Es scheint eine fehlende Vorstellung vom leeren Raum zwischen den Teilchen vorzuliegen. Diese Form der Vermischung ist auch in anderen Darstellungen dieser Kategorie erkennbar.

Zusätzlich ist in der Angabe von Student*in RK01 eine Vermischung zwischen der Kontinuums- und Diskontinuums-Vorstellung zu erkennen. Dies wird in der Angabe von Student*in AO29 deutlich (vgl. Tabelle 6 – unten). Student*in AO29 zeichnet den Reaktionsprozess für die Elektrolyse der Zinkiodid-Lösung. Es werden für Zink-Ionen und Iodid-Ionen kleine verschiedenfarbige Kreise als Modelldarstellung genutzt. An den Elektroden wird dann um die kreisförmigen Modelle eine dunklere Linie gezogen und diese dann jeweils als die elementaren Stoffe Zink und Iod bezeichnet. Die ähnliche modellhafte Darstellung zwischen den makroskopischen Stoffen Zink und Iod und den Strukturteilchen lässt annehmen, dass Student*in AO29 eine Kontinuumsvorstellung besitzt. Auch die Beschreibung des Prozesses unterstützt diese Annahme: „die Iodid Ionen [können] ein Elektron abgeben und werden zu Elementarem Iod“. Es wird keine Differenzierung zwischen dem Stoff Iod und dem strukturellen Aufbau formuliert.

Diese Darstellungen bestätigen sehr exemplarisch die zitierten Befürchtungen von Johnstone (Johnstone, 2000, S. 11), dass Lernende durch eine undifferenzierte Betrachtung der Ebenen alternative Vorstellungen bilden, da die Lernenden für ihre Vorstellungen die passenden Ausschnitte aus den beobachteten Darstellungen ziehen (Johnstone, 2000, S.11).

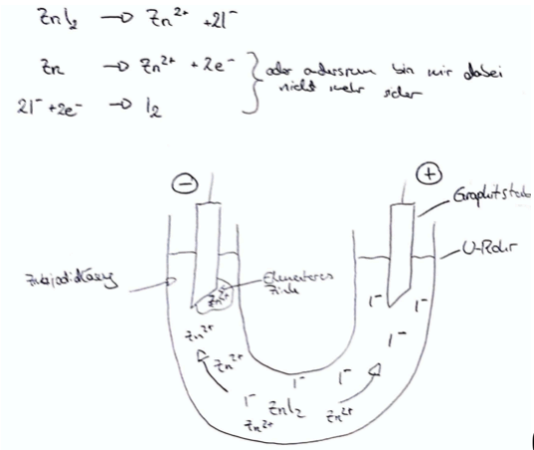
In der weiteren Betrachtung der Auswertung sind auch Vermischung zwischen submikroskopischer und Symbol-Ebene zu beobachten. Diese werden in Tabelle 7 exemplarisch dargestellt.

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie auf, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in LH26)

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in DP29)

Tabelle 7 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 4 (Ankerbeispiel)

Diese Darstellungen lassen auch bei den Studierenden alternative Vorstellungen vermuten.

Student*in LH26 nutzt für die Darstellung der Zinkiodid-Lösung die Symbole der Strukturteilchen. Es kann daraus nicht eindeutig abgeleitet werden, dass Student*in LH26 ein differenziertes Strukturverständnis der Materie besitzt, da die Angabe H_2O sowohl als Symbol für ein Wassermolekül, als auch für den Stoff Wasser stehen kann. In der Darstellung ist auffällig, dass die Ionensymbole in den makroskopischen Farben geschrieben werden, die in den Beobachtungen wahrgenommen werden können. Zudem wird in dem Becherglasmodell eine Flüssigkeitslinie eingezeichnet. Dies deutet eine Vermischung mit der makroskopischen Ebene an und würde daher die Annahme unterstützen, dass kein differenziertes Strukturverständnis vorhanden ist.

In der Darstellung der Reaktionsprozesse werden diese Beobachtungen ebenfalls erkannt. Student*in DP29 stellt zunächst durch die Strukturformel ZnI_2 im unteren Bereich des U-Rohr-Modells, vermutlich die Zinkiodid-Lösung, dar. Durch die Pfeile scheint Student*in DP29 anzudeuten, dass sich das Zinkiodid spaltet. Es kann dadurch ein fehlendes Strukturverständnis von Zinkiodid und einer Zinkiodid-Lösung festgestellt werden. In der

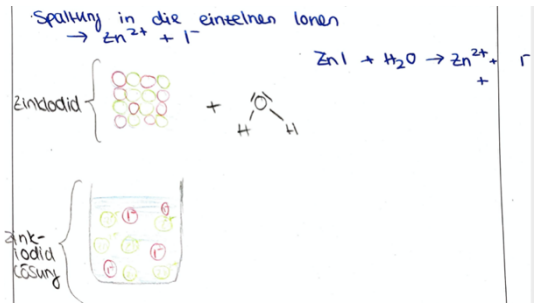
Lösung existiert kein Ionengitter aus Zink- und Iodid-Ionen. Die Darstellung deutet eine Ansammlung Zn^{2+} am Minus-Pol an. Diese wird umkreist und mit „Elementares Zink" beschrieben. Dies lässt das fehlende Strukturverständnis von Zinkatomen und Zinkionen vermuten und unterstützt die vorherige Annahme.

Durch die Angabe in der dargestellten Reaktionsgleichung „oder andersrum bin mir dabei nicht mehr sicher" wird deutlich, dass Student*in DP29 vermutlich nur auswendiggelernte Inhalte wiedergegeben hat, ohne ein strukturelles Verständnis davon zu besitzen.

Die Beschreibung dieser Kategorie unterstützt die Forderung nach einer differenzierten Betrachtung von chemischen Vorgängen in allen drei Ebenen, in allen Lernphasen des Unterrichts.

In der weiteren Betrachtung der Angaben sind auch Vermischungen aller drei Ebenen erkennbar. Diese werden in vorherigen Darstellungen bereits angedeutet, doch wird in diesem Fall ein Schwerpunkt in zwei Ebenen erkannt.

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie auf, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in EB29)

Aufgabenstellung: Beschreiben und zeichnen Sie, wie Sie sich die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene vorstellen. Beschriften Sie Ihre Zeichnung.



(Student*in ON25)

Tabelle 8 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 7 (Ankerbeispiel)

Tabelle 8 zeigt die Vermischung von allen drei Ebenen in den Beschreibungen und Erklärungen zum Lösevorgang bzw. zu den Reaktionsprozessen. Es zeigt sich in der Darstellung von Student*in EB29, dass verschiedene Möglichkeiten genutzt werden, um den Lösevorgang darzustellen. Zudem ist zu erkennen, dass Student*in EB29 ein angedeutetes, strukturelles Verständnis vom Zinkiodid-Ionengitter besitzt. Dies wird

durch die wechselhafte Darstellung von unterschiedlich-farbigen Kreisen modellhaft dargestellt. Es wird jedoch nicht als Ionengitter, sondern durch den makroskopischen Namen Zinkiodid benannt. Weiter ist zu beobachten, dass für die Strukturvorstellung eines Wassermoleküls ein anderes Modell bzw. die Lewis-Formel als Symbol-Formel genutzt wird. In der Darstellung der Zinkiodid-Lösung ist kein Verständnis von der Struktur der Lösung erkennbar. Die Ionen werden einzeln dargestellt. Auffällig ist, dass an dieser Stelle die Ladungen mithilfe der Symbole eingezeichnet werden. Die Teilchen werden durch ein makroskopisches Modell von Wasser umschlossen, welches erneut einen Hinweis auf die horror vacui Vorstellung (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018) andeutet.

Es kann vermutet werden, dass Student*in EB29 ein strukturelles Verständnis der Materie besitzt. Aber es kann auch festgestellt werden, dass Student*in EB29 nicht dazu in der Lage ist, dies angemessen fachlich darzustellen. Dies lässt ableiten, dass Student*in EB 29 die Differenzierung der Ebenen nicht bekannt sind und die Auswirkungen durch eine vermischende Darstellung unbewusst ist. Dies unterstützt die Forderung einer transparenten Trennung von Ebenen im Lernmaterial für Schülerinnen und Schüler.

In der Darstellung von Student*in ON25 werden diese Annahmen unterstützt. Es werden hier alle drei Ebenen verwendet. Durch eine farbliche Darstellung der makroskopischen Stoffe, welche im Experiment beobachtet werden können, und weiterer Farben für die Strukturteilchen, lässt sich annehmen, dass Student*in ON25 ein angedeutetes Strukturverständnis von Materie besitzt. Allerdings kann durch die Bezeichnung der modellhaft dargestellten Teilchen, durch die Elementsymbole als auch die Elementnamen, diese Vermutung verworfen werden. Es kann durch diese Bezeichnung nicht eindeutig festgestellt werden, ob Student*in ON25 ein differenziertes Verständnis zwischen den Strukturteilchen Zink- und Iodid-Ionen, den Elementen Zink und Iod als auch den Elementsymbolen Zn und I_2 besitzt.

Dies unterstützt die Annahme, dass Student*in ON25 die Bedeutung der unterschiedlichen Ebenen nicht kennt und auch entsprechend dessen Angaben nicht differenziert auf diesen darstellen kann. Dadurch wird die Forderung nach einer transparenten Darstellung der Ebenen in den Lernphasen von Schülerinnen und Schülern unterstützt.

Im weiteren Schritt sollen die Aussagen der Studierenden mit Blick auf den Leitfaden zusammengefasst ausgewertet werden. Dies bezieht sich insbesondere auf die Frage nach der Kenntnis über die Ebenen aus dem Schulunterricht und der Fähigkeit die Ebenen in einem fiktiven Schulbuchtext wiederzufinden.

In der Auswertung der Interviews wird festgestellt, dass kein Studierender die Differenzierung in die drei Ebenen nach Johnstone aus der schulischen Ausbildung kennt. Drei Studierende beschreiben, dass im schulischen Unterricht von einer Teilchenebene gesprochen wurde, welche eine Annahme der Differenzierung in die submikroskopische Ebene zulässt.

Diese Angaben der Studierenden unterstützen durch den Zusammenhang zu den – oben dargestellten – vorhandenen, alternativen Vorstellungen die Forderung nach einem transparenten Umgang der Ebenen in den Lernphasen der Schülerinnen und Schüler. Die Angaben der Studierenden lassen fachlich-anerkannte Vorstellungen erkennen und durch ihre Wahl für ein Chemielehramtsstudium lässt sich auch ein fachliches Interesse vermuten. Allerdings sind die Studierenden nicht dazu in der Lage, dies angemessen fachsprachlich oder modellhaft darzustellen. Dies fordert eine konsequente fachsprachliche Trennung der Ebenen und eine Förderung dieser fachsprachlichen Strukturen.

In der Auswertung der Angaben der Studierenden zu einem fiktiven Schulbuchtext zeigt sich, dass kein Studierender ausführlich zwischen den Ebenen differenzieren kann. Nach einer kurzen Definition der Ebenen wird beobachtet, dass die dargestellten Wortgleichungen durch Symbolgleichungen verändert werden. Es wird bei sechs Studierenden festgestellt, dass sie die submikroskopischen Fachbegriffe Atome und Ionen identifizieren und diese Sätze dann nach der Ebene bezeichnen. Eine Vermischung zur makroskopischen Ebene fällt ihnen in den Sätzen nicht auf.

Es lässt sich durch die Beobachtung ableiten, dass den Studierenden durch eine kurze Einführung bereits in vereinzelten Situationen die Bedeutung der Ebenen bewusst ist. Zudem lässt sich annehmen, dass dies ausschließlich nach einer längerfristigen Übung möglich ist und unterstützt daher auch die konsequente und transparente Trennung der Ebenen in den Lernphasen der Schülerinnen und Schüler. Dies beinhaltet die fachsprachliche Trennung in der Unterrichtssprache und den Lernmaterialien.

3.2.2. Reflexion aus der Befragung von Studierenden und Ableitungen für den Projektverlauf

Die dargestellte Befragung von Studierenden des ersten Semesters des Chemielehramtsstudium hat gezeigt, dass es in der Analyse von Vorstellungen insbesondere auf der submikroskopischen Ebene zu sprachlichen und modellhaften Vermischungen kommen kann.

Kritisch sollte betrachtet werden, dass der Stichprobenumfang mit 16 Studierenden nicht sehr umfangreich ist. Es wird allerdings kein Anspruch auf die Übertragbarkeit auf andere Personen und Gruppen erhoben.

Durch die Befragung wird jedoch die Problematik der Framing Phase und Johnstones Annahme verdeutlicht:

> When the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born! *(Johnstone A. H., 2000, S. 10)*

Die alternativen Vorstellungen zu fachlichen Konzepten sind in der Auswertung ausführlich dargestellt. Die Studierenden geben an, dass sie keine Vorkenntnisse zur Differenzierung in Ebenen aus dem Unterricht kennen, ausgenommen drei Studierende, bei denen eine submikroskopische Ebene im Unterricht durch den Begriff „Teilchenebene" angedeutet wird. Dennoch sind die Studierenden nach ihrer schulischen Laufbahn nicht dazu in der Lage, die Informationen fachlich angemessen in die Ebenen zu differenzieren.

Es werden daraus folgende Erkenntnisse für den weiteren Projektverlauf abgeleitet:

(1) Schülerinnen und Schüler müssen durch angemessene Darstellungen die Ebenen voneinander trennen können.

(2) Schülerinnen und Schüler müssen in allen Lernphasen eine transparente Trennung der Ebenen nach Johnstone erfahren.

(3) Die Trennung der Ebenen muss durch differenzierte Fachsprache im Lernmaterial und Unterrichtsgespräch umgesetzt werden.

(4) Vermischungen zwischen den Ebenen sind zu vermeiden. Sollte eine Vermischung nicht umgangen werden können, so ist diese transparent kenntlich zu machen.

3.2.3. Erarbeitung der Ebenen-Differenzierung

Die beschriebenen Ableitungen aus der Befragung von Studierenden werden im weiteren Projektverlauf aufgegriffen.

Im Rahmen einer Diskussion mit den wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Didaktik der Chemie der WWU Münster und auf Basis der im theoretischen Teil dieser Arbeit dargestellten Differenzierung der Ebenen, werden die Handlungsoperationen der Ebenen im Chemieunterricht verallgemeinert dargestellt.

Ziel ist eine transparente und schülergerechte Benennung der Ebenen, welche einen offensiven Einsatz im Unterricht ermöglicht und den Schülerinnen und Schülern die Handlungsoperation der Ebenen verallgemeinert darstellen kann.

Im Rahmen der Sitzung der Expertinnen und Experten wird folgende Zusammenfassung für die Ebenen zusammengetragen:

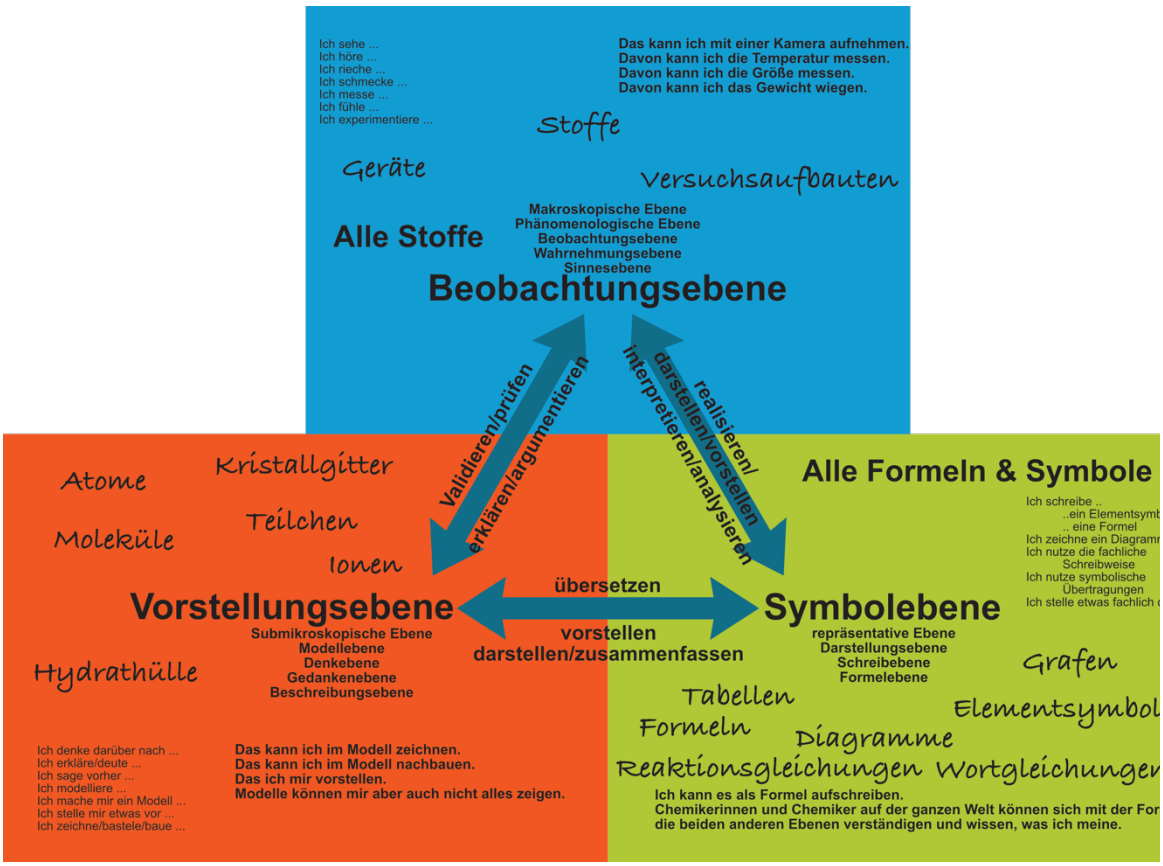


Abbildung 25 Differenzierung des Johnstone-Dreiecks in Fachbegriffe, Handlungsoperationen und mögliche Benennungsmöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler

Abbildung 25 stellt zusammenfassend die Ergebnisse der Sitzung der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dar. In dieser Sitzung sind die Handlungsoperationen der einzelnen Ebenen differenziert beschrieben und diese mit möglichen Fachbegriffen des Chemieunterrichts verknüpft worden.

In der Diskussion wird festgehalten, dass für die Schülerinnen und Schüler eine Umbenennung der Ebenen erfolgen muss.

Aus dieser Diskussion werden die Umbenennung und die Entwicklung von didaktisch reduzierten Definitionen zu den einzelnen Ebenen abgeleitet, die die Basis für dieses Projekt darstellen sollen.

Die Darstellung und Definition der Ebenen im Verständnis dieses Projektes sollen im Folgenden dargestellt werden und werden aus den theoretischen Grundlagen, den Erkenntnissen der Befragung von Erstsemesterstudierenden und der Expertendiskussion abgeleitet.

In der Auswertung der Diskussion und der Befragung der Erstsemesterstudierenden wird deutlich, dass die Ebenen durch fachsprachliche Repräsentationen unterschieden werden können. Die Darstellung der Fachsprache stellt das Transportmittel der Informationsübertragung dar. Es wird daher angenommen, dass in den Ebenen nach Johnstone auch von Kommunikationsebenen gesprochen werden kann.

Aus den dargestellten Auswertungen wird deutlich, dass im Rahmen des Projektverlaufs eine eigene Beschreibung und Benennung der Ebenen benötigt wird. Dies soll im Folgenden dargestellt werden.

3.3. Definition des Johnstone-Dreiecks im Projekt chem:LEVEL

Im Projekt chem:LEVEL werden die Ebenen als Kommunikationsebenen betrachtet. Die Differenzierung des Handelns und Lernens kann nur durch eine kommunikative Repräsentation unterschieden werden.

Der Begriff Kommunikationsebene soll in diesem Zusammenhang die Bedeutung der fachsprachlichen Differenzierung zur Unterscheidung der Ebenen verdeutlichen. Nur durch eine unterschiedliche fachsprachliche Kommunikation im Unterrichtsgespräch sowie im Lernmaterial, kann die inhaltliche Information differenziert für die Lernenden aufbereitet werden. Es wird betont, dass dies nicht ausschließlich die verbale Kommunikation beinhaltet, sondern in allen Repräsentationsebenen möglich ist, welche bereits im theoretischen Teil dieser Arbeit vorgestellt sind.

3.3.1. Beobachtungs-Ebene

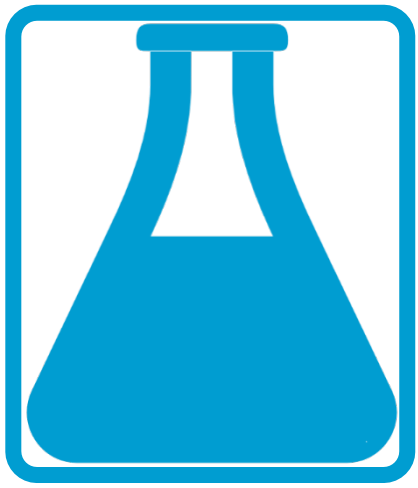


Abbildung 26 Icon für die Beobachtungs-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt)

Die makroskopische Ebene wird in Beobachtungs-Ebene umbenannt. Es soll damit der Fokus auf die phänomenologische Betrachtung in den Lernprozessen dieser Ebene gelegt werden. Dies schließt sowohl die sichtbaren Phänomene ein als auch solche, die mit den weiteren körperlichen Sinnen wahrgenommen werden können oder durch Messinstrumente erhoben werden.

Die Beobachtungs-Ebene umfasst alle Beobachtungen, die zum einen direkt mit den physischen Sinnen wahrgenommen als auch indirekt mit Messinstrumenten aufgezeichnet werden können (Johnstone, 2000). Die makroskopische Ebene beinhaltet zudem alle Erklärungen, die auf direkt und indirekt wahrnehmbaren Aspekten beruhen. Talanquer (2011) benennt hier beispielhaft die Erklärung, dass sich ein Ballon bei steigender Temperatur ausdehnt, da der innere Gasdruck steigt.

In der Beobachtungs-Ebene werden alle fachsprachlichen Darstellungen genutzt, die zur Beschreibung von beobachtbaren und messbaren Phänomenen benötigt werden. Dies kann mithilfe von gegenständlichen Darstellungen in Experimentaufbauten, mithilfe von grafischen Repräsentationen in Fotos und modellierten Zeichnungen, der Verbalsprache sowie der strukturierten und verkürzten Notation von Erkenntnissen in Tabellen, Mindmaps oder anderen Strukturmethoden, geschehen.

Die Beobachtungs-Ebene soll für die Lernenden farblich gekennzeichnet werden. Dafür wird die Farbe Blau (R0 G157 B209) festgelegt. Durch ein ergänzendes Icon (vgl. Abbildung 26) wird die Beobachtungs-Ebene stilisiert repräsentiert. In der Kombination von Farbe und Icon kann ein mit Wasser gefüllter Erlenmeyerkolben erkannt werden, der als experimentell genutztes Gefäß den Bezug zu Experimenten andeuten soll.

Für die Lernenden wird die Beobachtungs-Ebene wie folgt beschrieben:

Die Beobachtungs-Ebene umfasst alles Greifbare und Sichtbare. Alle Bestandteile, die mit den Sinnen wahrgenommen werden können, werden zur Beobachtungs-Ebene gezählt. Auch Messungen von Gewicht, Volumen, Stromstärke und anderen naturwissenschaftlichen Größen gehören zu dieser Ebene. Alle Angaben zum Aufbau eines Experiments sowie die Durchführung des Experiments werden zur Beobachtungs-Ebene gezählt.

3.3.3. Vorstellungs-Ebene



Abbildung 27 Icon für die Vorstellungs-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt)

Die submikroskopische Ebene beinhaltet alle Erklärungen mithilfe von Atomen, Ionen, Molekülen und Energieumwandlungen, es umfasst zudem auch die subatomare Betrachtung und die Wechselwirkungen dieser Bausteine der Materie. (Johnstone, 2000)

Die Handlungen der submikroskopischen Ebene verdeutlichen, dass die Ebene nur durch Imagination bei den Lernenden existieren kann. Modelle der Materiebausteine sind in diesem Zusammenhang unerlässlich, doch fördern sie die Vorstellung der Lernenden immer nur in einem Kontext. Durch die Betonung der Imagination innerhalb der Ebene wird diese als Vorstellungs-Ebene für die Lernenden benannt.

Die Vorstellungs-Ebene umfasst folglich alle Beschreibungen von Strukturvorstellungen von Materie auf Basis der Struktur- und Elementarteilchen. Diese Ebene kann in der gegenständlichen Dimension durch haptische Modelle zur chemischen Struktur visualisiert werden. Animationen, Simulationen und Zeichnungen können Modelle von Teilchen und Bausteinen der Materie bildlich darstellen sowie Zusammenhänge und Interaktionen visualisieren. Die Verbalsprache ermöglicht in ihren unterschiedlichen Dimensionen die Beschreibung der Materiebausteine als auch deren Interaktion untereinander.

Es ist insbesondere auf die fachsprachlichen Differenzierungen zur Beobachtungs-Ebene zu achten. So können durch eine differenzierte Verwendung beispielsweise der Begriffe Zink-Atom und Zink unterschiedliche Informationen vermittelt werden. Der eine Begriff repräsentiert ein Strukturteilchen, der andere Begriff stellt eine optisch wahrnehmbare Substanz dar.

Die Vorstellungs-Ebene wird im Projekt mit der Farbe Orange (R233 G83 B14) repräsentiert und kann durch ein Icon (vgl. Abbildung 27) abgekürzt werden. Das Icon stellt ein Modell für ein Wassermolekül in einem stilisierten Kopf dar. Das Icon soll die Leistung der gedanklichen Vorstellung von Teilchen darstellen. Es soll in dieser Darstellung der Zusammenhang zwischen den drei Ebenen dargestellt werden. In der Beobachtungs-Ebene wird

ein mit Wasser gefüllter Erlenmeyerkolben dargestellt. Im Icon der Vorstellungs-Ebene wird dies durch die Strukturvorstellung eines Wassermoleküls aufgegriffen.

Für Lernende der Sekundarstufe 1 wird die Vorstellungs-Ebene wie folgt beschrieben. Die Erklärung kann auch als ergänzende Erklärung verwendet werden und soll den Lernenden angepasst mitgeteilt werden.

Die Chemie beschäftigt sich mit der Veränderung von Teilchen. Kein Mensch hat jemals ein Teilchen eines Stoffes sehen können. Teilchen können sich Menschen nur in Gedanken vorstellen oder durch Modelle darstellen. In der Vorstellungs-Ebene wird alles nicht-sichtbare zusammengefasst. Das können die Vorstellungen oder Modelle von Teilchen sein. In der Vorstellungs-Ebene wird beschrieben, wie verschiedene Teilchen eine Struktur bilden. Auch Reaktionen zwischen verschiedenen Teilchen können vorgestellt oder mithilfe von Modellen dargestellt werden. Es wird in der Vorstellungs-Ebene zwischen Strukturteilchen und Elementarteilchen unterschieden. Strukturteilchen sind Atome, Ionen und Moleküle. Elementarteilchen sind Elektronen, Protonen und Neutronen.

3.3.4. Symbol-Ebene

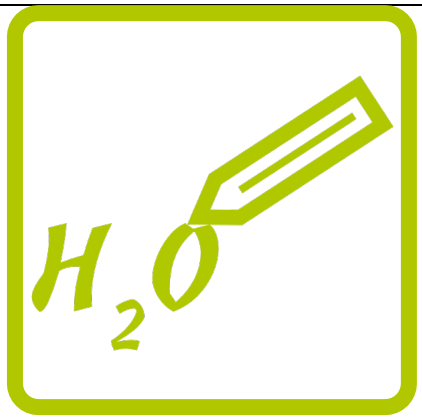


Abbildung 28 Icon für die Symbol-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt)

Die repräsentative Ebene umfasst alle Elementsymbole, Reaktionsgleichungen – sowohl als Wort- und Symbolgleichung – und mathematische Berechnungen. Wie im theoretischen Teil dargestellt, unterstützt Johnstone in seinen späteren Veröffentlichungen auch den Begriff der Symbol-Ebene, so dass dieser für das Projekt genutzt werden soll.

Die repräsentative Ebene kann durch die verbale Dimension dargestellt werden, dabei zeichnet sie sich insbesondere durch einen vermehrten Gebrauch von formelhaften Strukturen und Abkürzungen aus. In der Symbol-Ebene können Strukturteilchen, Elemente und Elementarteilchen durch Symbole verkürzt dargestellt werden. Hier werden mathematische Gleichungen, Grafen und Tabellen als Kommunikationsmittel genutzt. Die Symbol-Ebene erschwert durch eine doppeldeutige Verwendung von Symbolen für Elemente und

Strukturteilchen den Lernprozess, so kann beispielsweise Fe sowohl für den Stoff Eisen als auch für ein Eisen-Atom stehen.

In diesem Projekt wird eine Reaktionsgleichung als Verhältnisgleichung von Reaktionspartnern verstanden. Somit werden dargestellte Reaktionsgleichungen nicht durch typische Angaben wie (s) für fest, (l) für flüssig oder (g) für gasig ergänzt, da einzeln betrachtete Teilchen keinen Aggregatzustand haben können.

Die repräsentative Ebene charakterisiert sich insbesondere durch einen Verkürzungsprozess und eine daraus resultierende symbolische Darstellung. Aus diesem Grund wird die Ebene für die Lernenden als Symbol-Ebene benannt.

Die Symbol-Ebene wird im Projekt mit der Farbe Grün (R177 G200 B0) dargestellt und durch ein Icon (vgl. Abbildung 28) repräsentiert, welches ein notiertes Wasser-Molekül darstellt und somit an die Icons der beiden anderen Ebenen anknüpft.

Für Lernende soll die Symbol-Ebene wie folgt erklärt werden:

Chemikerinnen und Chemiker haben sich auf eine einheitliche Schreibweise geeinigt. Es können einzelne Teilchen durch Symbole abgekürzt werden. Mithilfe der Symbole können chemische Reaktionen verkürzt dargestellt werden. Chemikerinnen und Chemiker können aus diesen Formeln die Vorstellungen über die Reaktionen in der Vorstellungs-Ebene erkennen. In der Symbol-Ebene werden chemische Informationen durch Symbole, Diagramme, Tabellen, Grafen und mathematischen Berechnungen dargestellt.

3.4. Mesozyklus 2

Der erste Mesozyklus hat die Erkenntnis gebracht, dass das Johnstone-Dreieck kein transparenter und/oder offensiver Bestandteil des Chemieunterrichts der interviewten Studierenden war.

Daraus ist eine Darstellungsmöglichkeit der Ebenen für den Chemieunterricht erarbeitet und im Abschluss des ersten Mesozyklus‘ beschrieben worden.

Die Erkenntnisse wurden in einem zweiten Mesozyklus weiter betrachtet. Dazu wird exemplarisch erhoben: Welches Wissen haben Lehrkräfte über die Differenzierung der Ebenen? Welche Wünsche werden an zu entwickelnde Lernmaterialien zur Förderung einer Ebenen-spezifischen Kommunikation nach Johnstone gestellt? Es wird betont, dass keine qualitative Auswertung der Kenntnisse der Lehrkräfte durchgeführt werden soll. Es soll vielmehr erfahren werden, ob die Lehrkräfte innerhalb ihres Unterrichts bewusst zwischen Ebenen trennen und ob sie bei der Erstellung von Unterrichtsmaterialien auf die Differenzierung der Ebenen achten. Ferner soll erfahren werden, welche Anforderungen die Lehrkräfte an zu entwickelndes Unterrichtsmaterial stellen.

3.4.1. Aufbau der leitfadengestützten Interviews von Lehrkräften

Zu dieser exemplarischen Erhebung werden insgesamt vier Lehrkräfte im Sommersemester 2018 mithilfe eines leitfadengestützten Interviews befragt (Interviewleitfaden siehe Anhang I). Alle Lehrkräfte unterrichten ausschließlich in der Sekundarstufe 1. Die Lehrkräfte im Alter von 61 Jahren (Berufsbeginn 1981) und 29 Jahren (Berufsbeginn 2015) arbeiten an einer Gesamtschule, die beiden anderen Lehrkräfte jeweils im Alter von 31 Jahren (jeweils Berufsbeginn 2013) arbeiten an unterschiedlichen Realschulen. Alle Schulen werden dem Schulstandorttyp 5 in Nordrhein-Westfalen zugeordnet. Dies beinhaltet, dass in den Schulen ein überdurchschnittlicher Anteil an Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund im Vergleich zum Landesschnitt vorliegt. Im Durchschnitt liegt der Migrationsanteil an diesen Schulen in Nordrhein-Westfalen bei 61 % (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2020). Dies soll keine Bewertung der Schulen darstellen, aber als ein Indiz auf sprachliche Herausforderungen im Unterricht an den Schulen verstanden werden.

Die Lehrkräfte werden im Rahmen des Interviews zum einen in einer Metaebene über ihre Kenntnisse über das Johnstone-Dreieck befragt.

Durch die Diskussion über einen fiktiven Schulbuchtext (siehe Anlage I) sollen die Lehrkräfte die Vermischung der Ebenen bewerten. Es sollen abschließend dadurch Vor- und Nachteile herausgearbeitet werden, welche die Lehrkräfte in einer transparenten Darstellung der Johnstone Ebenen sehen.

Zudem werden die Lehrkräfte nach ihren Anforderungen gefragt, welche sie an Lernmaterialien stellen würden, damit sie diese im Unterricht einsetzen.

Die Ergebnisse sollen ausschließlich zusammenfassend dargestellt werden.

3.4.2. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Alle Lehrkräfte geben an, dass ihnen das Johnstone-Dreieck weder aus ihrem Studium noch aus ihrer beruflichen Tätigkeit bekannt ist.

In Bezug auf der Betrachtung des Schulbuchtextes äußern die Lehrkräfte der Realschule, dass ihnen bewusst ist, dass sie die Symbol-Ebene im Unterricht zur Auswertung von Experimenten nutzen.

Eine Lehrkraft der Gesamtschule gibt an, im Unterricht bewusst von einer Teilchen-Ebene zu sprechen. Die Lehrkraft beschreibt, dass eine Schwimmbrille mit einem aufgeklebten Teilchenmodell im Unterricht genutzt wird, um den Schülerinnen und Schülern den Wechsel in diese Ebene zu verdeutlichen. Sie sollen die Reaktion durch die „Teilchenbrille“ betrachtet beschreiben.

Alle Lehrkräfte geben an, dass sie große Schwierigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern im Erlernen von Reaktionsgleichungen sehen. Drei Lehrkräfte äußern, dass ihnen die Reaktionsgleichung als Abschluss eines Experimentes wichtig ist und die Schülerinnen und Schüler diese erlernen müssen.

Außerdem beschreiben alle Lehrkräfte, dass sie Modelle in ihrem Unterricht einsetzen. Eine Lehrkraft gibt an, dass sie bewusst auf die Sprache in der Beschreibung der Modelle achtet. Alle Lehrkräfte äußern, dass sie große Schwierigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern beobachten, Modelle angemessen zu beschreiben. Die Lehrkräfte beschreiben dies durch falsche Vorstellungen oder ein fehlendes, sprachliches Vermögen.

Die Lehrkräfte erhalten eine Definition der Ebenen. Die Erklärung orientiert sich an der Beschreibung der Ebenen aus dem ersten Mesozyklus.

Die Lehrkräfte können vereinzelte Ebenenbausteine im fiktiven Schulbuchtext erkennen. In einer Diskussion über den Schulbuchttext und mögliche Verbesserungsvorschläge für diesen geben alle Lehrkräfte an, dass die Ebenen voneinander getrennt werden sollten. Die Ebenen sollten in unterschiedlichen Kapiteln aufbereitet sein. Die Lehrkräfte schlagen im Rahmen der Diskussion vor, das Material von der makroskopischen Ebene zur submikroskopischen Ebene aufzubauen und abschließend die Symbol-Ebene zu verwenden.

Die Lehrkräfte geben an, dass sie sehr viel Materialeinsatz befürchten, wenn die Ebenen konsequent getrennt werden. Sie befürchten, dass dies die Schülerinnen und Schüler überfordern kann.

Folgende Anforderungen an das Lernmaterial würden von den Lehrkräften gestellt werden, um es im Unterricht einzusetzen.

(1) Der Inhalt soll aktivierend sein und einen Teil des Kernlehrplans darstellen.

(2) Der Inhalt soll ein weiterführendes Thema aufgreifen. Die Lehrkräfte geben an, dass sie für den Anfangsunterricht bereits sehr differenziertes Material haben. (Anmerkung: differenziertes Material bezieht sich in diesem Zusammenhang nicht auf eine Ebenendifferenzierung)

(3) Das Material soll veränderbar sein, um es gegebenenfalls an die Lerngruppe anzupassen.

(4) Das Material soll strukturiert aufgebaut sein.

(5) Das Material soll die Ebenen transparent darstellen, damit die Schülerinnen und Schüler wissen, welche Ebene thematisiert wird.

(6) Alle Lehrkräfte beschreiben eine sprachsensible Gestaltung des Materials. Das Material soll sprachlich so gestaltet werden, dass auch sprachschwachen Schülerinnen und Schülern das Lernen auf anderen Ebenen ermöglicht werden kann.

(7) Alle Lehrkräfte betonen die Differenzierung des Materials. Das Material muss für alle Schülerinnen und Schüler anschlussfähig sein, aber auch weitere Anforderungen für stärkere Schülerinnen und Schüler bilden.

3.4.3. Reflexion der Interviews von Lehrkräften

Es soll zunächst angemerkt werden, dass die Auswertung der Interviews kritisch zu betrachten ist. Die Stichprobengröße (n=4) gibt keine Möglichkeit der Übertragung der Auswertung auf andere Lehrkräfte. Aufgrund der geringen Stichprobe werden auch keine validen und objektiven Erkenntnisse erreicht. Dies soll durch diesen Mesozyklus auch nicht erfahren werden.

Die Befragung ist als Ergänzung zur theoretischen Aufbereitung im Rahmen dieses Projekts und zur Befragung der Studierenden im ersten Mesozyklus zu betrachten. Es soll ein Eindruck über die Situation in den Schulen darstellen und exemplarisch die Anforderung von Lehrkräften an Lernmaterial herausarbeiten.

Unter diesen Annahmen wird festgestellt, dass die befragten Lehrkräfte das Johnstone-Dreieck nicht kennen.

Die im theoretischen Teil dieser Arbeit dargestellten Herausforderungen - bezüglich der Fokussierung auf differenzierendes und sprachsensibles Unterrichten - werden durch die Forderungen der Lehrkräfte bestätigt. Alle Lehrkräfte betonen die Umsetzung von Differenzierungsmöglichkeiten und sprachsensiblen Gestaltungen ausdrücklich.

Unter der Beachtung der theoretischen Grundlagen dieser Arbeit, den Erkenntnissen aus den Befragungen von Erstsemesterstudierenden und den gewonnenen Eindrücken aus der Befragung von Lehrkräften soll ein Mesozyklus folgen, der die Entwicklung und Erprobung von Lernmaterialien in den Fokus setzt.

3.5. Mesozyklus 3

Im Rahmen des Projektverlaufs wird im Folgenden eine Lernumgebung entwickelt, welche zum einen die literaturbasierten Kriterien erfüllen soll, welche im theoretischen Teil dieser Arbeit vorgestellt werden. Zum anderen sollen die gewünschten Anforderungen der Lehrkräfte berücksichtigt werden.

Ziel dieses Mesozyklus soll die Weiterentwicklung der Lernumgebung sein. Dies soll durch mindestens eine Erprobung einer Schulklasse erreicht werden.

Dazu werden im Folgenden die Ziele für die Erstellung einer Lernumgebung zusammengefasst und die Erstellung einer Lernumgebung begründet dargestellt.

Die Lernumgebung soll folgende Kriterien erfüllen:

(1) Die Lernumgebung differenziert die Ebenen nach Johnstone transparent für die Schülerinnen und Schüler. Es wird insbesondere auf Ebenen-spezifische Darstellungen und Formulierungen geachtet und Ebenen-Vermischungen vermieden.

(2) Die Lernumgebung bietet eine Differenzierung im Anforderungsniveau an.

(3) Die Lernumgebung nutzt sprachsensible Methoden, um insbesondere die fachsprachliche Differenzierung der Ebenen zu ermöglichen.

(4) Die Lernumgebung beachtet die literaturbasierten Gestaltungskriterien für Lernmaterialien.

3.5.1. Begründung des inhaltlichen Themas

Die Lehrkräfte wünschen in ihren Angaben ein inhaltliches Thema, das nicht dem Anfangsunterricht angehört. Es wird zudem ein differenzierendes Material für den weiterführenden Unterricht gewünscht. Daraus wird abgeleitet, dass die inhaltliche Ausarbeitung von RedOx-Reaktionen eine Möglichkeit darstellt.

Im Rahmen des Projektes wird das Inhaltsfeld 6 des Kernlehrplans für Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen festgelegt: Elektrische Energie aus chemischen Reaktionen.

Das Inhaltsfeld wird gewählt, da es das erste Inhaltsfeld nach der Einführung eines differenzierten Strukturmodells im Chemieunterricht darstellt. Im Inhaltsfeld 5 werden verschiedene Atommodelle, wie das Kern-Hülle-Modell oder das Schalenmodell betrachtet. Die Schülerinnen und Schüler lernen in diesem Inhaltsfeld die erste Unterscheidung zwischen verschiedenen Teilchenarten kennen.

Das Inhaltsfeld 6 greift diese Strukturmodelle auf. Diese sollen erste Reaktionsprozesse mithilfe der Modelle darstellen. Diese Anforderungen aus dem Kernlehrplan werden als geeigneter Anschluss für die Differenzierung innerhalb der Ebenen nach Johnstone betrachtet.

Um eine Überprüfbarkeit der Vorgehensweise zu ermöglichen soll zunächst ein inhaltlicher Baustein des Inhaltsfeldes betrachtet werden, damit auf Basis der Erkenntnisse dieses Bausteins weitere Lernmaterialien erarbeitet werden können. Inhaltlich werden daher in der Lernumgebung die Galvanischen Zellen als ein Baustein des Inhaltsfeldes betrachtet.

3.5.2. Anbindung an den Kernlehrplan

Die fachlichen Inhalte der entwickelten Lernumgebung sollen die geforderten Kompetenzbereiche des Kernlehrplans fördern und fordern, um so einen Einsatz im Chemieunterricht zu ermöglichen und die Anwendbarkeit der Konzeption chem:LEVEL für den Chemieunterricht zu verdeutlichen.

Inhaltlich ist die Lernumgebung an den Kernlehrplan für die Sekundarstufe 1 für Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013) angebunden. Der Inhalt ‚Galvanische Zellen' wird im Inhaltsfeld 6 ‚Elektrische Energie aus chemischen Reaktionen' beschrieben.

Im Folgenden werden die Kompetenzen beschrieben, die durch die inhaltliche Fokussierung auf die Galvanischen Zellen im Lernmaterial gefördert werden.

Die Lernumgebung soll die Schülerinnen und Schüler dabei unterstützen

- eine differenzierte Vorstellung von Redoxreaktionen als Basiskonzept zu Chemischen Reaktionen weiterzuentwickeln.
- Elektronenübertragungen in der Struktur der Materie als Donator-Akzeptor-Prinzip zu erkennen.
- die Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie zur Erweiterung des Basiskonzepts Energie zu erfahren.
- Redoxreaktionen zwischen Metallatomen und Metallionen als Redoxreaktionen zu deuten, bei denen Elektronen übergehen.
- den grundlegenden Aufbau und die Funktionsweise von Batterien zu beschreiben.
- die elektrochemischen Reaktionen mit der Aufnahme und Abgabe von Elektronen nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip zu deuten.
- in einer geeigneten Form die dargestellten Reaktionsprozesse in die Teilprozesse Oxidation und Reduktion zu zerlegen.
- aus verschiedenen Darstellungen den Aufbau und die Funktion elektrochemischer Energiespeicher adressatengerecht zu erläutern.

(Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013, S. 86f)

Die Anforderungen aus dem Kernlehrplan werden als inhaltliches Kriterium für die Erarbeitung der Lernumgebung betrachtet, um eine Anschlussfähigkeit für den Einsatz im Chemieunterricht bilden zu können.

3.5.3. Fachlich-Inhaltliche Grundlage der Lernumgebung

Im Folgenden werden die fachlichen Hintergründe für Galvanische Zellen erarbeitet. Diese werden in den Bereichen der Redoxreaktionen und der Spannungsreihe differenziert.

3.5.3.1. Redoxreaktionen

Die chemischen Prozesse in Galvanischen Zellen sind Redoxreaktionen. Dementsprechend wird hier die Definition von Redoxreaktionen erarbeitet.

Der Begriff der Redoxreaktion ist geschichtlich gezeichnet und es hat viele Anläufe benötigt, bis die heute wissenschaftliche Ansicht geprägt wurde. Er setzt sich aus den chemischen Teilprozessen der Oxidation und Reduktion zusammen.

Der Begriff der Reduktion ist ebenfalls geschichtlich geprägt und wurde für die Gewinnung von Metallen aus Erzen genutzt. *Lavoisier* stellte 1774 seine Oxidationstheorie vor, welche die bis dahin angenommene Phlogiston-Theorie von *Stahl* widerlegte. *Lavoisier* definierte die Oxidation als die Aufnahme von Sauerstoff durch einen Stoff. Die Reduktion erklärte er als den gegensinnigen Schritt, also die Abgabe von Sauerstoff. Die Prozesse der Oxidation und Reduktion standen somit in Verbindung, waren jedoch getrennte Prozesse. Beide Prozesse beziehen sich nach *Lavoisier*s Theorie auf die stoffliche Ebene und stellen jeweils die Umkehrreaktion der anderen Reaktion dar. Die Veränderung der Teilchen wird nicht berücksichtigt. Auch im heutigen Chemieunterricht wird *Lavoisier*s Oxidationstheorie in den Schulen zumeist im Anfangsunterricht thematisiert. Das hohe Interesse der Schülerinnen und Schüler im Anfangsunterricht festigt diese Theorie sehr stark. So werden die Begriffe Redoxreaktion und Sauerstoffaufnahme bzw. -abgabe durch die Lernenden oft in Verbindung gesetzt (Barke, 2006).

Mit der Entdeckung des Elektrons durch *Thomson* 1897 und der Entdeckung von elektrisch geladenen Teilchen, den Ionen, wurde die Vorstellung von Elektronenübertragungen verstärkt angenommen. Durch die Forschung Anfang des 20. Jahrhunderts wurde die heutige Ansichtsweise der Oxidation und der Reduktion geprägt. So können auch andere Reaktionen, welche sich augenscheinlich nicht von Verbrennungen unterscheiden, erklärt werden, wie beispielsweise die Reaktion von erhitztem Natrium in Chlorgas (Barke & Dörfler, 2009).

Redoxreaktionen sind ähnlich wie Säure-Base-Reaktionen nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip zu erklären. Eine Redoxreaktion ist als Elektronenübergang definiert und in die Teilprozesse Oxidation und Reduktion zerlegbar. Oxidation und Reduktion beziehen sich dabei auf die Ebene der kleinsten Teilchen. Bei der Oxidation gibt ein kleinstes Teilchen Elektronen ab, es wirkt als Elektronendonator oder historisch betrachtet als Reduktor. Bei der Reduktion nimmt ein kleinstes Teilchen Elektronen auf. Es wird als Elektronenakzeptor oder historisch betrachtet als Oxidator bezeichnet (Christen & Baars, 1997) (Hoffmeister & Ziegler, 2020).

Als Beispiel wurde bereits die Reaktion von erhitztem Natrium in Chlorgas genannt. Die Oxidation ist nun die Reaktion der Natrium-Atome zu Natrium-Ionen unter Abgabe von jeweils einem Elektron. Die Reduktion ist die Reaktion der Aufnahme eines Elektrons durch ein Chlor-Atom, aus einem Chlor-Molekül, zu einem Chlorid-Ion. Die Ionen ordnen sich in einem Ionengitter an:

$$\text{Oxidation:} \quad Na \rightarrow Na^+ + 1\,e^-$$

$$\text{Reduktion:} \quad Cl_2 \rightarrow 2\,Cl^- + 2\,e^-$$

Lavoisiers Oxidationstheorie geht bei Oxidation und Reduktion von zwei getrennten Prozessen auf stofflicher Ebene aus. Zudem kann die Definition nur auf Verbrennungsreaktionen angewandt werden. Dies würde einer reinen Betrachtung auf der makroskopischen Ebene entsprechen. Die neue Definition der Redoxreaktionen als Elektronendonator-Akzeptor-Reaktionen ist auf die Ebene der kleinsten Teilchen gerichtet. Oxidation und Reduktion sind Prozesse, die gleichzeitig ablaufen und nicht voneinander zu trennen sind. Der Prozess wird auf submikroskopischer Ebene erklärt.

Durch den gleichzeitigen Ablauf der Oxidation und der Reduktion bildet sich der Name für diese Reaktionen. Denn die betreffenden Reaktionen können als Reduktions-Oxidations-Reaktionen bezeichnet werden oder kurz Redoxreaktionen. Dementsprechend gilt für die obige Redoxreaktion:

$2\,Na$	+	Cl_2	→	$2\,Na^+$	+	$2\,Cl^-$
Elektronendonator$_1$		Elektronenakzeptor$_2$		Elektronenakzeptor$_1$		Elektronendonator$_2$
Reduktor$_1$		Oxidator$_2$		Oxidator$_1$		Reduktor$_2$

Die Ladung auf beiden Seiten muss identisch sein. Zudem können Elektronen nicht frei vorliegen, deshalb reagieren im Verhältnis zwei Natrium-Atome mit einem Chlor-Molekül. Diese Reaktionsgleichung, welche einer mathematischen Gleichung ähnelt, wird als stöchiometrisch ausgeglichen bezeichnet. Die Begriffe Reduktor und Oxidator sind historisch geprägt und werden hier nur zur Vollständigkeit genannt. Wichtig ist zu beachten, dass der Reduktor bei der Reaktion oxidiert und der Oxidator reduziert wird.

Ein Elektron kann nicht frei im Raum vorliegen. Es wird deshalb nicht wie die Atome und Ionen als kleinstes Teilchen betrachtet. Die Vorstellung eines Elektrons liegt zwischen einem Teilchen und einer Welle. Es wird allgemein von Materiewellen gesprochen. Die Theorie, welche von diesen Materiewellen bei Elektronen ausgeht, wird als Teilchen-Welle-Dualismus aufgeführt. Demnach können Elektronen als stehende Wellen beschrieben werden, welche einem bestimmten Energiezustand entsprechen. Somit ist die Darstellung des Elektrons als Welle eher eine Angabe der Aufenthaltswahrscheinlichkeit der Elektronen im Atom bzw. Ion. Diese Orte, mit der höchsten Wahrscheinlichkeits- bzw. höchsten Energiedichte, werden Elektronenwolken oder Orbitale genannt. Entsprechende Modelle finden in der Oberstufe ihren Einsatz (Christen & Baars, 1997) (Hoffmeister & Ziegler, 2020).

Für die Thematisierung in der Sekundarstufe I ist zu berücksichtigen, dass Elektronen nicht mit den Grundbausteinen der Materie, den Atomen und Ionen, zu vergleichen sind. Deswegen können die Darstellung und die Bildung von Vorstellungen äußerst problematisch sein. Denn auch die Wissenschaft gibt an: „Die ‚wahre' Natur [..] eines Elektrons kann von uns nicht erfasst (‚verstanden') werden; je nach Versuchsbedingung verhält es sich als Welle oder als Teilchen." (Christen & Baars, 1997, S. 47)

Die bisher beschriebene fachliche Darstellung von Redoxreaktionen ist Grundlage der höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I. Die vorgestellte Definition von Redoxreaktionen lassen sich auch bei kovalenten Bindungen erläutern. Da es jedoch keinen inhaltlichen Zusammenhang in der erarbeiteten Lernumgebung gibt, wird diese Definition in dieser Arbeit nicht betrachtet.

3.5.3.2. Spannungsreihe und Galvanische Zelle

Werden zwei verschiedene Metalle in eine Salz-Lösung getaucht und über ein Multimeter miteinander verbunden, so ist eine Spannung zwischen den Metallen messbar. Die Metallbleche werden als Elektroden bezeichnet.

Werden beispielsweise ein Magnesiumblech und ein Kupferblech in eine Kochsalzlösung getaucht, so ist eine Spannung von 1,7 V messbar. Am Magnesiumblech stellt sich ein Gleichgewicht ein, die Mg-Atome werden zu Mg^{2+}-Ionen oxidiert und gehen in die Lösung. Dadurch entsteht ein Elektronenüberschuss oder auch Elektronendruck genannt. Dies wird als Potential bezeichnet. Am Kupferblech werden analog Cu-Atome zu Cu^{2+}-Ionen oxidiert, welche in die Lösung gehen, es bildet sich ebenfalls ein Elektronenüberschuss. Die Gleichgewichte zwischen Metall-Atomen und Metall-Ionen sind unterschiedlich. Das Gleichgewicht von Cu-Atomen zu Cu^{2+}-Ionen liegt mehr auf der Seite der Metall-Atome als das Gleichgewicht zwischen Mg-Atomen und Mg^{2+}-Ionen. Somit herrscht an beiden Elektroden ein unterschiedlicher Elektronendruck vor und eine Spannung ist messbar. Diese ergibt sich aus der Potentialdifferenz der einzelnen Elektrodenreaktionen. Die Magnesium-Elektrode bildet durch den höheren Elektronenüberschuss den Minus-Pol bzw. die Anode, die Kupfer-Elektrode analog den Plus-Pol bzw. die Kathode (Barke & Dörfler, 2009).

Solche Spannungsmessungen lassen sich nach der Kombination verschiedener Redoxpaare differenzieren. Die Anordnung entspricht der Redoxreihe, somit wird die Redoxreihe in Spannungsreihe umbenannt.

Um ein standardisiertes Verfahren nutzen zu können, werden die Metalle künftig in eine zugehörige 1-molare Metallsalz-Lösung gehängt. Die verschiedenen Metallsalz-Lösungen werden durch eine semipermeable Membran voneinander getrennt. Wird ein Metall in eine zugehörige Metallsalz-Lösung getaucht, wird dies als Halbzelle bezeichnet. Um Vergleichswerte zu schaffen, werden alle Halbzellen mit der der Wasserstoff-Halbzelle verglichen (Barke & Dörfler, 2009).

Die Wasserstoff-Halbzelle beinhaltet eine 1-molare Salzsäure-Lösung und ein Platinblech. Über das Platinblech wird Wasserstoff-Gas geleitet. Auf der Platinoberfläche werden die H_2-Moleküle zu H-Atomen getrennt, diese stehen im Gleichgewicht mit den H^+-Ionen der Salzsäure-Lösung.

$$H \rightleftarrows H^+ + e^-$$

Diese Halbzelle wird als Standard-Halbzelle bezeichnet (Barke & Dörfler, 2009).

Spannungsreihe

Redoxpaar			Potentialdifferenz zur Standardhalbzelle
Li	⇄	$Li^+ + 1\ e^-$	- 3,03 V
K	⇄	$K^+ + 1\ e^-$	- 2,92 V
Ca	⇄	$Ca^{2+} + 2\ e^-$	- 2,76 V
Na	⇄	$Na^+ + 1\ e^-$	- 2,71 V
Mg	⇄	$Mg^{2+} + 2\ e^-$	- 2,41 V
Al	⇄	$Al^{3+} + 2\ e^-$	- 1,69 V
Zn	⇄	$Zn^{2+} + 2\ e^-$	- 0,76 V
Fe	⇄	$Fe^{2+} + 2\ e^-$	- 0,44 V
Ni	⇄	$Ni^{2+} + 2\ e^-$	- 0,23 V
Sn	⇄	$Sn^{2+} + 2\ e^-$	- 0,14 V
Pb	⇄	$Pb^{2+} + 2\ e^-$	- 0,13 V
H	⇄	$H^+ + 1\ e^-$	0 V
Cu	⇄	$Cu^{2+} + 2\ e^-$	+ 0,35 V
Ag	⇄	$Ag^+ + 1\ e^-$	+ 0,80 V
Hg	⇄	$Hg^{2+} + 2\ e^-$	+ 0,85 V
Au	⇄	$Au^+ + 1\ e^-$	+ 1,38 V

Abbildung 29 Tabelle zur Spannungsreihe der Metalle (Barke & Dörfler, 2009, S.91)

Die Spannungsreihe wird um das Differenzpotential erweitert, welches eine Halbzelle eines Redoxpaares gegenüber der Standard-Halbzelle aufweist (vgl. Abbildung 29). Dieses Differenzpotential zur Standard-Halbzelle wird als Standardpotential bezeichnet (Christen & Baars, 1997) (Hoffmeister & Ziegler, 2020).

Werden zwei Halbzellen miteinander verknüpft, so müssen sie durch eine semipermeable Membran – ein Diaphragma oder eine Salzbrücke – voneinander getrennt werden. Die Anionen der Salzlösungen gleichen das Ladungsgefälle aus, indem sie durch die semipermeable Membran wandern. Die Verknüpfung zweier Halbzellen wird als Galvanische Zelle bezeichnet. Mit einem Multimeter kann die Potentialdifferenz zwischen den beiden Halbzellen gemessen werden. Diese lässt sich jedoch auch vorhersagen, wenn die Potentialdifferenz der einzelnen Redoxpaare zur Standardhalbzelle differenziert werden. Hierbei wird jedoch jeweils von einer Konzentration der Salz-Lösung von c = 1 mol/L ausgegangen.

In der Lernumgebung werden das Daniell-Element, eine Magnesium-Kupfer-Zelle und eine Magnesium-Silber-Zelle betrachtet. Die folgenden Erläuterungen werden am Beispiel des Daniell-Elements erläutert. Ein Daniell-Element besteht aus einer Zink- und einer Kupfer-Halbzelle. In der Zink-Halbzelle taucht ein Zink-Blech in eine 1-molare Zinksulfat-Lösung. Am Zink-Blech stellt sich ein Gleichgewicht ein.

$$Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2\ e^-$$

Zn-Atome reagieren zu Zn^{2+}-Ionen und gehen in die Lösung. Es bildet sich ein Elektronenüberschuss.

In der Kupfer-Halbzelle taucht ein Kupfer-Blech in eine 1-molare Kupfersulfat-Lösung. Am Kupfer-Blech stellt sich ein Gleichgewicht ein.

$$Cu^{2+} + 2\ e^- \rightleftharpoons Cu$$

Cu^{2+}-Ionen aus der Lösung reagieren zu Cu-Atomen. Es entsteht ein Elektronenmangel.

Werden die beiden Halbzellen mit einem elektrischen Leiter verbunden, so entsteht eine Fließrichtung der elektrischen Ladung vom Minus- zum Plus-Pol. Die Spannung wird abgebaut und die Gleichgewichtsreaktionen verschieben sich nach rechts.

Folgende Reaktionen können somit beschrieben werden:

Minus-Pol: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$

Plus-Pol: $Cu^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Cu$

Die beiden Teilvorgänge der Redoxreaktion sind voneinander getrennt. Die Elektronen gehen nicht direkt vom Zn/Zn^{2+} System zum Cu/Cu^{2+} System über, sondern müssen erst über den elektrischen Leiter fließen. Es fließt ein Elektronenstrom, welcher u.a. in der Verwendung von Batterien Nutzen findet. (Hoffmeister & Ziegler, 2020)

Eine Batterie funktioniert nach dem Prinzip der Galvanischen Zelle. Um den Prozess in einer Batterie verstehen zu können, müssen Schülerinnen und Schüler folglich die Prozesse einer Galvanischen Zelle verstehen. Besonders durch die Komplexität einer Batterie ist eine Galvanische Zelle für die Lernenden leichter verständlich.

Die Spannung in einer Galvanischen Zelle kann gemessen werden. Es darf jedoch nicht die elektrische Spannung mit dem Fließen eines elektrischen Stroms verglichen werden. Bei der elektrischen Spannung wird der Elektronenüberschuss bzw. –druck in den Elektroden miteinander verglichen und kann durch die Einheit Volt dargestellt werden. Erst wenn ein Verbraucher eingeschaltet wird, fließt ein elektrischer Strom. Die Spannung wird dann abgebaut, indem die elektrische Ladung vom Minus-Pol zum Plus-Pol fließt. Die Gleichgewichtsreaktionen verschieben sich nach rechts und die Reaktionen an den Elektroden laufen weiter ab. (Christen & Baars, 1997)

Die Notation einer galvanischen Zelle ist die Aneinanderreihung der Systemschreibweise für eine Halbzelle. Der Teilvorgang des $Zn|Zn^{2+}$ Systems wird mit dem Teilvorgang des $Cu^{2+}|Cu$ Systems zusammengeschrieben und durch einen Doppelstrich getrennt: $Zn|Zn^{2+}||Cu^{2+}|Cu$. (Hoffmeister & Ziegler, 2020)

3.5.4. Schülervorstellungen zur fachlich-inhaltlichen Grundlage der Lernumgebung

Die Basiskonzepte Redoxreaktion und Energie sind zentrale Bestandteile der Lernumgebung. Es gibt verschiedene Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu den Begriffspaaren, welche nicht unbedingt mit der wissenschaftlichen Theorie übereinstimmen. Um jedoch Vorschläge für den Unterricht geben zu können, werden im Folgenden allgemein existierende Schülervorstellungen aufgeführt.

Der Begriff Energie ist nicht nur für Schülerinnen und Schüler ein schwieriger Begriff. Es ist anscheinend noch schwieriger zu verstehen als der Aufbau der Materie, da nicht von

‚Energie'-Teilchen ausgegangen werden kann. Schülerinnen und Schüler implizieren durch alltägliche Vorgänge ihre Definition für Energie. So wird Energie häufig mit gewissen Phänomenen gleichgesetzt, wie Licht, Strom oder Blitzen. Dabei wird Energie auf eine stoffliche Ebene gebracht und betrachtet. Auch die Alltagssprache vertieft diese Vorstellungen: ‚Licht ist elektrische Energie' oder ‚Strom ist gelb und kommt aus der Steckdose' sind nur einige Beispiele für Vorstellungen. Auch die Gleichsetzung eines Elektrons mit elektrischer Energie ist zu beobachten. So herrschen Modellvorstellungen, dass ein Metall-Atom oxidiert wird und dabei Elektronen freigesetzt werden. Genau diese Elektronen wandern durch das Kabel zur Kathode, dort nimmt ein Metall-Ion diese Elektronen auf und wird dadurch reduziert. Dass es sich um eine Verschiebung, Verlagerung bzw. Verteilung elektrischer Ladung oder Energie handelt, wird dabei missverstanden. Elektronen werden als einzelne Teilchen angesehen, welche frei vorliegen können. (Barke, 2006)

Des Weiteren sind viele Schülerinnen und Schüler davon überzeugt, dass Energie erzeugt und verbraucht, im Sinne von vernichtet, werden kann. So ‚entsteht' Energie beim Fahrradfahren im Dynamo. Dass der Radfahrer mechanische Energie aufwenden muss, indem er in die Pedale tritt, diese in Bewegungsenergie des Reifens übertragen wird und dieser den Dynamo antreibt, wird völlig außer Acht gelassen. Den Schülerinnen und Schülern ist dabei kein Vorwurf zu machen. Schon in der Werbung eines Bankunternehmens heißt es, „Strom verbrauchen kann jeder - Strom produzieren auch!" (Volks- und Raiffeisenbanken, 2020). Und auch im Alltag heißt es immer wieder, dass durch Wind, Wasser und Sonne Energie erzeugt wird. Das Vernichtungskonzept zur Energie lässt sich auch einfach über den Alltag deuten. Die Batterie oder der Akku ist ‚leer', er muss wieder aufgeladen werden. Das Benzin ist verbraucht, es muss wieder getankt werden. (Barke, 2006)

Barke (2006) führt auch Vorstellungen auf, welche Schülerinnen und Schüler zu Redoxreaktionen im Chemieunterricht aufgebaut haben. Eine sehr verbreitete Vorstellung, welche auch noch in Chemie-Kursen der Oberstufe zu entdecken ist, beinhaltet, dass eine Redoxreaktion etwas mit Sauerstoff zu tun haben muss. Aus dem Anfangsunterricht der Redoxreaktionen haben die Schülerinnen und Schüler die Oxidation als die Sauerstoff-Aufnahme und die Reduktion als Sauerstoff-Abgabe kennengelernt. Eine Redoxreaktion ist für sie demnach ein Übergang von Sauerstoff. Ob dieser als Atom, Ion oder gar als O_2-Molekül übertragen wird, ist bei den Vorstellungen sehr unterschiedlich. Jedoch wird diese Vorstellung meist verstärkt, wenn Schülerinnen und Schüler ausschließlich mit den stöchiometrischen Reaktionsgleichungen arbeiten: $Fe + CuO \rightarrow FeO + Cu$. Wenn die Sauerstoff-Ionen bestehen bleiben, wird jedoch durch die chemische Gleichung der Eindruck erweckt, als sei der Kernpunkt der Reaktion der Übergang des Sauerstoff-Teilchens vom Kupfer-Teilchen zum Eisen-Teilchen. Dass Ionen die Hauptbestandteile dieser Reaktion sind und Gitterstrukturen vollständig zerstört und neue Gitterstrukturen aufgebaut werden, fällt dabei meist außer Acht. (Barke, 2006)

Die Problematik der Reaktionsgleichung gilt nicht nur für die Reaktionen mit Sauerstoff. Ohne die konsequente Anwendung von Modellen und die Erzeugung von Vorstellungen bei

den Schülerinnen und Schülern, werden chemische Reaktionen als die Verschiebung kleinster Teilchen reduziert, Ionen- und Atomgitter oder auch Molekülstrukturen werden nicht beachtet. Dem ist jedoch durch den Umgang mit Modellen leicht entgegenzuwirken.

Wird ein Eisennagel in eine Kupfersulfat-Lösung getaucht, so setzt sich ein kupferfarbener Niederschlag auf dem Eisennagel ab. Schülerinnen und Schüler haben dazu unterschiedliche Vorstellungen: Das Kupfer bleibt am Eisennagel hängen, bzw. klebt an ihm fest. „Das Kupfersulfat färbt sich auf dem Eisennagel ab; Kupfersulfat bleibt daran kleben, wie als wenn man Holz in Farbe taucht und trocknet“ (Barke, 2006, S. 223). „Kupfer löst sich vom Sulfat und lagert sich am Eisen an“ (Barke, 2006, S. 223). „Kupferionen aus der Lösung verbinden sich mit dem Eisennagel“ (Barke, 2006, S. 223). Es zeigt sich hierbei, dass die Schülerinnen und Schüler keine konsequenten Vorstellungen auf den Ebenen des Johnstone-Dreiecks haben. Sie vermischen die submikroskopische und die makroskopische Ebene: ‚Kupferionen (submikroskopische Ebene) die sich auf dem Eisennagel (makroskopische Ebene) absetzen‘. Die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern sind sehr komplex. Sie beinhalten einen bildlichen Teil und ein theoretisches Gerüst. Es muss darauf geachtet werden, dass der bildliche Anteil durch Modelldarstellungen ausgefüllt wird und nicht ausschließlich auf den Phänomenen basiert. So kommen u.a. auch Vermischungen von Kontinuums- und Diskontinuumstheorie zu Stande. (Barke et al, 2018)

Die Vermischung von Kontinuums- und Diskontinuumstheorie ist oft auch durch einen falschen Sprachgebrauch zu begründen. Die Lehrenden müssen auf eine korrekte Sprach- und Ausdrucksweise achten, damit die Schülerinnen und Schüler diese erlernen können. Aussagen wie ‚Eisen gibt Elektronen ab‘ sind durchaus im Fachjargon üblich und werden auch von den Chemikerinnen und Chemikern verstanden. Schülerinnen und Schüler haben jedoch keine Vorerfahrungen mit dieser Sprachweise und können dadurch Vorstellungen entwickeln, welche nicht der wissenschaftlichen Ansicht entsprechen. Nicht das Eisen gibt Elektronen ab, sondern ein Fe-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zum Fe^{2+}-Ion oxidiert. Es kann in diesem Zusammenhang von hausgemachten Fehlvorstellungen gesprochen werden. (Barke, 2006)

Auch die Vorstellung von Ionen ist häufig nicht korrekt. So werden sie mit Molekülen verglichen. Eine Kupfersulfat-Lösung besteht demnach in der Vorstellung der Schülerinnen und Schüler, aus einzelnen Kupfersulfat-Molekülen in Wasser; der Verbund ist aus mehreren Kupfersulfat-Molekülen aufgebaut. Auch bei der Kenntnis von Ionen, muss bei vielen Schülerinnen und Schülern zu jedem Kation genau ein bestimmtes Anion gehören. Dass in einem Kristallgitter ungerichtete Bindungskräfte vorhanden sind und dass die Bindungskräfte eines Kations auf alle ihn umgebenden Anionen wirkt und umgekehrt, wird nicht berücksichtigt (Barke, 2006).

Schülerinnen und Schüler verwechseln auch häufig das Messen einer elektrischen Spannung mit dem Fließen eines elektrischen Stroms. Sie differenzieren nicht zwischen einem Aufbau zur Spannungsmessung und einem Stromkreislauf. Somit liegen auch keine

differenzierten Vorstellungen über den Spannungsaufbau und das Fließen elektrischen Stroms vor (Barke, 2006).

Die genannten Vorstellungen sind sehr vielseitig und decken einen großen fachlichen Teil über die Redoxreaktionen im Zusammenhang mit den elektrochemischen Reaktionen bei Batterien, Akkumulatoren oder Elektrolysen ab. Im Unterricht und beim Entwurf von Modellen ist es demnach besonders wichtig, diese alternativen Vorstellungen nicht zu verstärken, sondern sie bestmöglich zu beseitigen. Eine konsequente Trennung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene ist zu berücksichtigen. Durch die Anwendung von Modellen und die Darstellung der Reaktionen können sich kognitive Strukturen entwickeln und alternative Vorstellungen minimiert werden.

3.5.5. Differenzierungsmatrix

Im Theorieteil dieser Arbeit wird dargestellt, dass ein Fokus von Unterricht auf die Individualisierung von Lernphasen gelegt wird. Da es organisatorisch und methodisch im Unterricht nicht oder kaum möglich ist, Unterricht vollständig zu individualisieren, werden Differenzierungen genutzt, um einen breiteren Lernzugang für Schülerinnen und Schüler zu schaffen.

Auch die interviewten Lehrkräfte betonen den Wunsch nach der Differenzierung von Lernmaterial.

Das Lernmaterial soll Zugang für alle Schülerinnen und Schüler bieten, aber auch Anforderungen für die weitere Arbeit erfüllen.

Die Fokussierung von Differenzierung im Unterricht als auch der Wunsch der Lehrkräfte nach Differenzierungen erfordert die Erarbeitung einer Differenzierungsmatrix für die Lernumgebung.

Im Theorieteil wird die Differenzierungsmatrix als die Möglichkeit der Strukturierung von Differenzierung von Lerneinheiten nach Kutzer (1998) beschrieben. Menthe, Hoffmann, Nehring und Rott (2014) ordnen in ihrer Darstellung die Ebenen nach Johnstone als Differenzierungsmöglichkeit der inhaltlichen Komplexität. Menthe et al. (2014) formulieren zudem kognitive Komplexitätsanforderungen, angelehnt an den Anforderungsbereichen des Kernlehrplans. Die Anforderungsbereiche des Kernlehrplans beschreiben Operationskompetenzen des Selbstständigkeitsgrades einer Aufgabenbearbeitung. Der Anforderungsbereich 1 stellt die Reproduktion und Beschreibungsprozess dar. Der Anforderungsbereich 2 beinhaltet Reorganisations- und Analysekompetenzen. Der Anforderungsbereich 3 umfasst Reflexions- und Transferprozesse (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013).

Unter der Beachtung, dass Johnstone angibt, dass alle Ebenen gleichwertig zueinanderstehen und keine der anderen überlegen ist, soll keine lineare Differenzierung wie durch Menthe et al. (2014) beschrieben werden.

Alle literaturbasierten Betrachtungen führen zur Erarbeitung eines eigenen Modells einer Differenzierungsmatrix (vgl. Abbildung 30).



Abbildung 30 Modell für Differenzierungsmatrix im Projekt chem:LEVEL

Die Differenzierungsmatrix wird kreisförmig angeordnet. In den farblich unterscheidbaren Segmenten werden die Ziele für eine Lernsequenz formuliert. Die Differenzierungsmatrix greift durch die Drittelung des Kreises die Differenzierung der Inhalte nach dem Johnstone-Dreieck auf. In der Darstellung werden die gleichen Farben verwendet, welche bereits in den Icons der Ebenen des Projektes genutzt werden.

Des Weiteren wird die kognitive Differenzierung der einzelnen Ebenen durch drei Kreisringe dargestellt. Die kognitiven Anforderungen nehmen nach den Anforderungsbereichen von außen nach innen zu.

Im Folgenden soll die Differenzierungsmatrix auf das inhaltliche Thema ‚Galvanische Zelle' angewandt und in der Zuordnung der Anforderungsbereiche die Anforderungen aus dem Kernlehrplan berücksichtigt werden.

Dies soll durch folgende Differenzierungsmatrix erreicht werden.

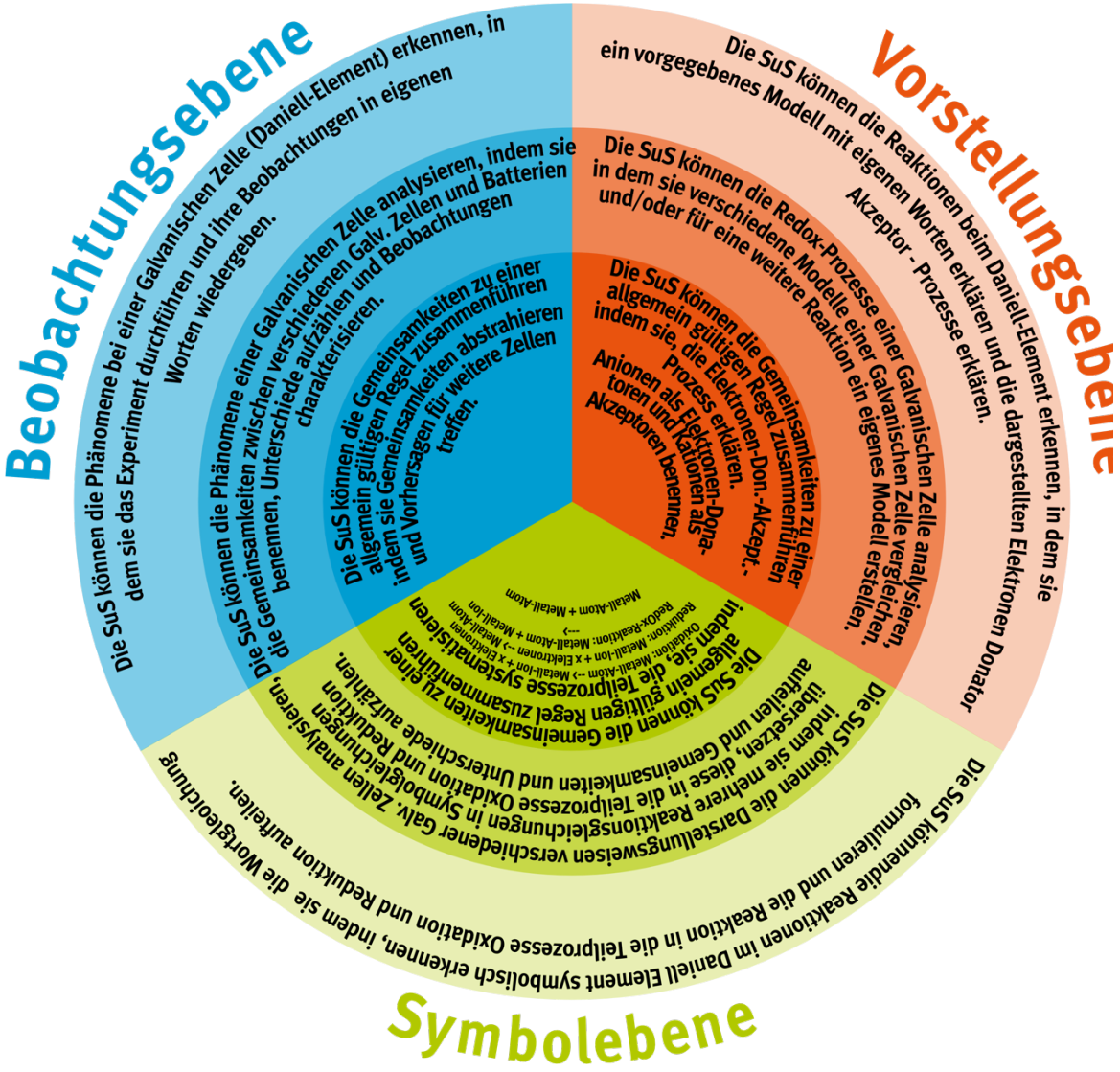


Abbildung 31 Differenzierungsmatrix als Vorgabe zur Lernumgebung

Die dargestellte Differenzierungsmatrix beschreibt in neun Differenzierungsfeldern unterschiedliche Teilziele, die durch die Lernumgebung unterstützt werden sollen.

Konzeptionell soll im Bereich der Beobachtungs-Ebene zunächst das Daniell-Element als eine Galvanische Zelle experimentell kennengelernt werden. In der Bearbeitung sollen die Lernenden dazu in der Lage sein, ihre Beobachtungen und das Daniell Element in eigenen Worten zu beschreiben. In der Steigerung der Komplexität soll anschließend ein Vergleich zu weiteren Galvanischen Zellen gezogen werden, um Gemeinsamkeiten zwischen Galvanischen Zellen zu erkennen. Diese Gemeinsamkeiten der Beobachtungs-Ebene sollen dargestellt werden. In der Transferanforderung sollen die Lernenden dann in der Lage sein, ihre Erkenntnisse auf andere Galvanische Zellen zu übertragen und beispielsweise den Aufbau einer unbekannten Galvanischen Zelle beschreiben zu können.

Im Bereich der Vorstellungs-Ebene sollen die Lernenden im ersten Anforderungsbereich zunächst die Reaktionsprozesse im Daniell-Element differenziert betrachten und mithilfe vorgegebener Modelle die Elektronenübertragungen in eigenen Worten beschreiben. Im

zweiten Anforderungsbereich sollen diese Erkenntnisse mit Modellen zu weiteren Galvanischen Zellen beschrieben und daraus Gemeinsamkeiten abgeleitet werden. Im dritten Anforderungsbereich sollen die Lernenden darin gefördert werden, die kennengelernten Gemeinsamkeiten zu einer allgemeingültigen Regel abzuleiten und den Elektronen-Donator-Akzeptor-Prozess erklären zu können.

Die Symbol-Ebene greift im Rahmen des ersten Anforderungsbereichs die Reaktionen des Daniell-Elements auf. Die Lernenden sollen im Rahmen einer Wortgleichung auch die Teilprozesse Oxidation und Reduktion differenzieren können. Im zweiten Anforderungsbereich sollen Reaktionsprozesse weiterer Galvanischer Zellen in Wort- und Symbolgleichungen erstellt werden. Im dritten Anforderungsbereich sollen die Lernenden die gewonnenen Erkenntnisse in einer angedeuteten, allgemeingültigen Regel zusammenfassen. Dies beinhaltet insbesondere die allgemeinen Beschreibungen von Oxidations- und Reduktionsreaktionen.

Die dargestellten Ziele in der erarbeiteten Differenzierungsmatrix sollen als Grundlage der Erarbeitung von Lernmaterialien verwendet werden.

3.5.6. Begründung für die Medienwahl

Die dargestellten Grundlagen für die Erarbeitung von Lernmaterialien in Bezug auf die Differenzierung der Ebenen, die inhaltlichen Anforderungen durch die Vorgaben des Kernlehrplans, die Anforderungen in der Differenzierung von Lernmaterialien und die fachsprachsensible Aufbereitung, lassen eine Fülle von Material erahnen.

Die interviewten Lehrkräfte fordern eine klare Struktur des Lernmaterials und befürchten bei einer unübersichtlichen Darstellung eine Überforderung bei Schülerinnen und Schülern.

Es wird daraus angenommen, dass eine Erarbeitung durch analoge Arbeitsmaterialien die Anforderung einer klaren Strukturierung sowie die oben beschriebenen gesetzten Anforderungen, nicht erfüllen können.

In der Betrachtung von Umsetzungsmöglichkeiten wird der Einsatz einer digitalen App für Tablets als bevorzugtes Arbeitsmittel gewählt. Durch den Einsatz eines Tablets können analoge Strukturen von Lernmaterialien in der digitalen Aufbereitung nachempfunden werden.

Zugleich ermöglicht die digitale Aufbereitung den Einsatz weiterer Methoden. So können beispielsweise Animationen für Modelle eingesetzt werden. Die Lernenden können durch interaktive Elemente die Lernumgebung selbst bearbeiten.

In dem Projekt werden auch die Erkenntnisse des Projektes choice2interact (Dellbrügge, 2020) berücksichtigt. Dellbrügge (2020) beschreibt hier die Bedingungen an ein Tablet, um für den Unterricht geeignet zu sein.

Er führt auf, dass das Tablet eine leistungsfähige und zuverlässige Hardware besitzen muss, um den Unterricht nicht durch lange Lade- oder Einschaltphasen zu unterbrechen. Auch müssen die genutzten Apps störungsfrei genutzt werden können.

Dellbrügge (2020) zeigt einen Vergleich verschiedener Geräte auf, die in diesem Projekt nachempfunden werden und schlägt das Apple iPad vor. Die Zuverlässigkeit des Betriebssystems und insbesondere die passend abgestimmte Konstellation zwischen Hard- und Software nennt Dellbrügge (2020) als Gründe für seinen Vorschlag. Er beschreibt zudem eine erfolgreiche Durchführung mithilfe der genannten Apple iPads.

Diese Gründe werden in diesem Projekt anerkannt und somit analog zur Durchführung dieses Projektes ein Apple iPad Air 2 verwendet.

3.5.7. Begründung für die App-Wahl

Zur Darstellung von Lernmaterialien innerhalb einer digitalen Lernumgebung wird eine Applikation (App) benötigt, welche die Anforderungen an die Lernumgebung und die Bearbeitungsanforderungen erfüllt.

Die Lehrkräfte haben zudem in den Interviews den Wunsch geäußert, das Lernmaterial an die jeweiligen Lerngruppen anpassen zu können. Dadurch wird auch nach einer App gesucht, welche die nachträgliche Bearbeitung von Materialien ermöglichen kann.

In der Recherche verschiedener Applikationen beschreibt Dellbrügge (2020) in seinem Projekt choice2interact den Einsatz der App ‚Explain Everything'.

Dellbrügge (2020) setzt in seinem beschriebenen Projekt verschiedene Anforderungen an die zu verwendende App. Er beschreibt die Übereinstimmung mit den Funktionen von ‚Explain Everything'. In der Betrachtung der Anforderungen von choice2reflect an eine App, decken sich diese mit dem in dieser Arbeit vorgelegten Projekt. Die erfolgreiche Anwendung der App ‚Explain Everything' im Projekt choice2interact wird dementsprechend für dieses Projekt übernommen. Es sollen im Folgenden die Anforderungen und Umsetzungsmöglichkeiten an die App zusammengefasst dargestellt werden. Diese orientieren sich an den Anforderungen des Projekts choice2interact (Dellbrügge, 2020, S72f).

(1) Lernmaterialien können in der App ohne Vorkenntnisse von Programmierfähigkeiten er- und bearbeitet werden.

Die App ‚Explain Everything' ist eine digitale Whiteboard-App. Eine weiße Folie stellt die Ausgangsbasis dar und kann durch verschiedene Grafiken, Textfelder, geometrische Formen, aber auch durch die Einbettung von Fotos, Videos, Internetbrowsern und Audiodateien, verändert werden. Durch ein nahezu unendliches Platzangebot können die Abbildungen sehr differenziert voneinander dargestellt und durch die optische Aufbereitung Lernpfade angelegt werden. Die Umsetzung im Rahmen dieses Projektes wird in Kapitel 3.5.9 beschrieben.

(2) Die Lernenden werden durch die App aktiviert und können eigenständig arbeiten.

Darunter versteht Dellbrügge (2020) die Möglichkeit von individuellen Vorgehensweisen und die Bearbeitung verschiedener Lernpfade. Er beschreibt insbesondere die freie Beweglichkeit auf der erstellten Lernfolie als eine Möglichkeit die Eigenständigkeit und individuelle Bearbeitung zu ermöglichen.

(3) Die App ermöglicht die produktorientierte Arbeit.

Dellbrügge (2020) betont, dass viele Lernapplikationen nicht der Erarbeitung neuer Lerninhalte dienen, sondern eher der Wiederholungsprozess jeweils im Fokus steht. Er setzt explizit die Anforderung, dass durch die App die Möglichkeit geschaffen werden kann, neue Inhalte zu vermitteln. Die Schülerinnen und Schüler sollen in der App Werkzeuge zur Verfügung gestellt bekommen, welche die Produktion neuer Lerninhalte ermöglicht. Dellbrügge (2020) benennt, dass die verschiedenen Werkzeuge der App ‚Explain Everything', die bereits in (1) aufgezählt werden, unterschiedliche Erarbeitungswege und verschiedene Darstellungen von Lernprodukten ermöglichen.

(4) Die App ermöglicht die digitale Auswertung von Experimenten.

Dellbrügge (2020) beschreibt in diesem Zusammenhang insbesondere die Erweiterungsmöglichkeit der App gegenüber analogen Lernmaterialien. Die Lernenden können in der App – vergleichbar mit analogen Lernmaterialien – eine schriftliche Auswertung mittels Versuchsprotokoll durchführen. Die digitale App ‚Explain Everything' ermöglicht durch die zur Verfügung stehenden Werkzeuge eine differenziertere Auswertung. So können beispielsweise Fotos und Videos des Experimentes durch die Lernenden aufgenommen und in die Lernumgebung eingebettet werden. Es ergeben sich dadurch weitere Auswertemöglichkeiten.

(5) Es sollen alle Inhalte in einer App bearbeitet werden können, ohne einen Wechsel innerhalb des digitalen Mediums zu benötigen.

Verschiedene digitale Lernangebote ermöglichen die Erarbeitung der Lernprodukte in einer App nicht. Es werden häufig weitere Applikationen benötigt, um das Lernziel erreichen zu können. Dies stellt sich beispielsweise durch weiterführende Recherchen im Internet dar. Hier erfolgt die Dokumentation des Lernprozesses mittels Fotos oder Videos oder durch weiterführende Aufgaben in analogen Lernmaterialien, in denen beispielsweise händische Zeichnungen erstellt werden sollen. Die App ‚Explain Everything' bietet die Möglichkeit, alle benötigten Erarbeitungsprodukte in der Lernumgebung darzustellen. Die Werkzeuge, die in (1) aufgezählt werden, ermöglichen die vielfältigen Arbeitsmöglichkeiten von Lernmaterialien in der vorhandenen App. Durch die Einbettung von Internetbrowsern an gewünschten Lernaufgaben, kann sogar der Wechsel für eine weiterführende Recherche erspart werden. Auch können durch den Einsatz des Internetbrowsers bestehende Inhalte des Internets, wie beispielsweise vorhandene Videos, Simulationen oder Animationen, in die App eingebunden werden.

(6) Der Einsatz der App soll ein Zugewinn für Lernprozesse darstellen und keinen Mehraufwand in der Vorbereitung und Erarbeitung erzeugen.

Die App ‚Explain Everything' ermöglicht durch die digitale Einbettung bereits bestehender Lernmaterialien als Foto- oder pdf-Datei die einfache Digitalisierung von Lernmaterialien. Die bestehenden analogen Lernmaterialien können dadurch digital dargestellt und ähnlich zu der bekannten Weise bearbeitet werden. Dies verdeutlicht, dass kein Mehraufwand durch die App entsteht. Darüber hinaus bietet die App durch die benannten Werkzeuge die Möglichkeit der interaktiven Gestaltung von Lernmaterialien.

Über Cloud-Systeme können die Lernumgebungen der Lernenden aber auch im Lehrerkollegium geteilt werden.

(7) Das Lernmaterial soll nicht störanfällig sein, beispielsweise gegenüber unzuverlässigem WLAN.

Viele Apps benötigen einen dauerhaften Internetzugang, um die bearbeitbaren Elemente mit möglichen Lösungen und Aktualisierungen abzugleichen. Die App ‚Explain Everything' speichert alle Inhalte innerhalb eines Projektes. Wenn das Lernmaterial auf einem Tablet aufgespielt ist, so kann es auch vollständig genutzt werden. Dellbrügge (2020) beschreibt dieses als sehr robust gegenüber Störanfälligkeiten.

Es können durch äußerliche Störungen, beispielsweise durch eine fehlende WLAN-Abdeckung, verständlicherweise nicht die Möglichkeiten des Internetzugangs in der App ‚Explain Everything' genutzt werden.

Auch können technische Störungen des Tablets nicht ausgeschlossen werden, diese sind jedoch vorerst nicht zu erwarten.

Durch die genannten Kriterien, welche auch für die Erarbeitung von Lernmaterialien innerhalb dieses Projektes angenommen werden und die beschriebenen Erfahrungen durch die App ‚Explain Everything' im Projekt choice2interact (Dellbrügge, 2020) positiv beschrieben werden, wird die App für die Erarbeitung von Lernmaterialien im Rahmen dieses Projektes genutzt.

3.5.8. Erarbeitung und Auswertung einer Lernumgebung

Unter der Beachtung der literaturbasierten Gestaltungskriterien von Lernmaterialien in Bezug auf die Differenzierung von Ebenen, den Grundlagen der *cognitive theory of multimedia learning*, den dargestellten Möglichkeiten für die Gestaltung von sprachsensiblen Unterrichtsmaterialien und den Erkenntnissen der ersten beiden Mesozyklen wird eine Lernumgebung mit dem Inhalt ‚Galvanische Zellen' erstellt.

Diese Lernumgebung wird im Rahmen einer Erprobung durch eine Schulklasse im Wintersemester 2018/2019 getestet.

26 Schülerinnen und Schüler einer neunten Klasse einer Gesamtschule nehmen an der Erprobung teil. Die Gesamtschule wird dem Schulstandorttyp 5 in Nordrhein-Westfalen (Stand 2018) zugeordnet. Es soll dadurch keine Bewertung über die Leistungen der Schülerinnen und Schüler getroffen werden. Es wird ausschließlich als Indiz betrachtet, dass sprachliche und fachliche Herausforderungen bei den Schülerinnen und Schülern zu erwarten sind. Dies soll die Anforderungen der App in Bezug auf die Zugangsmöglichkeiten für fachlich-schwache Schülerinnen und Schüler, als auch für sprachschwache Lernende überprüfen.

Es werden keine sprachlichen Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler erhoben. Die Teilnehmenden führen im Rahmen der Erprobung einen Pre-Post-Test durch. Dieser wird im Kapitel 3.8.3 beschrieben.

Das allgemeine Leistungsniveau der Klasse beschreibt die Lehrkraft als mittel- bis unterdurchschnittlich. Der überwiegende Teil der Schülerinnen und Schüler benötigt sprachliche Unterstützungen in Unterrichtsphasen, um die gesetzten Lernziele zu erreichen.

Die Lehrkraft legt Wert auf die phänomenologische Beobachtung von Experimenten. Die Experimentierkompetenzen der Schülerinnen und Schüler werden als mittel- bis unterdurchschnittlich beschrieben. Es wird betont, dass die Schülerinnen und Schüler häufig die Fachbegriffe der Gerätschaften nicht kennen und der strukturelle Ablauf eines Experiments sprachlich sehr stark angeleitet werden muss.

Den Schülerinnen und Schülern sind Strukturmodelle wie das Strukturteilchenmodell und das Schalenmodell bekannt. Die Lehrkraft beschreibt die Fähigkeiten der Lernenden im überwiegenden Anteil als nicht fähig, Reaktionsprozesse mithilfe von Modellen eigenständig zu erklären. Es werden im Unterricht bewusst Modelle zur Erklärung von Phänomenen eingesetzt. Die Beschreibungskompetenzen von Modellen sind durch die sprachlichen Herausforderungen ebenfalls sehr unterdurchschnittlich.

Die Arbeitsweisen werden durch Videografie und die schriftlichen Angaben der Teilnehmenden in der Lernumgebung erhoben, zusammenfassend ausgewertet und analysiert. Auf Basis dieser Auswertung wird die Lernumgebung verändert und weiterentwickelt.

Die Schülerinnen und Schüler teilen sich für die Bearbeitung der Lernumgebung eigenständig in Partnergruppen ein. Jede Partnergruppe bekommt ein Tablet mit der Lernumgebung zur Verfügung gestellt.

Im Folgenden wird die entwickelte Lernumgebung begründet vorgestellt. Im Rahmen der Vorstellung sollen die erlangten Erkenntnisse aus der Erprobung zu den Lernaufgaben dargestellt und die Weiterentwicklung der Lernumgebung begründet werden. Die daraus resultierende Lernumgebung wird vergleichsweise gezeigt, um den Entwicklungsprozess, der durch diesen Mesozyklus erreicht werden soll, darzustellen.

3.5.9. Beschreibung der Lernumgebung und Auswertung der Ergebnisse

Die Lernumgebung wird unter Berücksichtigung der vorher vorgestellten Theorien und Konzepte entwickelt und durch die dargestellte Lerngruppe getestet.

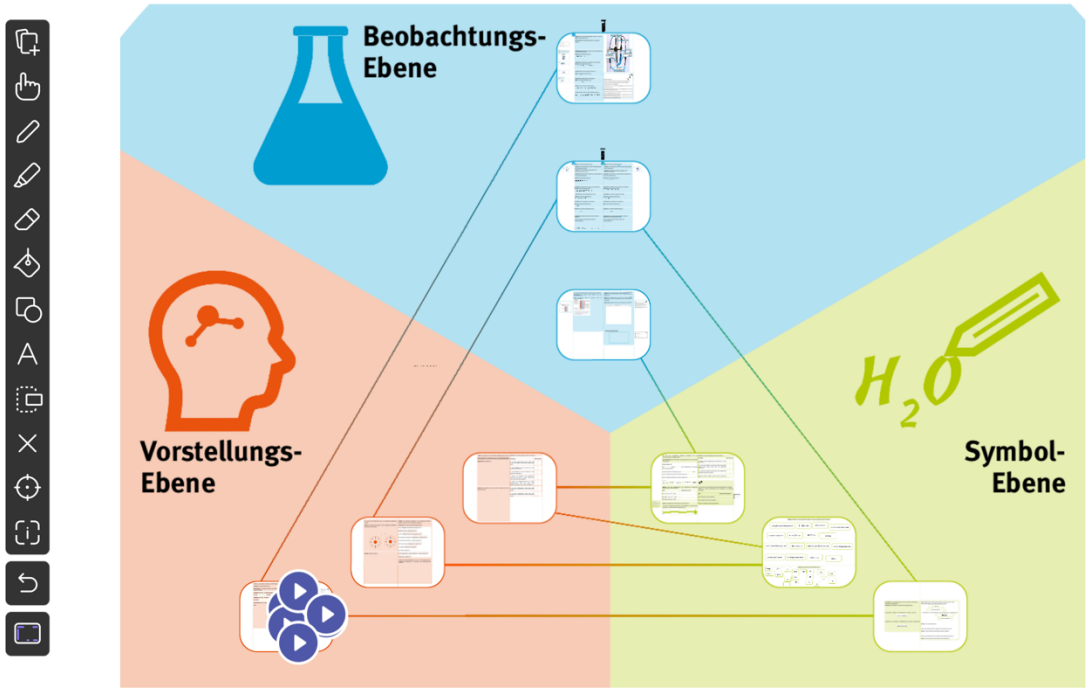


Abbildung 32 Gesamtübersicht Lernumgebung chem:LEVEL in der App ‚Explain Everything'

Abbildung 32 stellt die Gesamtübersicht der Lernumgebung in der App ‚Explain Everything' dar. Insbesondere die Differenzierung in die drei Ebenen des Johnstone-Dreiecks findet Berücksichtigung.

Die Trennung findet in Beobachtungs-, Vorstellungs- und Symbol-Ebene statt, dies wird zum einen durch den Namenszug als auch das zugehörige Icon und die definierte, farbliche Zuordnung gezeigt (vgl. Kapitel 3.3).

Die Lernaufgaben werden in Knotenpunkten dargestellt. Dellbrügge (2020) benennt so die einzelnen Aufgabenfelder, die gemeinsam abschließend ein Lernziel verfolgen. Es werden insgesamt neun Knotenpunkte angeboten. Jeder Knotenpunkt soll ein Lernziel der vorgestellten Differenzierungsmatrix fördern. Die Knotenpunkte sind erkennbar in den Ebenen dargestellt und werden innerhalb einer Ebene nach den Anforderungsbereichen 1 (außen) bis Anforderungsbereich 3 (innen) analog zur vorgestellten Differenzierungsmatrix angeordnet. Die Aufgabenstellungen folgen somit den Anforderungsbereichen: Erkennen, Analysieren sowie Zusammenfassen und Reflektieren.

Die Knotenpunkte sind sichtbar miteinander verbunden, dadurch soll ein Bearbeitungsweg vorgeschlagen werden. Dieser Lernpfad folgt dem Erarbeitungsweg von der Wahrnehmung phänomenologischer Beobachtungen, über die Erklärung dieser Beobachtungen

mithilfe submikroskopischer Vorstellungen und Modelle, hin zu der symbolhaften Darstellung mittels vereinbarter Formelschreibweisen. Dieser didaktische Weg des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses wird bereits im theoretischen Teil begründet dargestellt (Barke et al., 2018). Der Bearbeitungsweg wird im Anforderungsbereich 3 verändert, da in diesem Transferprozesse und verallgemeinernde Erkenntnisse in Bezug auf die Ebenen gefördert werden sollen.

Im Rahmen der Erprobung wird festgestellt, dass ein überwiegender Teil der Schülerinnen und Schüler den vorgeschlagenen Lernpfad nicht umsetzen kann. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten in der Regel zunächst die Beobachtungs-Ebene von außen nach innen und wechseln dann in die Vorstellungs-Ebene, welche sie auszugsweise von außen nach innen bearbeiten.

Es wird festgestellt, dass die Teilnehmenden den vorgeschlagenen Lernpfad nicht erkennen. Dieser wird aus diesem Grund in einer Weiterentwicklung deutlicher dargestellt. Zudem wird für die Erarbeitung einer Handreichung für Lehrkräfte auf die didaktische Begründung des Lernpfades hingewiesen, um dies für die Bearbeitung der Lernumgebung außerhalb von Erprobungen verständlich zu machen.

Für alle Knotenpunkte gilt, dass der äußere Rahmen an das Bildschirmformat des iPads angepasst ist. So wird ein leichter Gesamtüberblick über diesen im Zoom ermöglicht. Zudem ist dieser Aufbau an das DIN-Format angeglichen, so wäre auch ein Ausdruck der Arbeitsmaterialien möglich. Jedoch ist hierbei zu berücksichtigen, dass die interaktiven Elemente der Lernumgebung dabei verloren gehen würden.

Die handlungsauffordernden Operatoren aller Aufgabenstellungen sind durch eine fette Schrift signalisiert und markieren dadurch den Handlungsauftrag (Mayer R. , 2014a).

Der linke Teil von Abbildung 32 zeigt die Werkzeugleiste der App ‚Explain Everything'. In dieser können die Schülerinnen und Schüler die benötigten und gewünschten Werkzeuge zur Bearbeitung ihrer Aufgabe auswählen. Diese beinhalten, wie bereits beschrieben, einzelne Schreibmöglichkeiten mittels digitaler Stifte und Textmarker, als auch den Einsatz von geometrischen Formen sowie die Einbettung von Dateien, wie Fotos Videos oder Audioaufnahmen. Die Werkzeugicons sind sehr intuitiv dargestellt.

Im Folgenden werden nun die Inhalte der einzelnen Knotenpunkte vorgestellt und die Auswertung zu den Knotenpunkten beschrieben und analysiert. Die Darstellung und Auswertung wird zunächst für die Beobachtungs-Ebene, anschließend für die Vorstellungs-Ebene und abschließend für die Symbol-Ebene beschrieben.

3.5.9.1. Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene – 1. Differenzierungsstufe

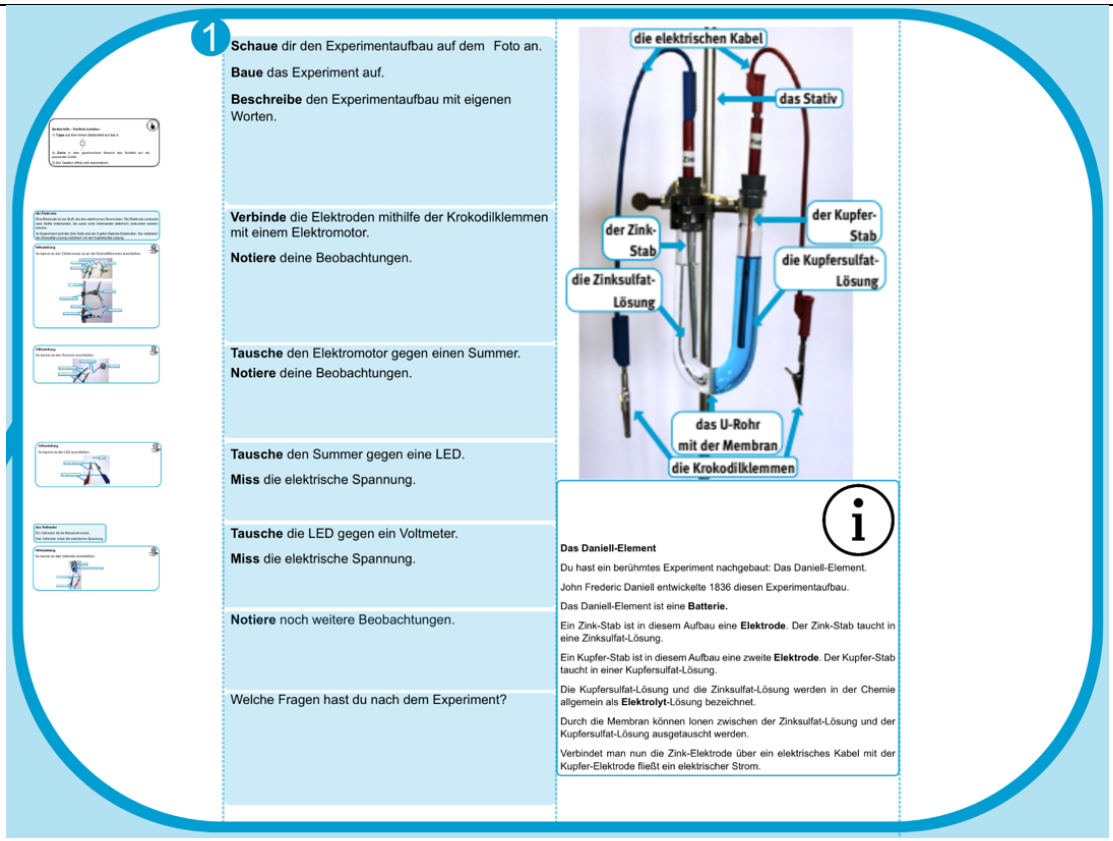


Abbildung 33 Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Abbildung 33 zeigt den ersten Knotenpunkt der Beobachtungs-Ebene. Dieser Knotenpunkt ist erkennbar in zwei Hälften eingeteilt. Die Hälften werden zusätzlich durch einen Seitenrand eingegrenzt. Jeder Knotenpunkt ist in der Regel in zwei Hälften aufgeteilt. Dies soll an die optische Strukturierung schulüblicher Arbeitsmaterialien erinnern.

Um eine Erhöhung der Eigenständigkeit zu erreichen, sind Hilfestellungen zu den Aufgabenstellungen, benötigtes Vorwissen bzw. erklärende Wortbedeutungen und Bedienhilfen zur Application in den Rändern der Knotenpunkte eingearbeitet.

Alle intendierten Formulierungen der Schülerinnen und Schüler in den Knotenpunkten sind in Konkretisierungsrastern (Tajmel, 2013) erfasst worden. Dies ermöglicht die Reflexion der sprachlichen Anforderungen an die Aufgabenstellung und erzeugt entweder eine Reduktion der sprachlichen Anforderungen durch Veränderungen der Aufgabenstellungen oder die Einbettung von sprachlichen Hilfebausteinen nach den Methodenwerkzeugen nach Leisen (2013).

Der Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Phänomene in einem Daniell-Element erkennen, indem sie das Experiment zum Daniell-Element durchführen und in eigenen Worten beschreiben.

Die Schülerinnen und Schüler bauen ein Daniell-Element nach einem Foto-Aufbau (Abbildung Knotenpunkt-rechts) auf. Die bildliche Repräsentation des Versuchsaufbaus hält den Abstraktionsgrad auf einem geringen Sprachniveau. Dadurch soll der Zugang für die Lernenden erleichtert werden (Leisen J. , 2013a).

Im Anschluss werden verschiedene elektrische Verbraucher an das Daniell-Element angeschlossen. Diese sind in allen Experimenten ein *low-current* Elektromotor, ein akustischer Summer und eine LED. Abschließend sollen die Teilnehmenden die Spannung des Daniell-Elements messen. Die verwendeten Gerätschaften werden in einer Handreichung für Lehrkräfte aufbereitet und dieser Arbeit angehangen.

Den Lernenden werden am Rand Unterstützungsmöglichkeiten angeboten, um den Anschluss der elektrischen Verbraucher zu unterstützen (vgl. Abbildung 34). Es werden zusätzlich Fachbegriffe aus den Aufgabenstellungen aufgegriffen und am Rand durch die Verwendung einfacher Sprache aufgegriffen.

In allen bildlichen Repräsentationen wird auf die Beschriftung mittels Fachbegriffe geachtet. Die Fachbegriffe werden gemeinsam mit dem grammatikalischen Artikel im Nominativ formuliert, um den Lernenden eine anschlussfähige Nutzungsmöglichkeit im Sprachgebrauch anbieten zu können (Leisen, 2013).

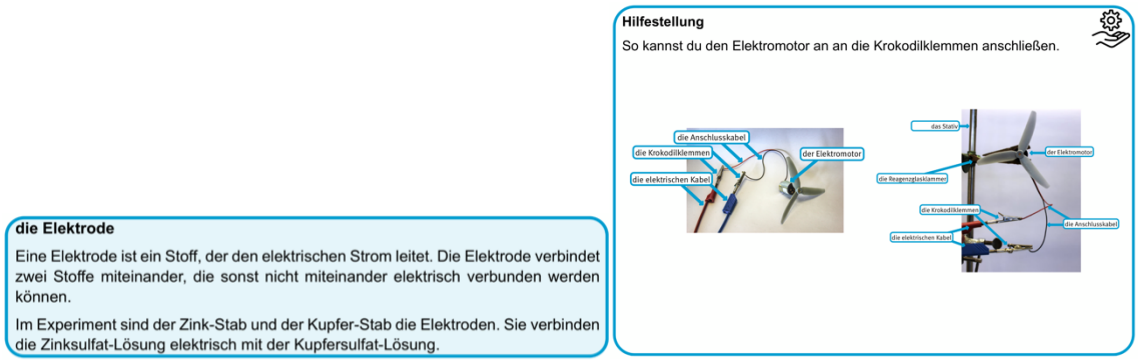


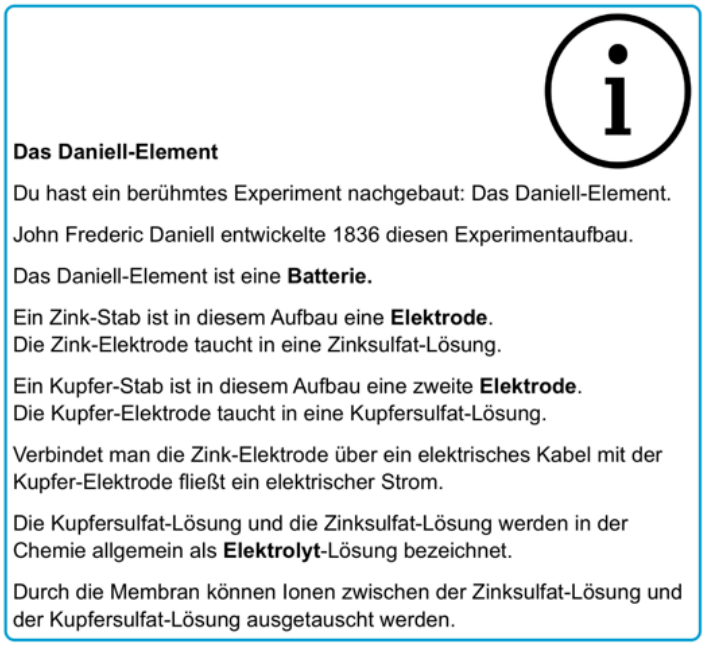
Abbildung 34 Beispiel Hilfebausteine, Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe

Das Experiment soll den Schülerinnen und Schülern zeigen, dass sich der Elektromotor nach Anschluss dreht. Der akustische Summer soll einen leichten akustischen Ton erzeugen, die LED wird nicht leuchten.

Die Messung der elektrischen Spannung wird für anschlussfähige Aufgaben im dritten Anforderungsbereich der Symbol-Ebene benötigt, daher wird auch die elektrische Spannung gemessen. Ein fachliches Konzept zur elektrischen Spannung wird im Kernlehrplan von den Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe 1 im Chemieunterricht nicht gefordert, daher soll dies in dieser Lernumgebung auch keine Berücksichtigung finden.

Die Schülerinnen und Schüler haben die Möglichkeit weitere Beobachtungen und mögliche Fragestellungen zu notieren. Es wird erwartet, dass die Teilnehmenden folgende Fragen stellen: ‚Warum dreht sich der Elektromotor? Warum piept der Summer?'

Die formulierten Fragen werden im ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene aufgegriffen und dann auf submikroskopischer Ebene beantwortet.



Das Daniell-Element

Du hast ein berühmtes Experiment nachgebaut: Das Daniell-Element.

John Frederic Daniell entwickelte 1836 diesen Experimentaufbau.

Das Daniell-Element ist eine **Batterie.**

Ein Zink-Stab ist in diesem Aufbau eine **Elektrode**.
Die Zink-Elektrode taucht in eine Zinksulfat-Lösung.

Ein Kupfer-Stab ist in diesem Aufbau eine zweite **Elektrode**.
Die Kupfer-Elektrode taucht in eine Kupfersulfat-Lösung.

Verbindet man die Zink-Elektrode über ein elektrisches Kabel mit der Kupfer-Elektrode fließt ein elektrischer Strom.

Die Kupfersulfat-Lösung und die Zinksulfat-Lösung werden in der Chemie allgemein als **Elektrolyt**-Lösung bezeichnet.

Durch die Membran können Ionen zwischen der Zinksulfat-Lösung und der Kupfersulfat-Lösung ausgetauscht werden.

Abbildung 35 Darstellung Basisinformation, Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe

Ein Text mit anschlussfähigem Wissen beschreibt die Grundlagen der Bestandteile des Daniell-Elements (vgl. Abbildung 35). Dieses Basiswissen soll zum Erreichen von anschlussfähigem Grundwissen beitragen (Ulrich, Richter, Scheiter, & Schanze, 2014). An dieser Stelle greift der Informationstext insbesondere die Begriffe Elektrode und Elektrolyt-Lösung auf, welche in den folgenden Knotenpunkten benötigt werden. Der Informationstext ist in einfacher Sprache geschrieben.

In der Auswertung der Ergebnisse zeigt sich, dass ein überwiegender Teil der Schülerinnen und Schüler die erwartete Fragestellung formuliert. Es zeigt sich auch, dass durch sechs Partnergruppen weitere Fragen gestellt werden: Warum leuchtet die LED nicht?

Zudem kam es in den Versuchsaufbauten der Schülerinnen und Schüler vereinzelt zu Variationen der Eintauchtiefe der Elektroden. Dadurch kam es vor, dass der elektrische Summer in diesen Gruppen nicht ertönte. In diesen Gruppen wird zusätzlich die Fragestellung notiert: „Warum passiert bei der Lampe und dem Summer nichts?“ (Partnergruppe 3, Aufgabe 7, Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe).

Diese Fragestellung wird nicht in der folgenden Vorstellungs-Ebene behandelt. Daher wird entschieden, den Bereich der Formulierung von Fragestellungen herauszunehmen. Die zu erwartenden Fragestellungen sollen in einer Handreichung für Lehrkräfte aufbereitet und der Hinweis gegeben werden, dass dies in der Nachbereitung zur Lernumgebung nach der Bearbeitung aller Knotenpunkte im Rahmen des Unterrichtsvorhabens thematisiert werden kann.

Es zeigt sich zudem, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler Probleme im Aufbau des Experimentes hat. Die Absicht, einen niedrigen Abstraktionsgrad anzustreben, scheint allein nicht erfolgreich.

Leisen (2013) schlägt durch seine Repräsentationsebenen die Möglichkeit vor, Fachsprache durch einen Wechsel in diesen Repräsentationen zu fördern. Dies wird in der Überarbeitung der Lernumgebung aufgegriffen.

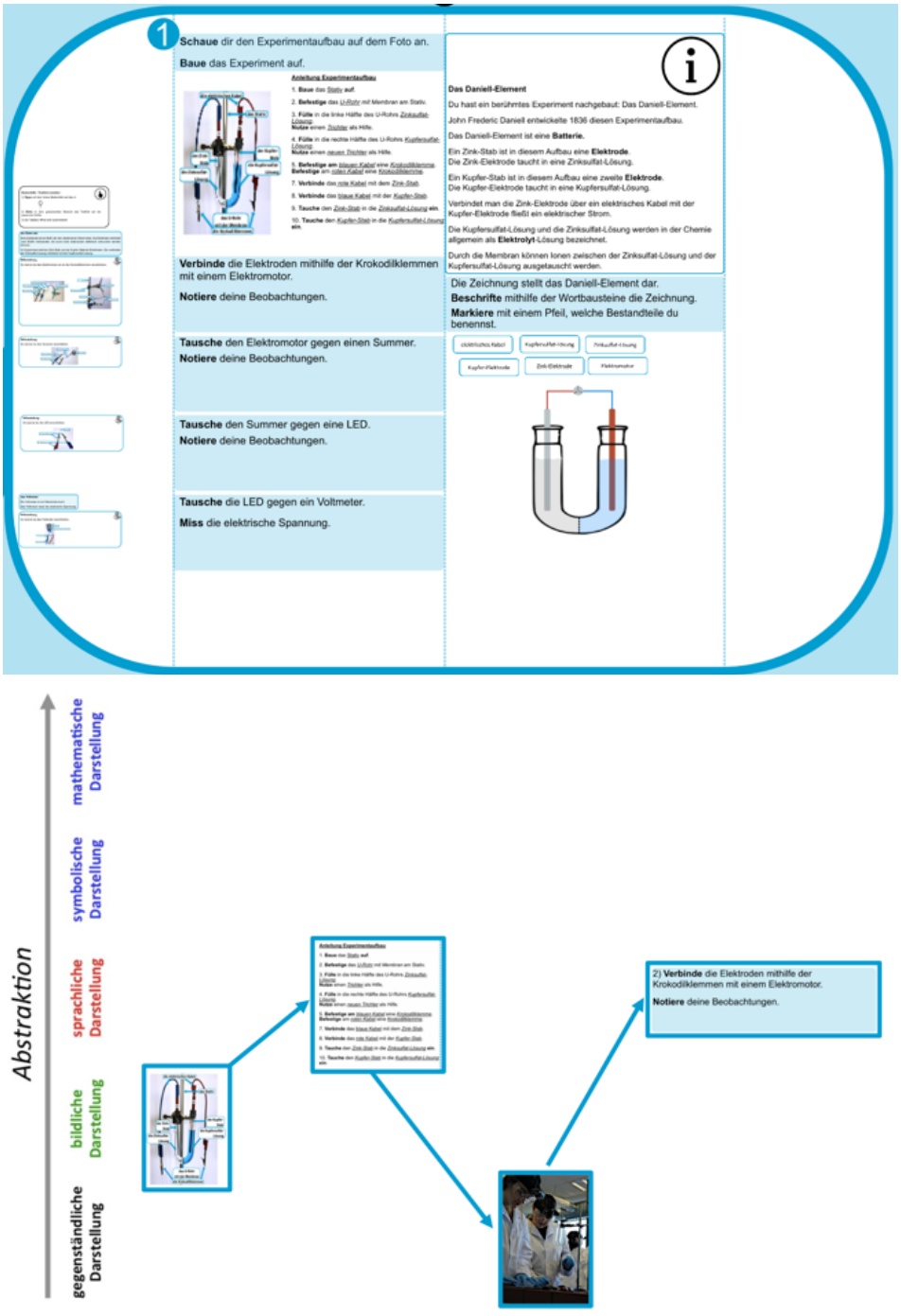


Abbildung 36 Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe, Version 2.0 (links); Wechsel der Repräsentations-Ebenen, veränderte Zeichnung angelehnt an Leisen (2013b)

Abbildung 36 zeigt auf der linken Seite die überarbeitete Version des Knotenpunktes anhand der Erkenntnisse der Erprobung.

Es ist erkennbar, dass die Struktur der Seitenhälften aufrecht erhalten bleibt.

Das Foto des Experimentes wird als erste Aufgabenstellung festgehalten. Zum Text wird eine schriftliche Durchführung in einfacher Sprache formuliert. In diesem Text sind die operationalisierenden Handlungsaufforderungen fett markiert und zu verwendende Gegenstände unterstrichen.

Es wird durch eine direkte Anordnung des Textes neben dem Bild eine hohe Text-Bild-Kohärrenz erreicht, dadurch soll das Konzept der räumlichen Nähe nach der *cognitive theory of multimedia learning* berücksichtigt werden (Mayer, 2014a).

Durch die Einbettung der schriftlichen Versuchsdurchführung, wird ein weiterer Wechsel in den Repräsentationsebenen nach Leisen (2013) durchgeführt. Die Teilnehmenden betrachten zunächst das Experiment durch die Fotografie (bildliche Repräsentation), wechseln dann durch die Versuchsdurchführung in die schriftliche Formulierung und setzen diese Ebenen zueinander in Verbindung. Dies wird durch den Experimentverlauf in die gegenständliche Repräsentation übertragen und durch die Kommunikation über die Beobachtung sowie die Verschriftlichung der Beobachtungen abstrahiert (vgl. Abbildung 36 – rechte Seite). Ein Wechsel in den Repräsentationsebenen soll die Sprachkompetenzen der Lernenden fördern.

Die Aufgabenstellungen zu den elektrischen Verbrauchern und der Spannungsmessung bleiben unberührt.

Um einen weiteren Lernprozess zu fördern, werden in den Knotenpunkten Sicherungsbausteine implementiert. Diese sollen Inhalte eines Knotenpunktes zusammenfassen.

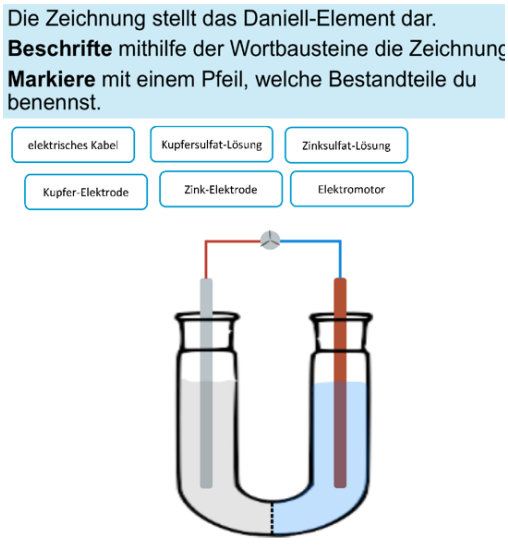


Abbildung 37 Sicherungsbaustein, Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 2.0

Der Sicherungsbaustein (vgl. Abbildung 37) zeigt eine modellierte Darstellung des Daniell-Elements auf makroskopischer Ebene. Die Teilnehmenden sollen die gegenständlichen Beobachtungen des Experimentaufbaus, die Wahrnehmungen aus der bildlichen Repräsentation des Fotos und der verbalen Experimentbeschreibung in dieser Aufgabenstellung, mithilfe der bildlichen Repräsentation zusammenfassen.

Die Teilnehmenden können dazu die Wortbausteine in der App bewegen und das Modell durch Zeichnungen oder das Einfügen von Pfeilen beschriften.

3.5.9.2. Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene – 2. Differenzierungsstufe

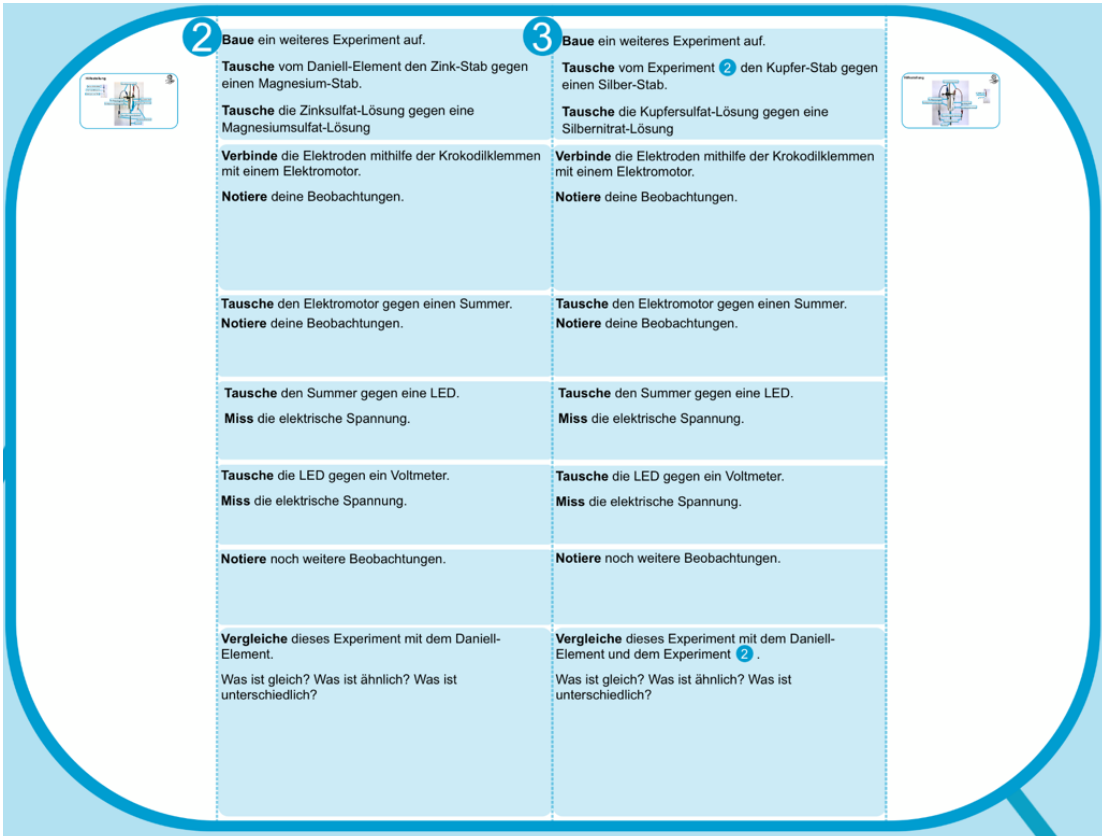


Abbildung 38 Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Abbildung 38 zeigt die Version 1.0 des Knotenpunktes der zweiten Differenzierungsstufe der Beobachtungs-Ebene. Es ist in diesem Knotenpunkt die beschriebene Grundstruktur wiederzuerkennen.

Der Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Phänomene einer Galvanischen Zelle analysieren, indem sie die Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Galvanischen Zellen benennen, Unterschiede aufzählen und Beobachtungen charakterisieren.

Der Aufbau greift dazu das Vorwissen des ersten Knotenpunktes der Beobachtungs-Ebene auf und erweitert diesen durch neue Aufgabenstellungen. Die Schülerinnen und Schüler

sollen ausgehend vom ersten Experiment dieser Lernumgebung weitere Experimente zu Galvanischen Zellen durchführen. Zum einen werden Sie mit einer Magnesium-Kupfer-Zelle die gleichen Experimentschritte durchlaufen, die sie bereits zum Daniell-Element durchgeführt haben. Zum anderen ergänzen sie dies durch die gleiche Experimentdurchführung mit einer Magnesium-Silber-Zelle. Die Aufgabenstellungen entsprechen denen des ersten Knotenpunktes der Beobachtungsebene. So sollen die Gemeinsamkeiten zwischen den Aufbauten Galvanischer Zellen verdeutlicht werden. Zudem bieten die gleichbleibenden Aufgabenstellungen die Möglichkeit der Vergleichbarkeit der Beobachtungen und fördern dadurch den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn (Winkens, Goertzu, & Heincke, 2020).

Die Teilnehmenden sollen in den Experimenten beobachten, dass in der Magnesium-Kupfer-Zelle, im Vergleich zum Daniell-Element, der elektrische Summer deutlich ertönt. Auch sollen sie beobachten, dass sich der Elektromotor deutlich schneller dreht. Die LED wird nicht leuchten. Im abschließenden Experiment zur Magnesium-Silber-Zelle wird auch die LED leuchten.

Diese unterschwellige Variablenkontrollstrategie, welche für die Lernenden unbewusst durchgeführt wird, soll die kausalen Zusammenhänge in den Naturwissenschaften untersuchen und einen naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn fördern (Schichow & Nehring, 2018).

Als Hilfestellungen werden den Schülerinnen und Schülern bildliche Darstellungen angeboten, welche jeweils ein Foto des neuen Versuchsaufbaus zeigen.

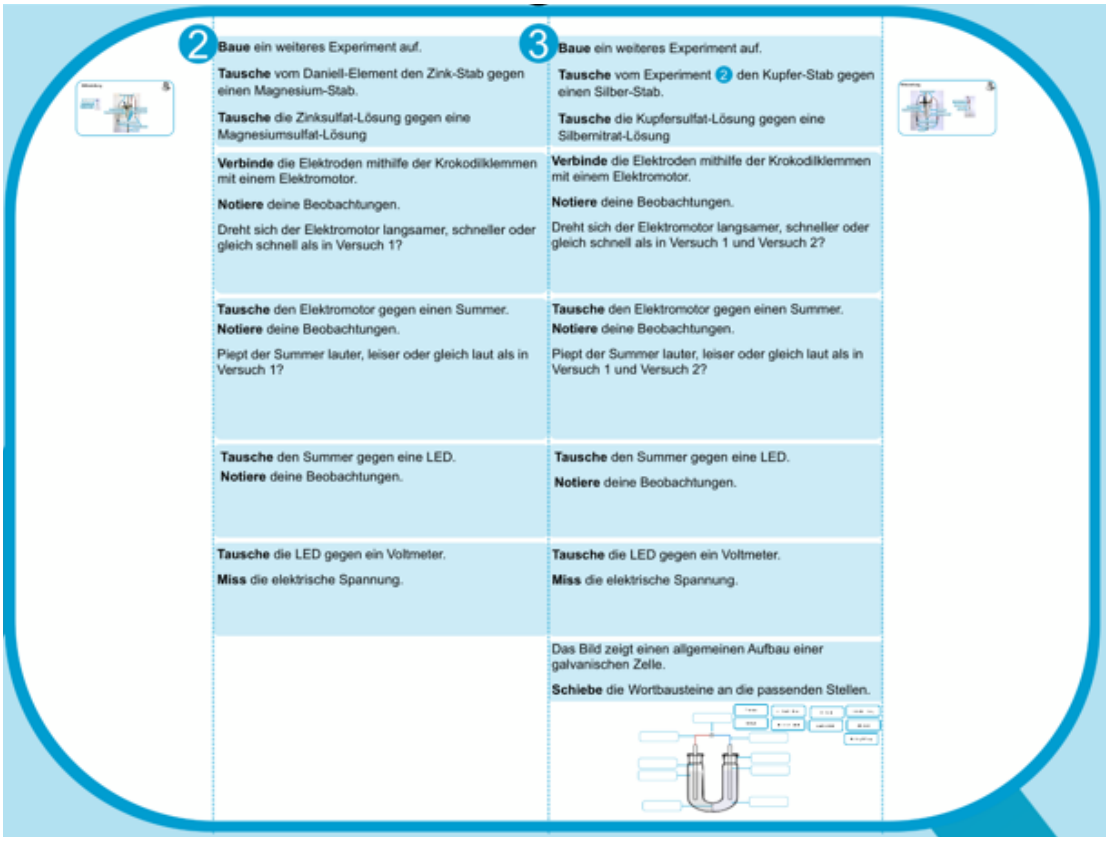
Die Schülerinnen und Schüler sollen abschließend Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Galvanischen Zellen beschreiben.

In den Erwartungen werden Beschreibungen in Bezug auf die Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Versuchsaufbau gewünscht.

Es zeigt sich in der Auswertung, dass die Schülerinnen und Schüler überwiegend die Unterschiede in den Beobachtungen der Experimente auflisten. Dies bestätigt die gewünschte unterschwellige Variablenkontrollstrategie, doch werden keine Aussagen über den gemeinsamen Aufbau der Experimente getroffen.

In der Durchführung der Experimente sind keine besonderen Schwierigkeiten zu beobachten. Die Experimentdurchführung wird auch ohne weitere Beschreibung überwiegend richtig durchgeführt. Vereinzelt benötigen die Schülerinnen und Schüler Unterstützungsbedarf im Anschluss der Elektroden.

Die Erkenntnisse der Erprobung werden in einer Überarbeitung des Bausteins berücksichtigt. Abbildung 39 (oben) zeigt die überarbeitete Darstellung des Knotenpunktes.



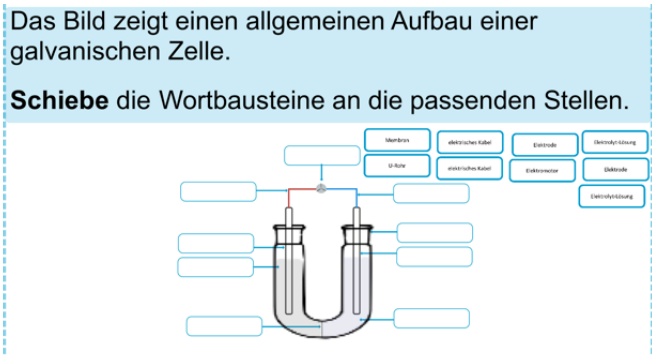


Abbildung 39 Knotenpunkt, Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 2.0 (oben), Sicherungsbaustein Beobachtungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe) (unten)

Die Aufgabenstellungen zur Version 1.0 bleiben bestehen und werden zusätzlich nummeriert. Den Lernenden wird im Hilfebaustein ein zusätzliches Foto angeboten, dass das Anschließen der Elektrode wiedergibt.

Im Sicherungsbaustein sollen die Lernenden die gewonnenen, zusammenhängenden Erkenntnisse zeigen, indem sie den Aufbau einer Galvanischen Zelle verallgemeinert darstellen. Dies wird durch bewegliche Wort-Bausteine unterstützt, welche die Schülerinnen und Schüler den passenden Stellen eines Modells einer allgemeinen Galvanischen Zelle zuordnen müssen.

3.5.9.3. Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene – 3. Differenzierungsstufe

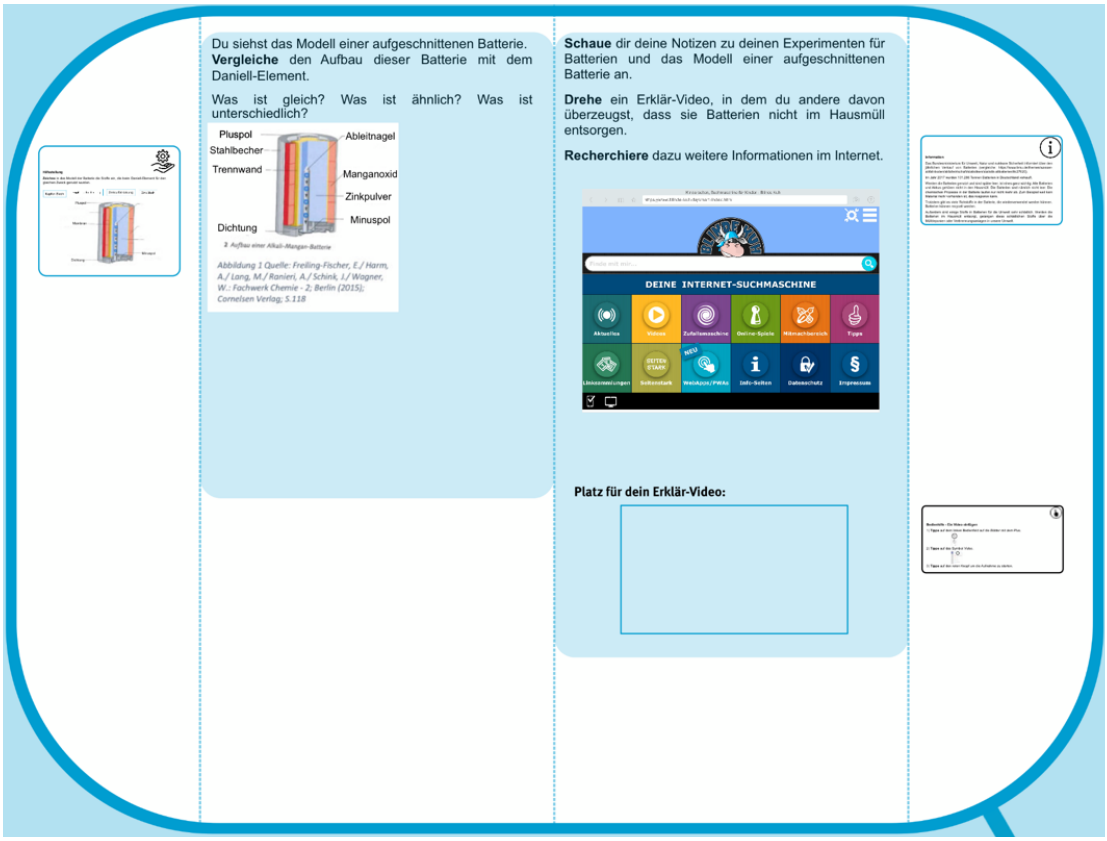


Abbildung 40 Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Abbildung 40 zeigt den Aufbau des Knotenpunktes der Beobachtungs-Ebene in der dritten Differenzierungsstufe.

Der Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Gemeinsamkeiten zu einer allgemeingültigen Regel zusammenführen, indem sie Gemeinsamkeiten abstrahieren und Vorhersagen für weitere Galvanische Zellen treffen.

Das Lernziel soll durch einen Vergleich eines Batteriemodells mit dem Daniell-Element erreicht werden. Es wird erwartet, dass die Teilnehmenden die einzelnen Bestandteile miteinander vergleichen und den unterschiedlichen Aufbau beschreiben.

In der Auswertung der Erprobung zeigt sich, dass kein Teilnehmender die Aufgabe bearbeiten konnte. Das Ziel muss in einer Überarbeitung anders erreicht werden.

Die zweite Aufgabenstellung des Knotenpunktes zeigt eine kontextuelle Verbindung zum Themenbereich Batterien. Die Schülerinnen und Schüler sollen in einem Erklärvideo darstellen, weshalb Batterien nicht im Hausmüll entsorgt werden dürfen. Nach Dellbrügge (2020) werden die Lernenden durch das Filmen des Erklärvideos dazu aufgefordert, den gewünschten Inhalt zu wiederholen und sich die gewonnenen Erkenntnisse bewusst zu machen. Zur Bearbeitung wird ihnen zum einen ein Informationstext angeboten, zum

anderen steht den Schülerinnen und Schülern ein eingebetteter Internetbrowser zur Verfügung. Im Internetbrowser ist als Startseite eine Internetsuchmaschine für Kinder und Jugendliche eingestellt (www.blinde-kuh.de).

Es wird erwartet, dass die Teilnehmenden insbesondere Bezug auf den Aufbau einer Batterie nehmen und die verwendeten Substanzen als Gefährdungspotential für die Umwelt benennen können. Zusammenfassend sollen sie einen Recyclingprozess beschreiben, der die Wiederverwertung der Materialien einer Batterie fokussiert.

Die Auswertung zeigt, dass ein überwiegender Teil der Teilnehmenden diese Aufgaben in unterschiedlichen Leistungsgraden angemessen umsetzt.

Aus der Erkenntnis in Bezug auf Aufgabenstellung 1 wird eine Überarbeitung der Lernumgebung zwingend benötigt.

Die Teilnehmenden sollen in der Überarbeitung der Lernumgebung eine Galvanische Zelle als Modell zeichnen. Ihnen wird angegeben, dass sie die Stoffe Eisen und Kupfer zur Verfügung haben. Mit diesen beiden Stoffen sollen sie eine Galvanische Zelle bauen. Sie sollen alle weiteren Materialien und Substanzen angeben, die sie benötigen.

3.5.9.4. Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene – 1. Differenzierungsstufe

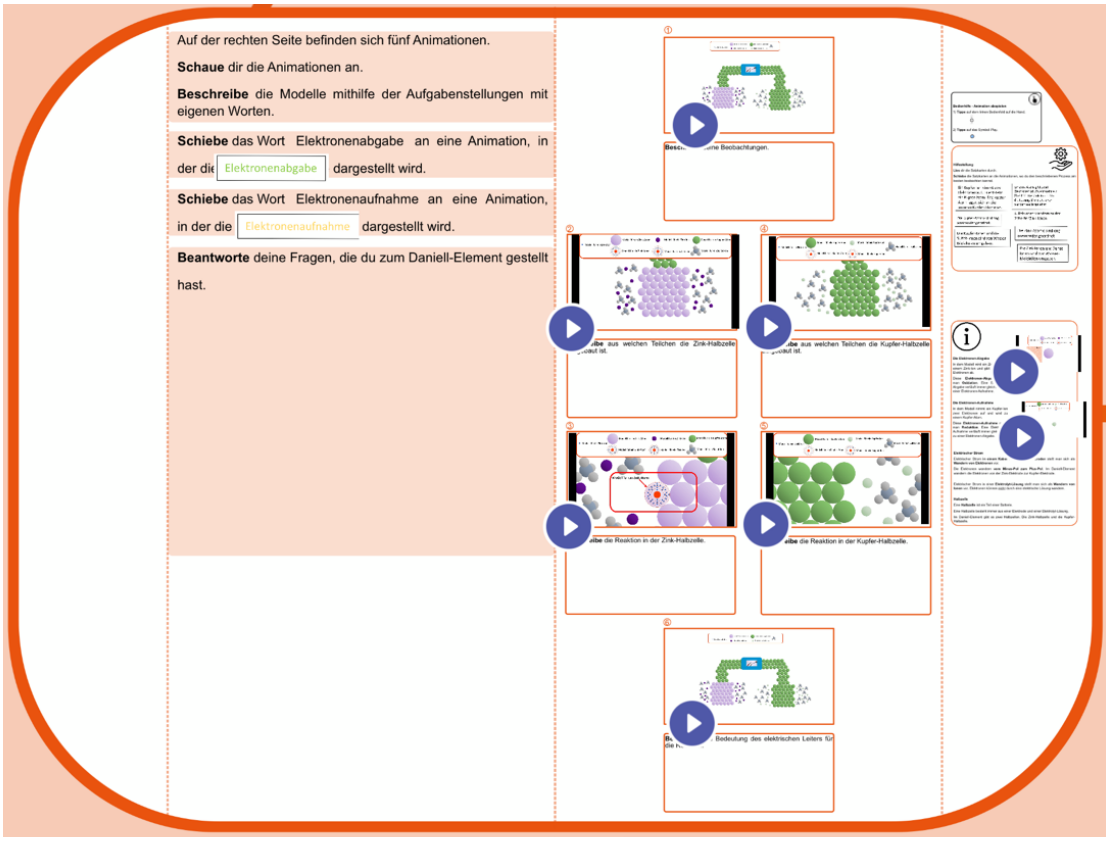


Abbildung 41 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Der erste Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene wird in Abbildung 41 dargestellt. Es ist auch in diesem Knotenpunkt die allgemeine Struktur des Aufbaus in zwei Hälften zu erkennen.

Der Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Reaktionsprozesse beim Daniell-Element erkennen, indem sie ein vorgegebenes Modell mit eigenen Worten erklären und die dargestellten Elektronen-Donator-Akzeptor-Prozesse mit eigenen Worten beschreiben.

Die Förderung zum Lernziel soll insbesondere durch den Einsatz von Modellen in Form von Animationen erreicht werden. Der Einsatz von Animationen in diesem Knotenpunkt soll im naturwissenschaftlichen Kontext die Zusammenhänge im Reaktionsprozess verdeutlichen (Mayer, 2014a). Im Knotenpunkt werden Animationen zur submikroskopischen Darstellung der Reaktionsprozesse im Daniell-Element gezeigt. Die Betrachtung des Modells wird auf insgesamt sechs Animationen aufgeteilt. Jede Animation fokussiert einen anderen Ausschnitt des gleichen Modells.

Durch die schrittweise Betrachtung dieser Animationen soll die Informationsdichte für die Lernenden minimiert werden (Lewalter, 2003).

In der ersten Aufgabenstellung sollen die Animationsmodelle auf der rechten Hälfte beschrieben werden. Die schrittweise Betrachtung der Modelle legt den Fokus in folgende Differenzierung: (1) Aufbau der Galvanischen Zelle und Einteilung in Zink-Halbzelle, Kupfer-Halbzelle und Elektrischer Leiter, (2) Vorhandene Strukturteilchen in der Zink-Halbzelle, (3) Vorhandene Strukturteilchen in der Kupfer-Halbzelle, (4) Ionenbildungsreaktion durch Elektronenabgabe in der Zink-Halbzelle, (5) Atombildungsreaktion durch Elektronenaufnahme in der Kupfer-Halbzelle, (6) Funktion des elektrischen Leiters für die Galvanische Zelle.

Die Animationen sollen das Strukturverständnis der Lernenden fördern sowie die Ionen- bzw. Atombildungsreaktionen darstellen. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Reaktionen als Elektronenabgabe- bzw. Elektronenaufnahmereaktionen verstehen. Durch die Einbettung der Animationen als Video sind die Lernenden dazu in der Lage, die Animationen zu wiederholen und an gewünschten Stellen zu pausieren.

Die Animationen stellen immer Modelle für einen geschlossenen Stromkreis dar. Die fachliche Vorstellung zum elektrischen Spannungsbegriff wird nach dem Kernlehrplan nicht gefordert und soll somit in der Reduktion der Komplexität nicht berücksichtigt werden.

Die vorliegenden Animationen sind eigenständig mithilfe des office-Programms P*ower-Point* erstellt und durch eine Bildschirmaufnahme der erstellten Animationen in ein Video übertragen worden.

Der Aufbau einer Animation soll am Beispiel der Animation zur Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle dargestellt werden.

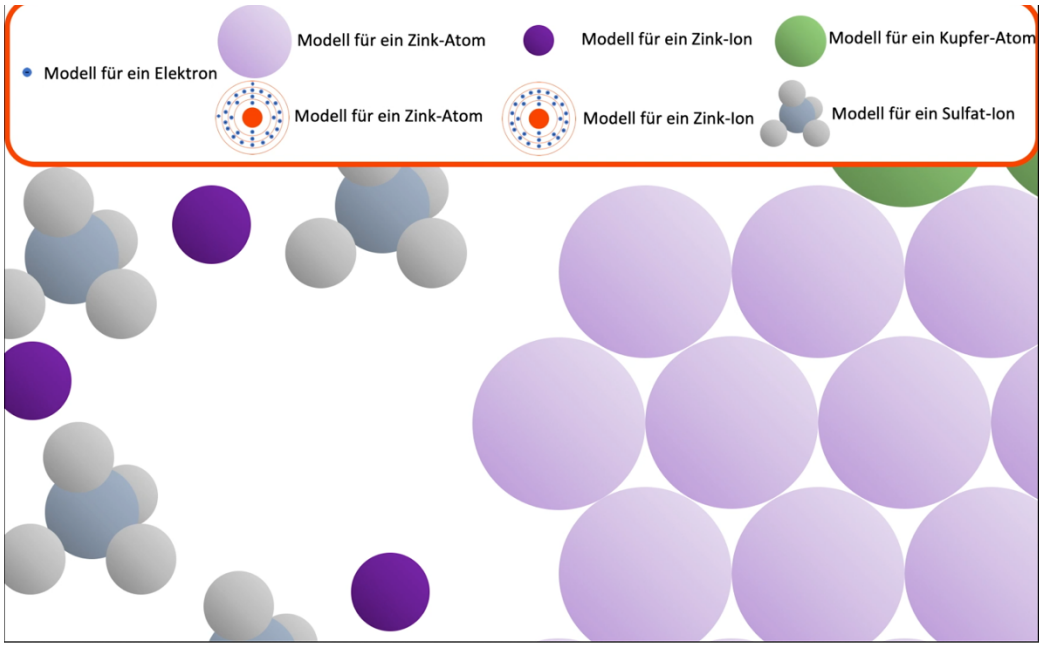


Abbildung 42 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 1

Abbildung 42 zeigt die Grundeinstellung, die die Lernenden in dem Baustein sehen. Zu erkennen ist, dass in einer Legende die Modelle der Teilchen benannt werden, die in der

Animation zu sehen sind. Es wird Wert daraufgelegt, dass diese als Modell bezeichnet werden. Dadurch soll bei Schülerinnen und Schülern das Modellkonzept gefördert und indirekt unterstrichen werden, dass es sich nicht um einen real beobachteten Prozess handelt. Es wird in jedem Modell der Lernumgebung Wert gelegt, dass die Farben der Strukturteilchen keinen Vergleich zu den wahrnehmbaren Stoffen auf der makroskopischen Ebene haben. Dadurch soll vermieden werden, dass die Lernenden die Vorstellung entwickeln, Teilchen hätten die Farbe des Stoffes.

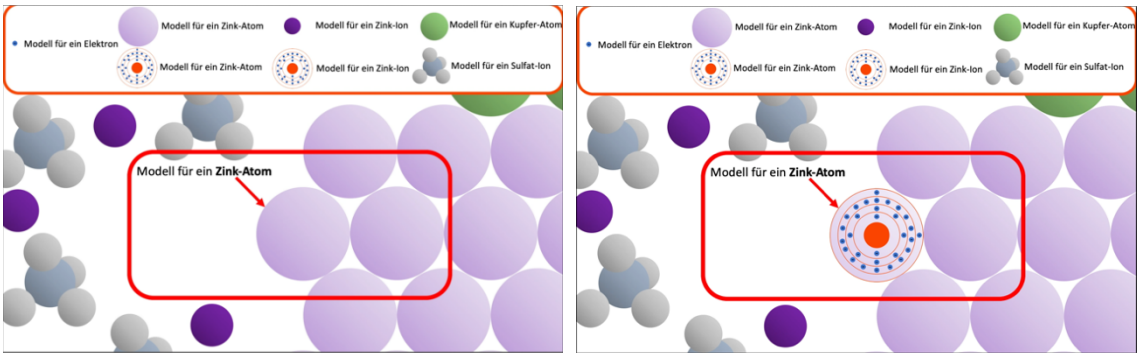


Abbildung 43 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 2-3

In der Fortführung wird jeweils in einer Animation der Bereich rot umrandet, den die Schülerinnen und Schüler betrachtet sollen. Dies soll auf den zu beachtenden Bereich hinweisen und Orientierung im Modell schaffen. Es wird zudem das Strukturteilchen einzeln gekennzeichnet und benannt, welches beachtet werden soll.

Für die Erklärung des Ionenbildungsprozesses wird das Schalenmodell benötigt. Dieses wird in einem weiteren Schritt in einer Ebene über dem dargestellten Strukturteilchen angedeutet.

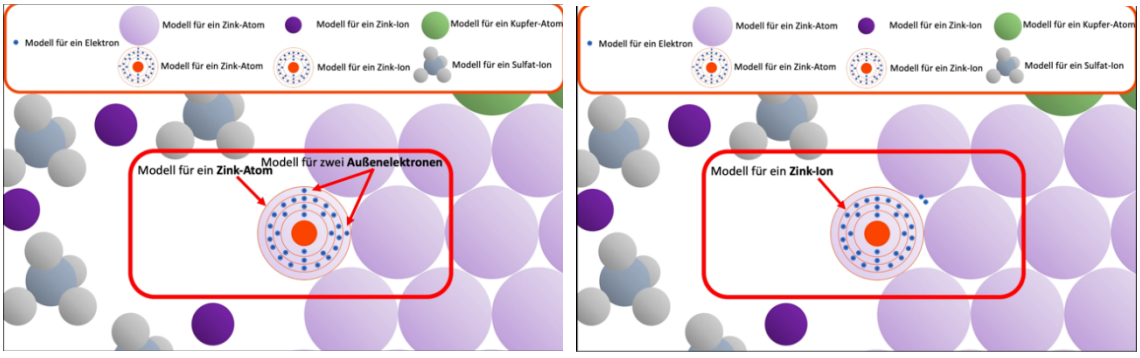


Abbildung 44 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 4-5

Im darauffolgenden Schritt werden die Elementarteilchen gekennzeichnet und benannt, welche in den Fokus der Lernenden gesetzt werden sollen.

Im Folgenden wird der Abgabeprozess von Elektronen durch eine Bewegung der Elektronen aus der äußeren Schale dargestellt. Gleichzeitig ändert sich der Modellname für das im Schalenmodell dargestellt Strukturteilchen in ‚Modell für ein Zink-Ion'. Der Elektronenfluss wird modellhaft nur durch die Bewegung der Elektronen dargestellt. Es wird darauf

geachtet, dass sich die Elektronen ‚zwischen' den anderen dargestellten Atomen bewegen. Ein differenzierteres Modell des Elektronenflusses wird für das Projekt als Irreführung verworfen. Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass durch den Kernlehrplan kein Modell des Elektronenflusses erwartet wird.

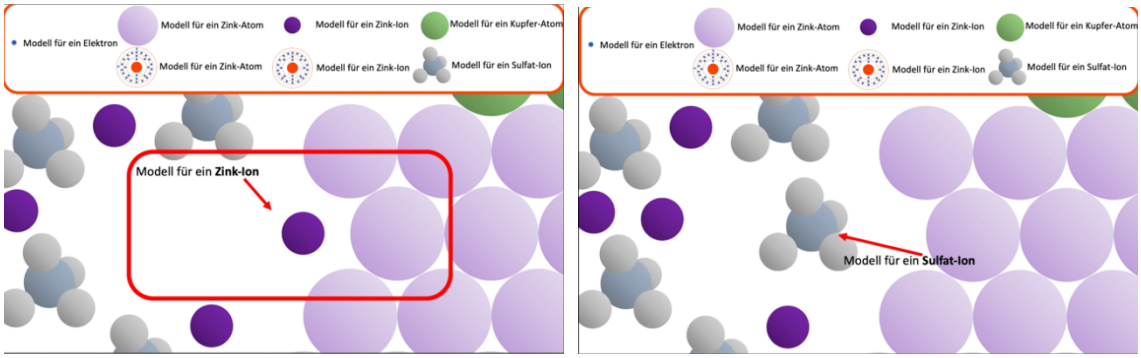


Abbildung 45 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 6-7

Abbildung 45 stellt die letzten beiden Sequenzen der Modellreaktion dar. Das Modell wechselt wieder ins Strukturteilchenmodell. Durch die Bewegung des Zink-Ionen-Modells in das Modell der Zinksulfat-Lösung soll der Lösungsprozess dargestellt werden. Gleichzeitig bewegt sich ein Modell für ein Sulfat-Ion in die Abbildung. Dies soll den Lernenden verdeutlichen, dass zusätzlich eine Ionenbewegung stattfindet. Die Betrachtung der Bedeutung der Sulfat-Ionen als *spectator ions* wird in der Lernumgebung nicht weiter thematisiert, bietet aber durch die Darstellung anschlussfähiges Material für eine weiterführende Betrachtung im Unterricht.

Die Modellbeschreibung wird überwiegend nach den Erwartungen ausformuliert. „Ein Zink Atom gibt zwei Elektronen an den Kupfer Atom ab. Danach wandelt der Atom sich in einem Zink-Ion. Daraufhin kommt ein sulfat Ion." (Partnergruppe 3) Dieses Zitat stellt beispielhaft eine Formulierung dar.

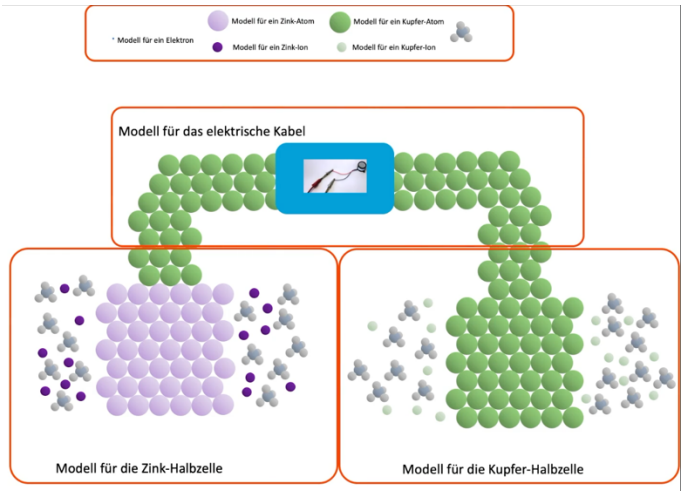


Abbildung 46 Modell Daniell Element auf submikroskopischer Ebene

In der Betrachtung aller Angaben wird insbesondere in der ersten Animation beobachtet, dass die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellung sehr differenziert beantworten. In der ersten Animation wird der elektrische Verbraucher nicht auf submikroskopischer Ebene betrachtet. Dies wird durch eine *black box* in der Farbe der Beobachtungs-Ebene dargestellt und ein Foto des elektrischen Summers eingefügt. In der Animation ertönt das Geräusch des Summers, wenn Elektronen durch die *black box* fließen.

In der Auswertung der Videoaufnahmen zeigt sich, dass das Ertönen dieses Geräusches zu Ablenkungen in den anderen Gruppen führt. Zudem wird dies in einem überwiegenden Teil der Antworten beschrieben.

In der weiteren Bearbeitung des Knotenpunktes sollen die Schülerinnen und Schüler die verschiebbaren Wortbausteine mit den Begriffen ‚Elektronenabgabe' und ‚Elektronenaufnahme' den Animationen zuordnen, in denen diese dargestellt werden.

Diese Aufgabe wird von einem überwiegenden Anteil der Teilnehmenden nicht gelöst. In der Betrachtung des Videomaterials fällt auf, dass viele Teilnehmende nach der Bearbeitung der letzten Animation in den nächsten Knotenpunkt wechseln. Es wird interpretiert, dass durch die Anordnung der Animationen der Eindruck vermittelt wird, dass der Knotenpunkt durch die letzte Animation vollständig bearbeitet ist.

Die Auswertungen der Bearbeitungen führen zur folgenden Überarbeitung der Lernumgebung.

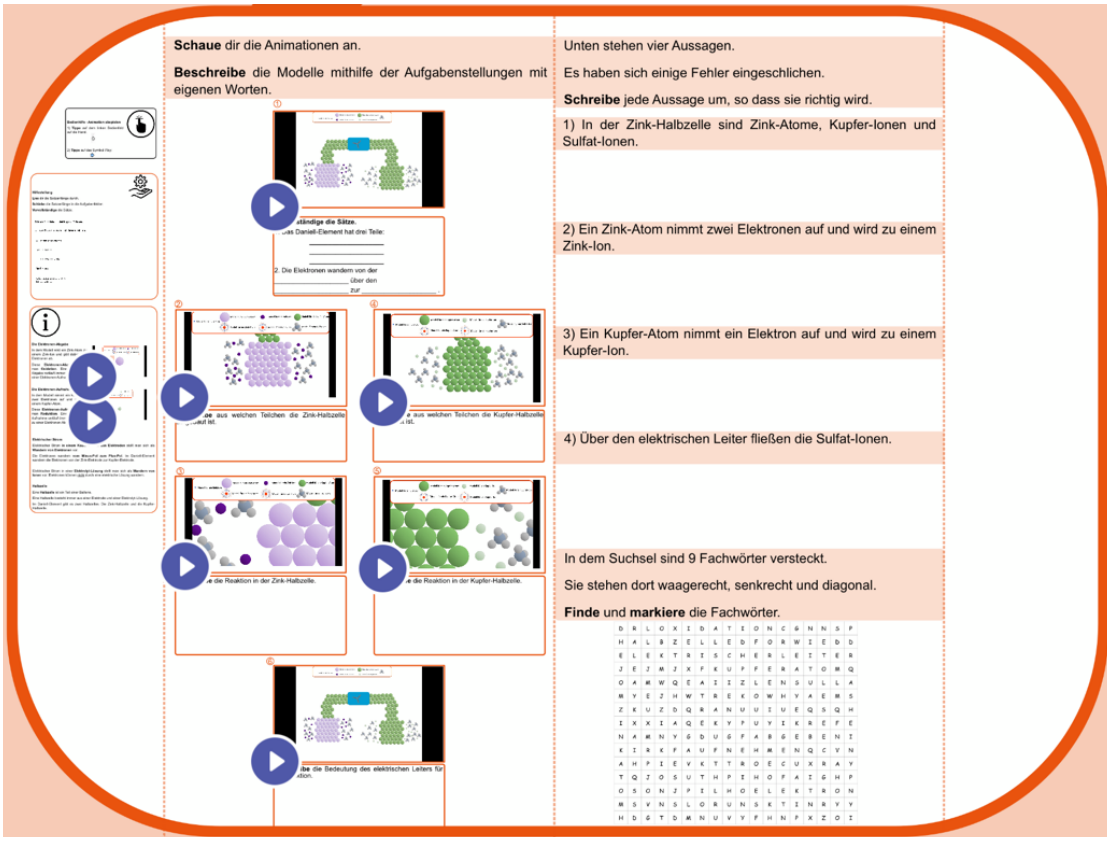


Abbildung 47 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 2.0

Die Struktur des Knotenpunktes hat sich verändert. Die Animationen werden in die linke Hälfte verschoben.

Es werden ausschließlich in der ersten und letzten Animation inhaltliche Veränderungen aufgeführt. Beide Animationen geben den gleichen Inhalt wieder. Die zugehörigen Aufgabenstellungen legen unterschiedliche Beobachtungsschwerpunkte.

Abbildung 48 zeigt, dass der elektrische Verbraucher, der in der *black box* gezeigt wird, durch eine Abbildung des Elektromotors dargestellt wird. Zudem ist das auditive Geräusch aus der Animation gelöscht worden. Der Begriff ‚Modell für das elektrische Kabel' ist in ‚Modell für den elektrischen Leiter' geändert worden.

Zusätzlich wird zur sprachlichen Entlastung der ersten Animation ein kurzer Lückentext angeboten, um den Beobachtungsschwerpunkt auf einen Bestandteil zu fokussieren.

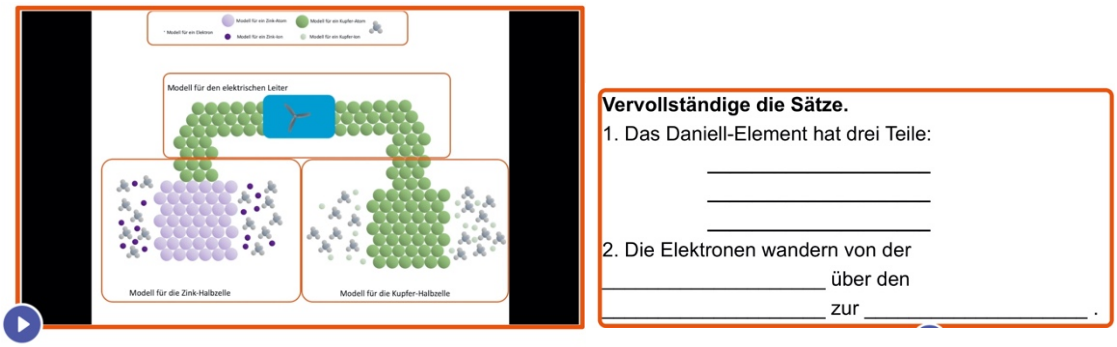


Abbildung 48 Animation 1, Vorstellungs-Ebene (1.Differenzierungsstufe), Version 2.0

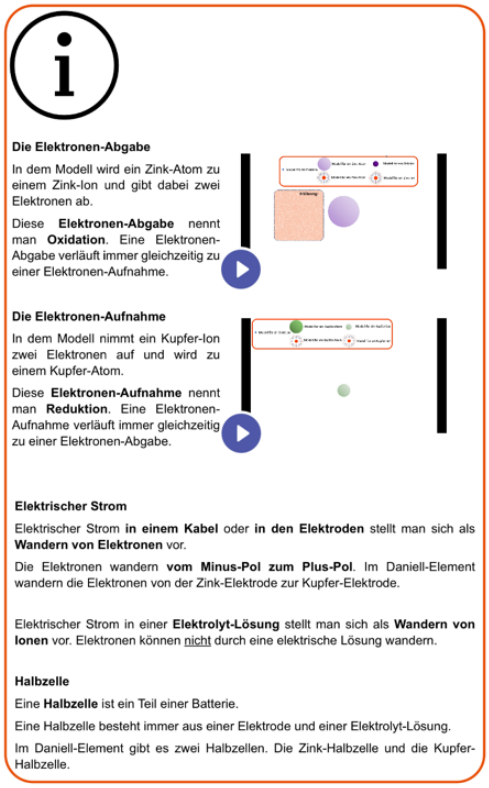


Abbildung 49 Hilfebaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Elektronenabgabe

Auch die Hilfebausteine zu den Animationen werden auf die linke Seite gerückt. Diese beinhalten mögliche Satzanfänge für die Beschreibung der Animationen. Die Satzanfänge sind bewegliche Satzbausteine und können von den Lernenden in das passende Antwortfeld verschoben werden, um dann die Sätze zu ergänzen.

Des Weiteren werden weitere Erklärungen und zwei Animationen angeboten, die einzeln den Elektronenaufnahmeprozess sowie den Elektronenabgabeprozess darstellen und beschreiben (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Der Aufbau folgt analog der oben dargestellten Beschreibung. Die Animation betrachtet jedoch nur ein Atom und ergänzt die Reaktion durch eine schriftliche Begleitung. Dies soll das *Prinzip der dualen Kodierung* der *cognitive theory of multimedia learning* berücksichtigen.

Abbildung 50 zeigt zur Vollständigkeit drei Ausschnitte der Animation, beispielhaft die Abfolge der Animationsinhalte in Verbindung mit dem Erklärungstext.

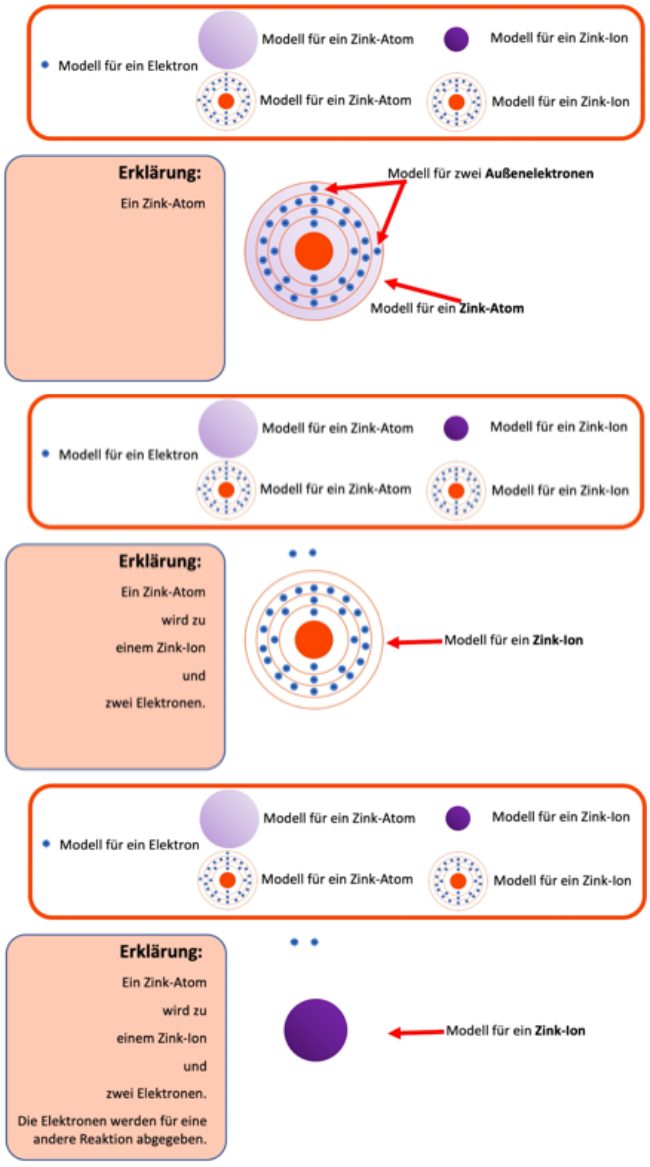


Abbildung 50 Hilfebaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Elektronenabgabe, Bildfolge Animation

Wie auch in den Knotenpunkten der Beobachtungs-Ebene, wird ein Sicherungsbaustein in diesen Knotenpunkt eingearbeitet. Dieser Sicherungsbaustein besteht aus zwei Aufgabenstellungen in der rechten Hälfte (vgl. Abbildung 51).

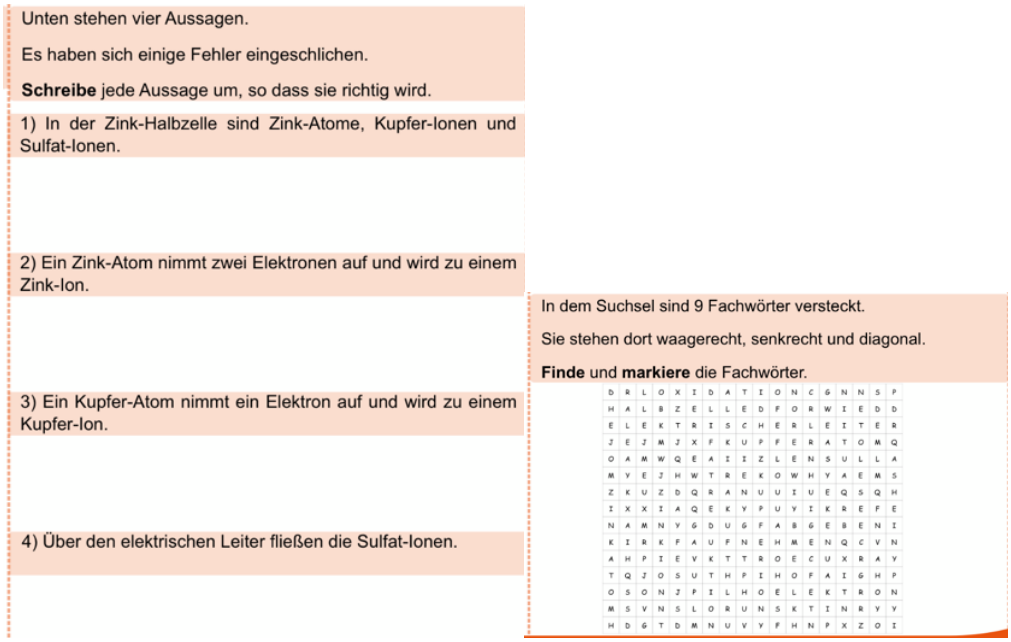


Abbildung 51 Sicherungsbaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe)

Der Sicherungsbaustein besteht in der Formulierung falscher Aussagen über die Reaktionsprozesse im Daniell-Element. Diese fachlich falschen Aussagen sollen die Lernenden dazu auffordern, den Inhalt zu reflektieren und bewusst fachsprachlich-korrekte Aussagen zu formulieren. Die Aussagesätze sind in einfacher Sprache formuliert und stellen einen strukturierten Aufbau dar.

Der Aufbau des zweiten und dritten Aussagesatzes folgt dem sprachlichen Muster der Erklärungen in den Hilfebausteinen. Auch in den weiteren Knotenpunkten wird diese Satzstruktur verwendet.

Die Lernenden sollen dies als Redeformeln, oder auch *chunks* genannt, unbewusst erkennen. Durch die Veränderung in wiederkehrenden Redeformeln soll der Fachsprachgebrauch gefördert werden (Pineker-Fischer, 2017).

Die Formulierungen innerhalb des Sicherungsbausteins ermöglicht auch die Überprüfung, inwiefern die Schülerinnen und Schüler auf die Differenzierung zwischen Atom, Ion und stofflicher Ebene achten.

Abschließend sollen die Lernenden Fachbegriffe in einem Suchsel finden und markieren. Die Markierung der Fachbegriffe soll den aktiven Wortschatz unterstützen. Durch diesen intentionalen Lernprozess wird ein Bezug zu diesen Fachbegriffen gestärkt. Die Schülerinnen und Schüler durchlaufen in einem Scanning Prozess das Buchstabenfeld und der Fokus wird auf die definierten Fachbegriffe gelegt (Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, 2014).

3.5.9.5. Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene – 2. Differenzierungsstufe

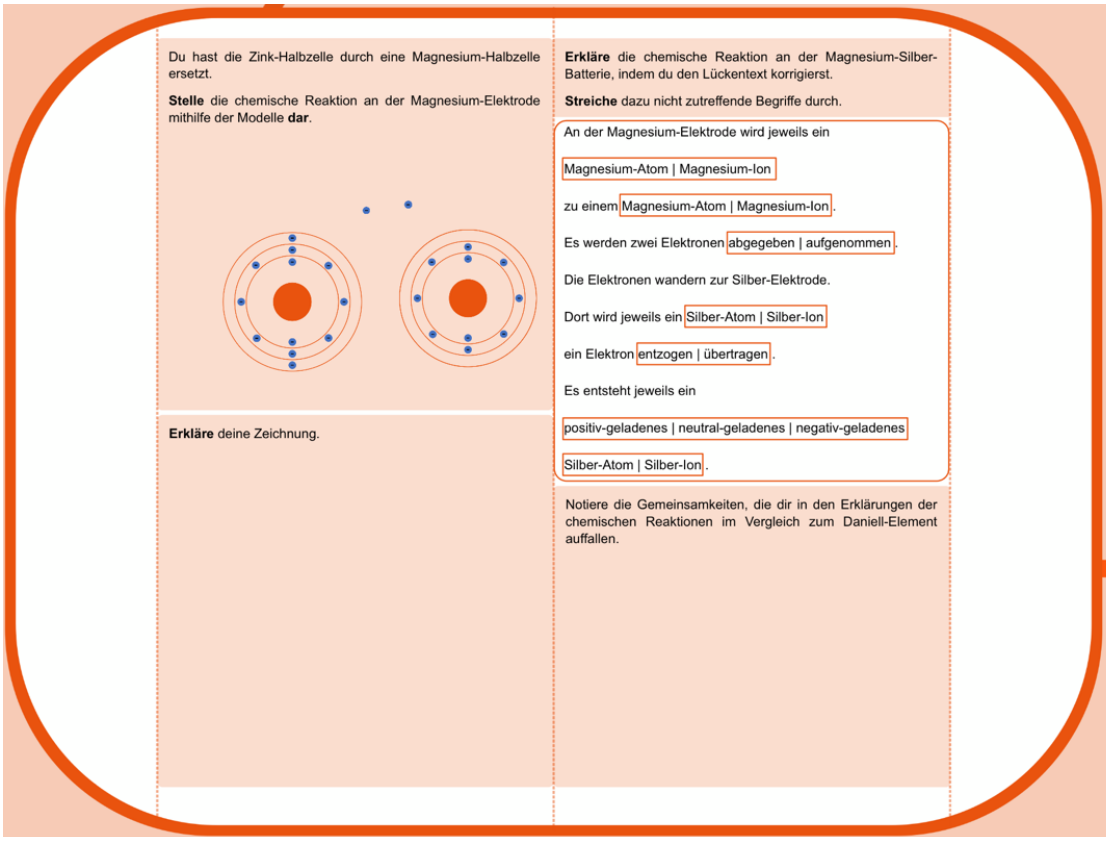


Abbildung 52 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Der zweite Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene greift die durchgeführten Experimente des zweiten Knotenpunktes der Beobachtungs-Ebene auf.

Der Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die RedOx-Prozesse einer Galvanischen Zelle analysieren, indem sie verschiedene Modelle einer Galvanischen Zelle vergleichen.

Den Schülerinnen und Schülern werden dafür bewegliche Elemente zur Verfügung gestellt, um daraus ein Modell der Abgabe von Elektronen darzustellen. Für die Darstellung können sie die weiteren grafischen Werkzeuge der App nutzen. Anschließend sollen die Lernenden ihr dargestelltes Modell erklären.

In der Auswertung der Angaben zeigt sich, dass ein überwiegender Anteil der Teilnehmenden diese Aufgabenstellung übersprungen hat. Aus der Betrachtung des Videomaterials wird interpretiert, dass die Schülerinnen und Schüler die Erstellung eines eigenen statischen Modells nicht umsetzen können und die Aufgabenstellung dann abbrechen.

Eine weitere Aufgabenstellung beschreibt in einem Lückentext die Elektronenübertragungsreaktion. Die Lernenden müssen die richtige Aussage markieren bzw. falsche Angaben streichen. Durch diesen vorgefertigten Sprachgebrauch sollen sie ein weiteres Beispiel

für Satzmuster erhalten, dass sie in der weiteren Bearbeitung der Lernumgebung anwenden können.

In der Auswertung der Erprobung zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler diese Aufgabenstellung bearbeiten. In der Auswertung des Videomaterials wird teilweise interpretiert, dass die Teilnehmenden die richtige Lösung raten.

Abschließend sollen die Lernenden die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Reaktionen beschreiben. Dadurch soll die Ableitung einer allgemeingültigen Regel im nächsten Baustein erleichtert werden.

In der Auswertung der Erprobung zeigt sich, dass keine Teilnehmenden diese Aufgabenstellung bearbeiten. Es wird vermutet, dass durch das fehlende Verständnis in der Modellerarbeitung der zweiten Aufgabe, keine Aussage zu dieser Aufgabenstellung getroffen werden kann.

Die Erkenntnisse der Auswertung des zweiten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene führen zur folgenden Weiterentwicklung (vgl. Abbildung 53).

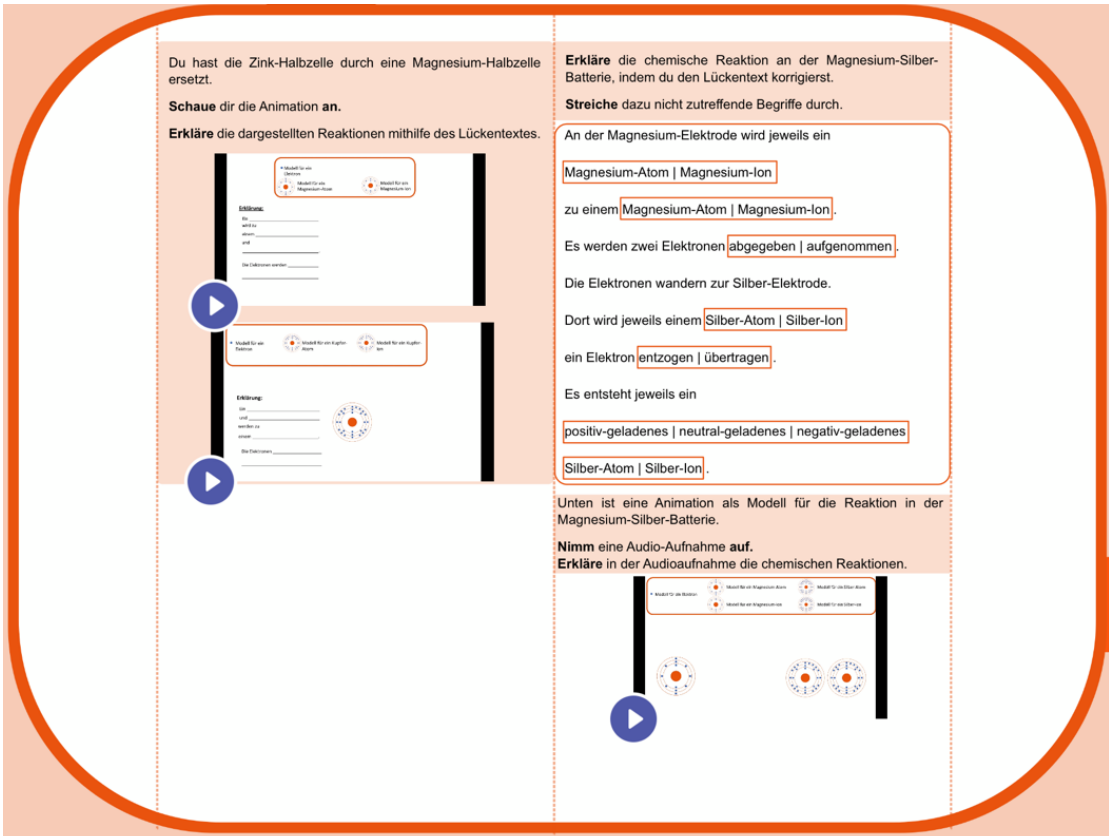


Abbildung 53 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsebene, Version 2.0

Die Erstellung eines eigenen Modells ist verworfen worden. Dadurch werden den Lernenden zwei vorgefertigte Modelle durch zwei Animationen angeboten. Die Animationen stellen die Ionenbildungsreaktion vom Magnesium-Atom zum Magnesium-Ion im Modell dar. Zum anderen wird die Atombildungsreaktion vom Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom im Modell dargestellt. Die Animationen werden nach dem Prinzip der Text-Bild-Kohärenz nahe eines

Lückentextes gestellt. Der Lückentext baut auf die Redeformeln auf, die im ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene beschrieben werden.

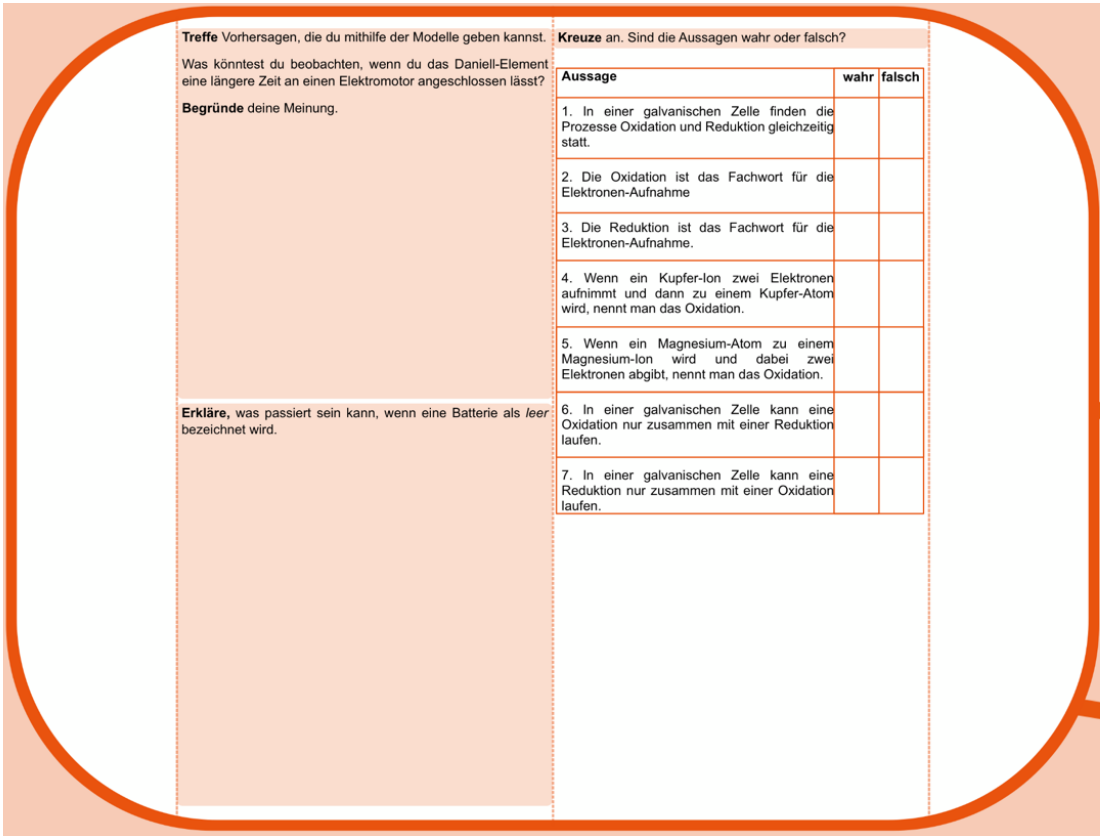
Die Animationen gleichen der Struktur der bereits vorgestellten Animationen und werden aus diesem Grund an dieser Stelle nicht mehr einzeln beschrieben.

Die Auswertung des Lückentextes bleibt für die Schülerinnen und Schüler bestehen.

Der Knotenpunkt wird abschließend durch einen Sicherungsbaustein ergänzt. Dieser Sicherungsbaustein stellt in einer Animation die Elektronenübertragung von einem Magnesium-Atom zu zwei Silber-Ionen im Modell dar. Dies soll zur Förderung des Elektronen-Donator-Akzeptor-Prinzips beitragen.

Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, in einer Audioaufnahme die chemischen Reaktionen in der Magnesium-Silber-Zelle mithilfe dieser Animation zu erklären. Durch die Aufnahme werden die Teilnehmenden zur Verbalisierung eines Prozesses aufgefordert. Es entlastet sie zeitgleich von möglichen Hürden in der Schriftsprache. Durch die mediale Aufforderung, eine Audio-Aufnahme zur Erklärung einer Animation durchzuführen, werden die Lernenden dazu angehalten, den Lerninhalt eigenständig zu reflektieren.

3.5.9.6. Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene – 3. Differenzierungsstufe



Treffe Vorhersagen, die du mithilfe der Modelle geben kannst.

Was könntest du beobachten, wenn du das Daniell-Element eine längere Zeit an einen Elektromotor angeschlossen lässt?

Begründe deine Meinung.

Erkläre, was passiert sein kann, wenn eine Batterie als *leer* bezeichnet wird.

Kreuze an. Sind die Aussagen wahr oder falsch?

Aussage	wahr	falsch
1. In einer galvanischen Zelle finden die Prozesse Oxidation und Reduktion gleichzeitig statt.		
2. Die Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme		
3. Die Reduktion ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme.		
4. Wenn ein Kupfer-Ion zwei Elektronen aufnimmt und dann zu einem Kupfer-Atom wird, nennt man das Oxidation.		
5. Wenn ein Magnesium-Atom zu einem Magnesium-Ion wird und dabei zwei Elektronen abgibt, nennt man das Oxidation.		
6. In einer galvanischen Zelle kann eine Oxidation nur zusammen mit einer Reduktion laufen.		
7. In einer galvanischen Zelle kann eine Reduktion nur zusammen mit einer Oxidation laufen.		

Abbildung 54 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Der dritte Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Gemeinsamkeiten zu einer allgemeingültigen Regel zusammenführen, indem sie die Elektronen-Donator-Akzeptor-Prozesse erklären. Atome der Elektrode des Minus-Pols werden als Elektronen-Donatoren und die Kationen der Elektrolyt-Lösung des Plus-Pols als Elektronen-Akzeptoren benannt.

Auch dieser Knotenpunkt zeigt die Strukturierung in zwei Hälften. In der linken Hälfte werden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert Vorhersagen für die makroskopische Ebene zu treffen.

Sie werden gefragt, was zu erwarten ist, wenn ein Elektromotor für einen längeren Zeitraum an das Daniell-Element angeschlossen wird. Erwartet wird, dass sie sich im eigenen, mentalen Modell eine Fortführung der kennengelernten Modelle vorstellen. In diesen Vorstellungen sollen sie erkennen, dass die Reaktionen immer weiter fortgeführt werden. Dadurch wäre eine Auflösung der Zink-Elektrode zu erwarten sowie die Bildung von kleinen Kupferkristallen an der Kupfer-Elektrode.

Daran anschließend werden die Lernenden gefragt, ob sie Gründe nennen können, was passiert ist, wenn eine Batterie als ‚leer' bezeichnet wird. Es wird erwartet, dass sie auf die

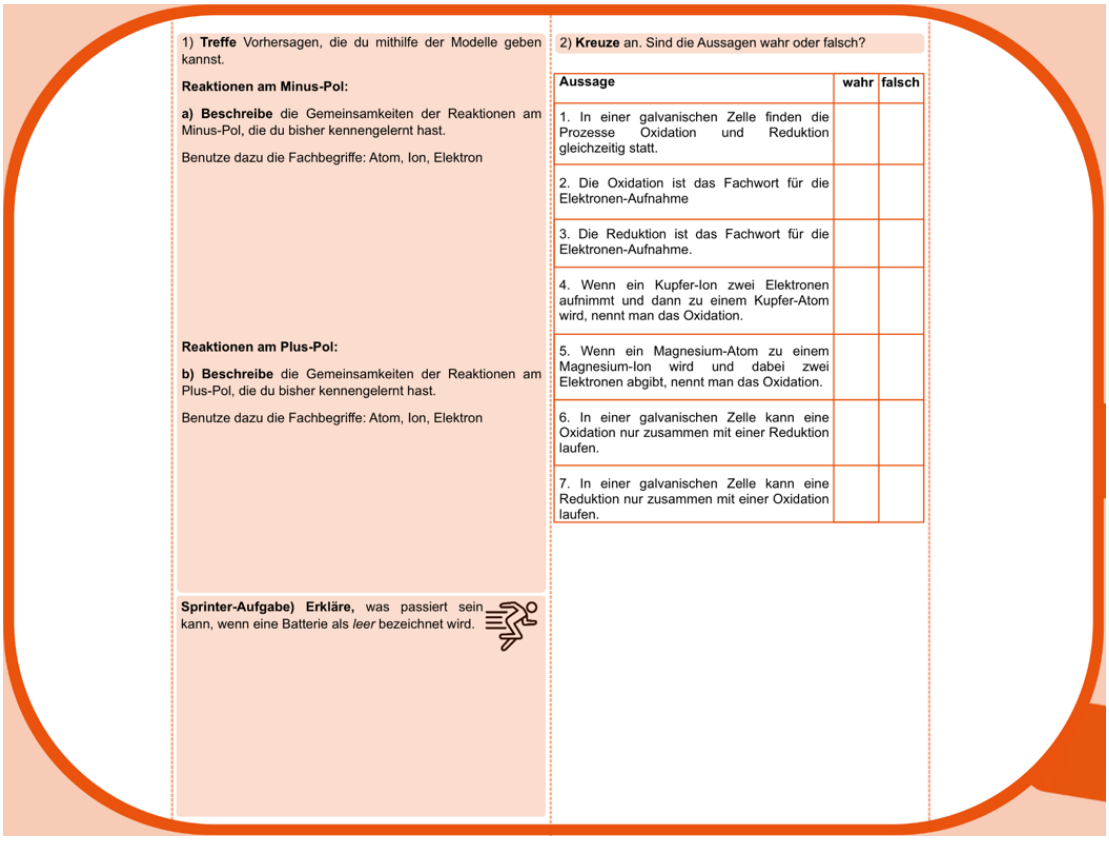
obige Aussage Bezug nehmen und beschreiben, dass die chemischen Reaktionen nicht mehr ablaufen können.

In der Auswertung der Erprobung wird festgestellt, dass die Teilnehmenden diese Aufgabe überwiegend nicht beantworten. Ein Teil der Antworten bezieht sich nicht auf die Fragestellung. Daraus wird abgeleitet, dass die Aufgabenstellungen weiter differenziert und unterstützt werden muss.

In der zweiten Hälfte des Bausteins sollen die Teilnehmenden abschließend Aussagen beurteilen, ob diese ‚wahr' oder ‚falsch' sind.

In der Auswertung wird festgestellt, dass die Schülerinnen und Schüler diese Aufgabenstellung bearbeiten. Die Beurteilungen werden größtenteils zutreffend angegeben. In der Sichtung des Videomaterials wird teilweise interpretiert, dass die Teilnehmenden in dem Entscheidungsprozess raten.

Aus den Erkenntnissen der Erprobung wird folgende Entwicklung dieses Knotenpunktes abgeleitet (vgl. Abbildung 55).



1) **Treffe** Vorhersagen, die du mithilfe der Modelle geben kannst.

Reaktionen am Minus-Pol:

a) Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Minus-Pol, die du bisher kennengelernt hast.

Benutze dazu die Fachbegriffe: Atom, Ion, Elektron

Reaktionen am Plus-Pol:

b) Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Plus-Pol, die du bisher kennengelernt hast.

Benutze dazu die Fachbegriffe: Atom, Ion, Elektron

Sprinter-Aufgabe) Erkläre, was passiert sein kann, wenn eine Batterie als *leer* bezeichnet wird.

2) **Kreuze** an. Sind die Aussagen wahr oder falsch?

Aussage	wahr	falsch
1. In einer galvanischen Zelle finden die Prozesse Oxidation und Reduktion gleichzeitig statt.		
2. Die Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme		
3. Die Reduktion ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme.		
4. Wenn ein Kupfer-Ion zwei Elektronen aufnimmt und dann zu einem Kupfer-Atom wird, nennt man das Oxidation.		
5. Wenn ein Magnesium-Atom zu einem Magnesium-Ion wird und dabei zwei Elektronen abgibt, nennt man das Oxidation.		
6. In einer galvanischen Zelle kann eine Oxidation nur zusammen mit einer Reduktion laufen.		
7. In einer galvanischen Zelle kann eine Reduktion nur zusammen mit einer Oxidation laufen.		

Abbildung 55 Knotenpunkt, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 2.0

Die erste Aufgabenstellung ist an die Erkenntnisse der Erprobung angepasst worden. Die Schülerinnen und Schüler werden in Version 2.0 dazu aufgefordert, die Reaktionen am Minus- und Plus-Pol einer Galvanischen Zelle allgemein zu beschreiben. Diese Aufgabenstellung wird durch das Methodenwerkzeug ‚Wortliste' nach Leisen (2005) unterstützt. Diese Wörterliste soll eine Unterstützung in der Nutzung der Fachbegriffe geben. Erwartet wird,

dass die Lernenden die Elektronenabgabe- bzw. Elektronenaufnahmereaktionen beschreiben. Die verwendeten Redeformeln in der Lernumgebung sollen dazu beitragen, dass die Lernenden indirekt eine geeignete Satzstruktur implementiert haben, welche sie an dieser Stelle nutzen können.

Die Aufgabenstellung über einen Erklärungsprozess wird in eine Sprinter-Aufgabe für Schülerinnen und Schüler umgewandelt, welche bereits in der Aufgabenbearbeitung vorangeschritten sind. Die allgemeine Auswertung der Lernumgebung zeigt, dass der Bearbeitungszeitraum sehr umfangreich ist und nicht alle Teilnehmenden alle Aufgaben zeitlich bearbeiten können. Daher wird an dieser Stelle eine anschlussfähige Aufgabe gestellt.

Die Aufgabe bezüglich der Beurteilung von Aussagesätzen bleibt weiterhin bestehen.

3.5.9.7. Knotenpunkt Symbol-Ebene – 1. Differenzierungsstufe

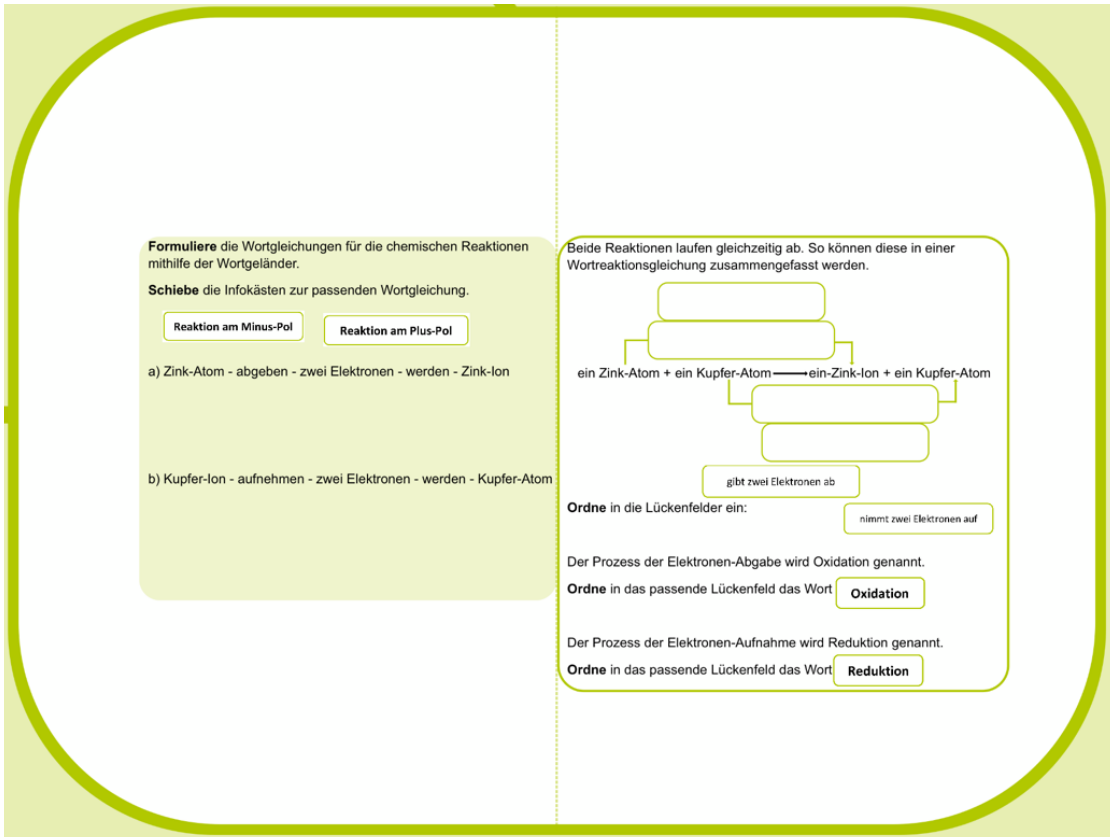


Abbildung 56 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Der erste Knotenpunkt der Symbol-Ebene folgt im vorgeschlagenen Lernpfad der Vorstellungs-Ebene. Dieser Lernpfad führt folglich dem – im Theorieteil begründeten – Lernweg vom beobachteten Phänomen, über die submikroskopische Erklärung hin zur formalisierten fachlichen Darstellung.

In diesem Projekt werden Reaktionsgleichungen als Verhältnisgleichung betrachtet. Verhältnisgleichungen geben das Verhältnis der Reaktion einzelner Teilchen untereinander in einer verbalisierten Wortgleichung oder formalisierten Reaktionsgleichung an. Es wird auf

die Anfügung der typischen Angaben der Aggregatzustände verzichtet, da einzelne Teilchen keinen Aggregatzustand besitzen.

Der erste Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Reaktionen im Daniell-Element symbolisch erkennen, indem sie die Wortgleichung formulieren und die Reaktion in die Teilprozesse Oxidation und Reduktion aufteilen.

Es soll in der Betrachtung dieses Knotenpunktes nochmals deutlich werden, dass die Verwendung der einfachen Sprache und die Einbettung von Methodenwerkzeugen nach Leisen (2013) zur Förderung der Fachsprachkompetenzen beitragen sollen.

In diesem Knotenpunkt werden die ersten Schritte zur Formulierung und Formalisierung von Reaktionsgleichungen erreicht. Diese werden in Wortgleichungen geführt. Dabei sollen die Teilnehmenden die Teilreaktionen Oxidation und Reduktion markieren. Wortgeländer (Leisen, 2005) unterstützen die Schülerinnen und Schüler bei der Formulierung des Reaktionsprozesses. Das Wortgeländer soll in der Struktur des Aufbaus zur Formulierung eines Satzes nach den verwendeten Redeformeln anregen.

Eine vorformulierte Wortreaktionsgleichung muss in einer weiteren Aufgabenstellung durch die Zuordnung beweglicher Wortbausteine mit den Fachbegriffen ‚Elektronen-Abgabe' und ‚-Aufnahme', als auch den Fachbegriffen ‚Oxidation' und ‚Reduktion' ergänzt werden.

In der Auswertung der Erprobung werden in den Angaben der Schülerinnen und Schüler keine Schwierigkeiten entdeckt.

Es wird im Videomaterial teilweise eine Verwirrung über die zu verschiebenden Wortbausteine entdeckt. In der Veränderung der Lernumgebung soll die Reihenfolge geändert werden, so dass erst die Teilreaktionen formuliert werden sollen und dann die Begriffe zugeordnet werden müssen.

Es wird teilweise interpretiert, dass die Zuordnung der Wortbausteine durch einen Rateprozess erfolgt.

Aus den Erkenntnissen der Erprobung wird abgeleitet, dass die Aufgaben in einer anderen Reihenfolge bearbeitet werden sollen.

3.5.9.8. Knotenpunkt Symbol-Ebene – 2. Differenzierungsstufe

Der zweite Knotenpunkt der Symbol-Ebene soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Darstellungsweise verschiedener Galvanischer Zellen analysieren, indem sie mehrere Reaktionsgleichungen aufstellen und diese in die Teilprozesse Oxidation und Reduktion aufteilen.

Dies soll durch die Erarbeitung folgender Lernaufgaben geschehen.

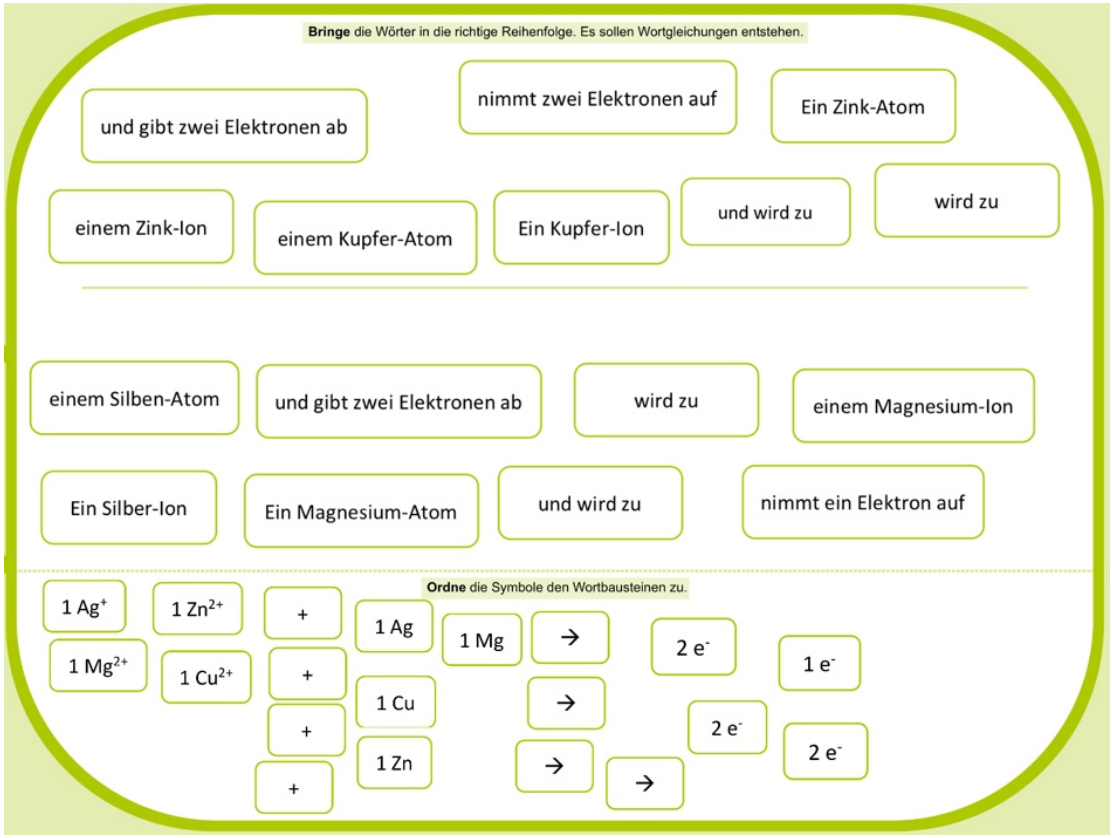


Abbildung 57 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsebene, Version 1.0

Die Lernenden sollen in diesem Knotenpunkt in einer formalisierten Schreibweise von Reaktionsgleichungen gefördert werden. Dies wird schrittweise aufgebaut. Sie sollen zunächst bewegliche Wortbausteine in eine Wortgleichung bringen. Die Wortbausteine entsprechen dabei den Satzbausteinen der Redeformeln in dieser Lernumgebung. In den Zusammensetzungen werden dadurch die Teilreaktionen der Elektronenabgabe im Daniell-Element wiederholt und um die Reaktionen in der Magnesium-Silber-Zelle ergänzt.

In der Auswertung der Angaben als auch des Videomaterials wird erkannt, dass die Lernenden die Struktur noch nicht vollständig erfasst haben. Es wird interpretiert, dass Ihnen eine Orientierung fehlt. Diese soll in einer Überarbeitung vorgegeben werden.

Es wird zudem interpretiert, dass die Teilnehmenden über den Platzmangel in dem Knotenpunkt stolpern. Sie scheinen die Wortbausteine nicht aus dem Knotenpunkt herausschieben zu wollen. Es soll in einer Überarbeitung auf ausreichend Platz innerhalb des Knotenpunktes geachtet werden.

Diese Erkenntnisse führen zu folgender Überarbeitung des Knotenpunktes (vgl. Abbildung 58).

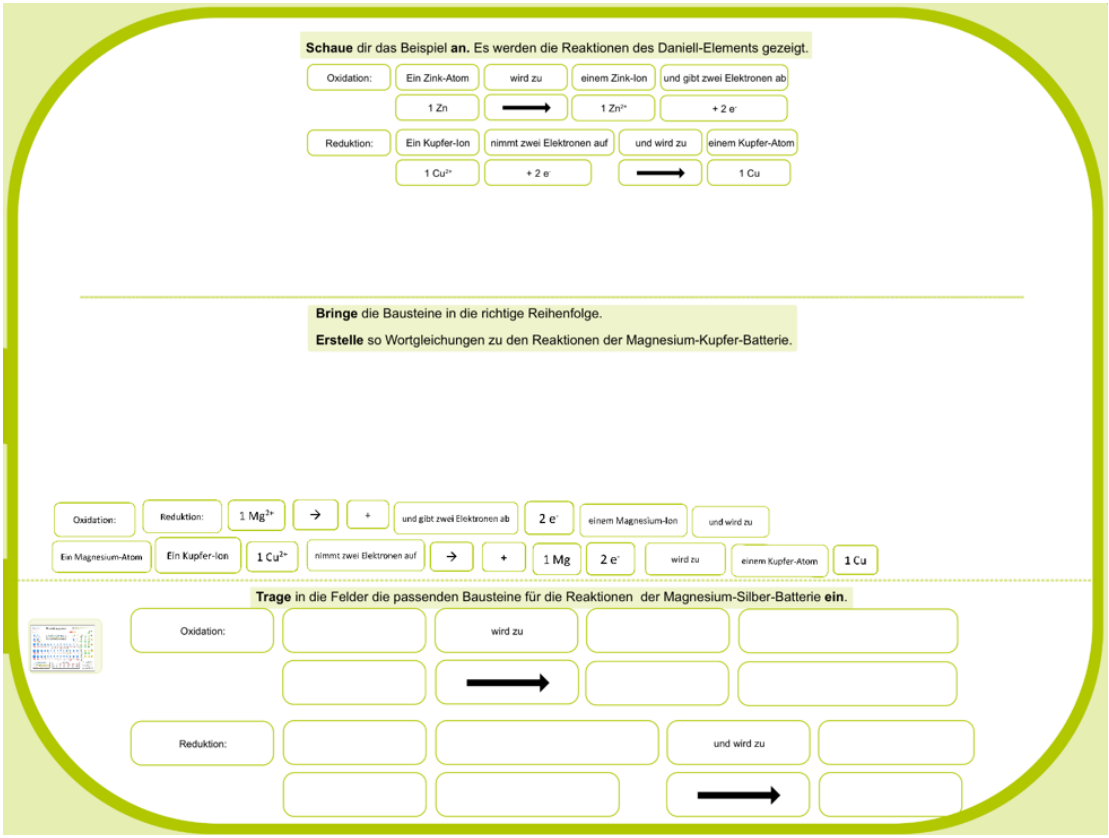


Abbildung 58 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 2.0

In der Überarbeitung des Knotenpunktes wird den Lernenden zunächst eine Struktur angeboten. Diese richtet sich an die Auswertung der Reaktionsprozesse im Daniell-Element und stellt die Teilreaktionen Oxidation und Reduktion dar. Das Schema greift die Darstellung der Wortbausteine auf und umrandet die Redeformeln.

Die Lernenden sollen in der zweiten Aufgabenstellung die Wortbausteine zur Darstellung der Wort- und Reaktionsgleichung zur Magnesium-Kupfer-Zelle in eine fachlich richtige Reihenfolge bringen.

Im dritten Schritt müssen sie die Erkenntnisse über die ersten beiden Gleichungen nutzen und auf die Formulierung einer Reaktionsgleichung zur Magnesium-Silber-Zelle unter der Berücksichtigung der Teilreaktionsgleichungen übertragen. Dies ist angelehnt an die Methode des Lückentextes (Leisen, 2013) und folgt der Struktur der beiden vorherigen Reaktionsgleichungen. Als Unterstützung ist ein Periodensystem gegeben, welches die Strukturteilchen beinhaltet (Barke, Sauermann, Hilbing, & Röllecke, 2010). Die benötigten Informationen sind in diesem Periodensystem zusätzlich markiert.

3.5.9.9. Knotenpunkt Symbol-Ebene – 3. Differenzierungsstufe

Der dritte Knotenpunkt soll folgendes Lernziel fördern: Die Schülerinnen und Schüler können die Gemeinsamkeiten zu einer allgemeingültigen Regel zusammenführen und Aussagen der Symbol-Ebene über Galvanische Zellen bewerten.

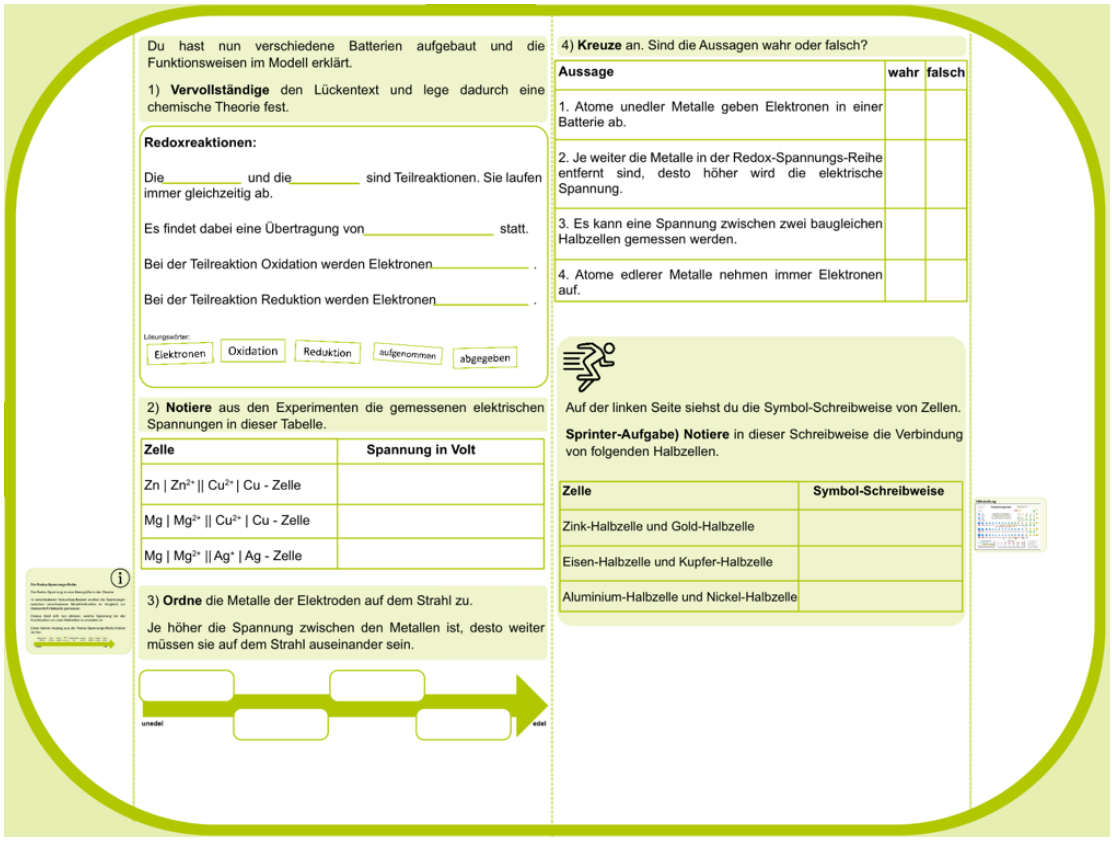


Abbildung 59 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0

Abbildung 59 stellt die Aufgabenstellungen des Knotenpunktes dar. Die Lernenden sollen durch eine vorhandene sprachliche Strukturierung im Rahmen eines Lückentextes dazu aufgefordert werden, eine Gesetzmäßigkeit über Galvanische Zellen zu formulieren. Die Reduktion auf die fachlich-inhaltlichen Elemente ermöglicht einen bewussten Umgang über die Formulierungen und schafft einen Zugang für sprachschwache Schülerinnen und Schüler.

Zudem sollen sie analog zur Aufgabenstellung des vorherigen dritten Bausteins der Vorstellungs-Ebene Aussagen auf ihre fachliche Korrektheit bewerten. Dies fordert die Lernenden erneut dazu auf, die fachlichen Inhalte zu erfassen und zu reflektieren.

Im weiteren Verlauf sollen insbesondere weiterführende Aufgabenstellungen für vorwissensreiche Schülerinnen und Schüler angeboten werden, so dass ein weiterer Anreiz zur Thematik angeboten wird. So werden die gemessenen Spannungen der durchgeführten Experimente aufgegriffen und die Lernenden dazu angeleitet, die Spannungsreihe der Metalle aufzustellen.

Zudem wird die symbolische Schreibweise für Galvanische Zellen dargestellt. Als Sprinter-Aufgabe können die Lernenden diese symbolischen Schreibweisen weiterer Galvanischer Zellen üben.

In der Auswertung der Erprobung wird festgestellt, dass kein Teilnehmender den Knotenpunkt bearbeitet. Dies wird in der Sichtung des Videomaterials durch ‚zeitliche Gründe' ausgewertet. Die Erprobungszeit ist durch externe Gründe begrenzt und diese Zeit ist vor der Bearbeitung dieses Knotenpunktes erreicht worden.

Daher können keine Auswertungen zu diesem Knotenpunkt beschrieben werden. Dieser Knotenpunkt bleibt unverändert in der Lernumgebung bestehen.

3.5.10. Weiterführende Auswertungen zur Erprobung

Die Auswertung der Angaben der einzelnen Knotenbausteine ist oben zusammenfassend zur Weiterentwicklung der Lernumgebung dargestellt worden.

Im Folgenden sollen weitere Auswertungen getroffen werden, die keinem einzelnen Knotenpunkt zugeordnet werden können.

Es wird aus dem Videomaterial interpretiert, dass die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, Zusammenhänge zwischen den Knotenpunkten zu entdecken. Es wird vermutet, dass die Teilnehmenden jeden einzelnen Knotenpunkt als abschließend betrachten. Es sollte in einer Überarbeitung der Lernumgebung eine Verbindung zwischen den Ebenen gezogen werden.

Die Auswertung zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler die einzelnen schriftlichen Antworten durch Textfelder geben. Die Arbeitsweise beim Tippen wird überwiegend als ungeübt beschrieben. Die Teilnehmenden scheinen in manchen Situationen Probleme beim Schreiben mittels der Tablet-Tastatur zu haben. Dies wird dadurch verstärkt, dass sich die freie Fläche, in der die Lernumgebung weiter zu sehen ist, durch die Einblendung der Tastatur stark reduziert (vgl. Abbildung 60).

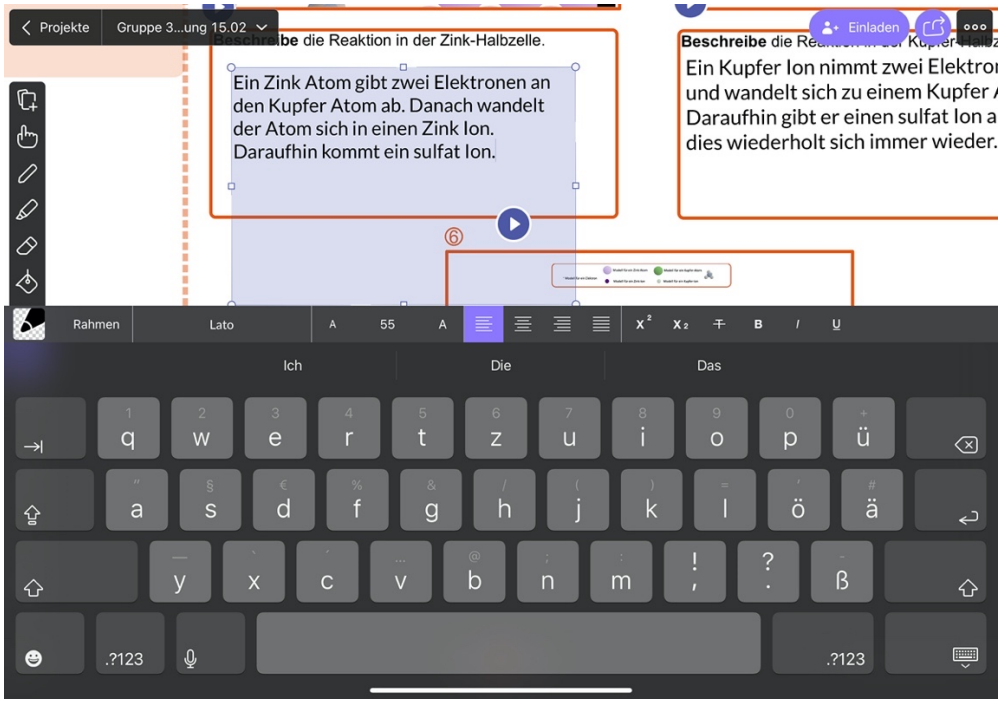


Abbildung 60 Screenshot Partnergruppe 3, Bearbeitung Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Aufgabe: Beschreibe die Reaktion in der Zink-Halbzelle

Jeder Partnergruppe steht ein Tablet zur Verfügung. Es wird beobachtet, dass sich bei fortlaufender Zeit die Schülerinnen und Schüler, die das Tablet zum Zeitpunkt nicht bedienen, nicht auf die Lernaufgaben fokussieren. Es wird beobachtet, dass sie im Raum umherlaufen und das Gespräch mit anderen Schülerinnen und Schülern suchen, die nicht am Tablet arbeiten.

Es wird weiter beobachtet, dass die Lernumgebung sehr zuverlässig in der App ‚Explain Everything' genutzt werden kann.

Aus diesen Erkenntnissen wird für den weiteren Projektverlauf ein Gerätewechsel durchgeführt. In den weiteren Erprobungen wird ein Apple iPad Air 3 gemeinsam mit dem Apple Pencil 1 genutzt. Dadurch können die Teilnehmenden die Aufgabenstellungen mit Schreibauftrag handschriftlich bearbeiten. Dies ermöglicht zudem eine höhere Annährung zur analogen Aufgabenbearbeitung und erleichtert dadurch den Schülerinnen und Schülern die Bearbeitung, wenn sie noch keine Erfahrungen in der schulischen Arbeit mit Tablets haben.

Zudem wird für den weiteren Projektverlauf jedem Teilnehmenden ein Tablet zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt. So soll erreicht werden, dass kein Motivationsverlust durch leere Arbeitsphasen bei Teilnehmenden ohne ein Tablet entstehen würde.

3.5.10.1. Knotenpunkt - Sicherungsknoten

In der Auswertung der Erprobung wird interpretiert, dass die Schülerinnen und Schüler die Knotenpunkte in sich abschließend betrachten und keinen Zusammenhang zwischen diesen herstellen können. Daraus leitet sich ab, dass der Zusammenhang für die Lernenden deutlich gemacht werden muss.

Dies ist grafisch schwierig darstellbar, da zum einen keine Vermischung der Ebenen als Basis dieses Projektes gefordert wird und zum anderen durch die verschiedenen Differenzierungsebenen eine andere räumliche Anordnung die visuelle Struktur beeinträchtigen würde.

Im Rahmen der Projektentwicklung ist ein Sicherungsknoten erarbeitet worden, welcher zentral in der Mitte der Version 2.0 der Lernumgebung positioniert wird (vgl. Abbildung 61).

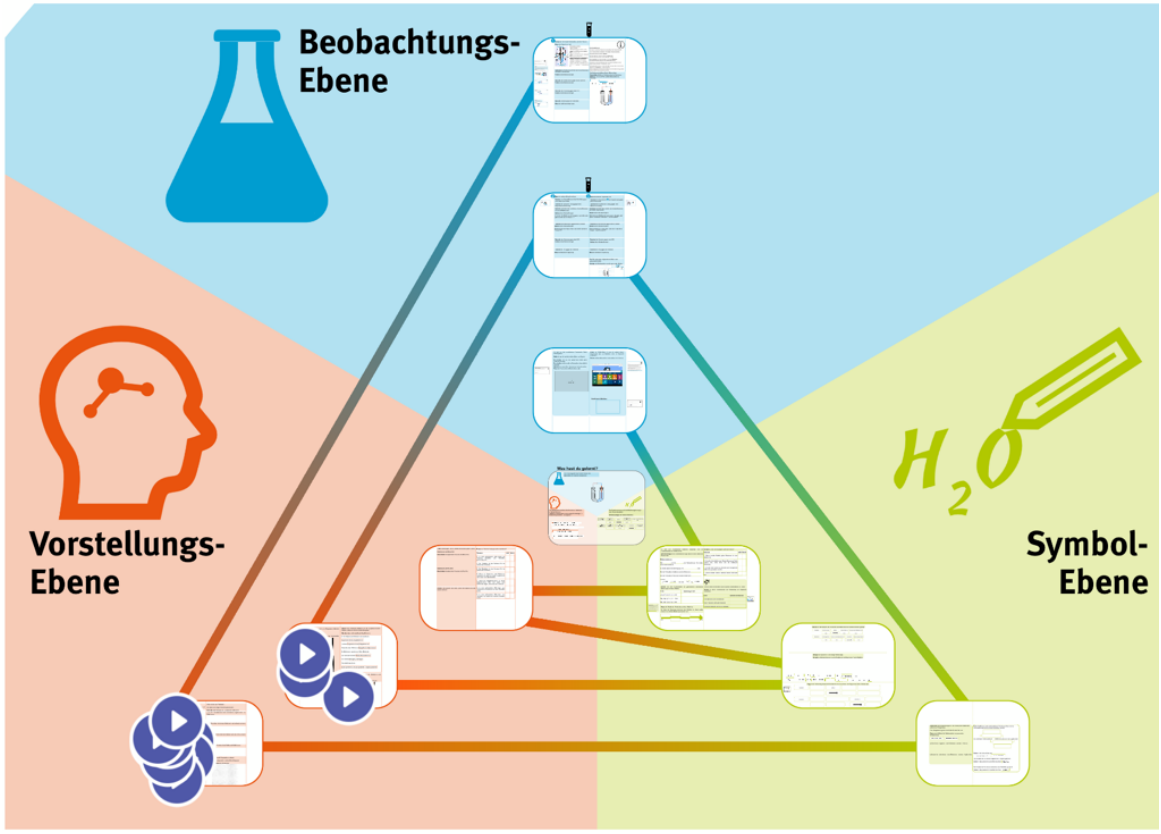


Abbildung 61 Lernumgebung chem:LEVEL, Version 2.0

Der Sicherungsknoten wird von den Lernenden zum Abschluss der Lernumgebung und nach Aufforderung bearbeitet. Es werden im Sicherungsknoten die Ziele des ersten Anforderungsbereiches der drei Ebenen durch Aufgabenstellungen aufgegriffen. Ziel des Sicherungsknotens soll die Verdeutlichung der Zusammenhänge aller Ebenen des Johnstone-Dreiecks sein (vgl. Abbildung 62). Durch eine erhöhte Transparenz im Sicherungsknoten werden die Farben der Ebenen in den einzelnen Aufgabenbereichen sichtbar. Die

Lernenden sollen dadurch eine weitere Orientierung zu den Ebenen haben und es sollen nochmals die verschiedenen Ebenen-spezifischen Erklärungsfunktionen verdeutlicht werden.

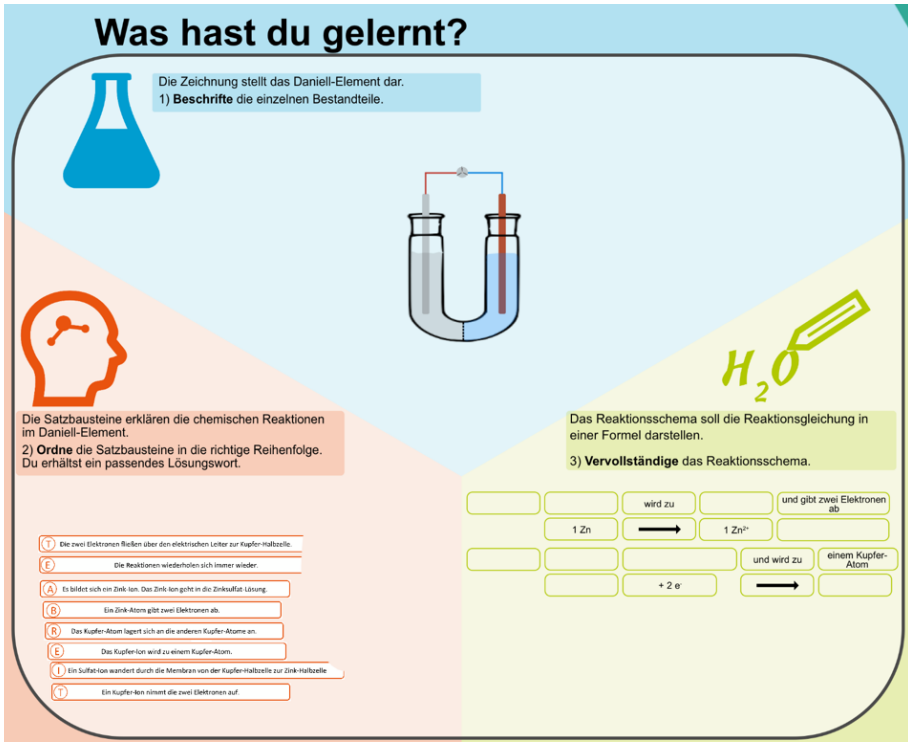


Abbildung 62 Sicherungsknoten, Version 2.0

Die Lernenden sollen im Feld der Beobachtungs-Ebene, durch die Beschriftung einer Skizze, erneut den Aufbau des Daniell-Elements beschreiben. Es stehen in diesem Feld keine Wortbausteine zur Verfügung.

Im Feld der Vorstellungs-Ebene sollen die Lernenden bewegliche Textbausteine in eine Reihenfolge bringen. Die Textbausteine beschreiben in der richtigen Reihenfolge die Reaktionsprozesse im Daniell-Element. Wenn die Bausteine in die richtige Reihenfolge gebracht werden, können die Teilnehmenden ein Lösungswort erfassen, welches sich durch Buchstaben am Anfang der Textbausteine ergibt.

Im Bereich der Symbol-Ebene sollen die Lernenden die Reaktionsgleichung zum Daniell-Element mithilfe eines Lückenfeldes erstellen. Das Lückenfeld gleicht der bekannten Struktur.

Die Schülerinnen und Schüler sind bei der Bearbeitung – wie auch bei jedem anderen Knotenpunkt – dazu in der Lage, die Ergebnisse ihres Lernmaterials zu begutachten und als Hilfestellungen zu nutzen.

Die dargestellten Veränderungen der Lernumgebung werden weiter durch die literaturbasierten Gestaltungskriterien, wie sie im theoretischen Teil dieser Arbeit beschrieben sind, begründet. Die Auswirkungen der Veränderung sind durch weitere Erprobungen zu begutachten.

3.6. Mesozyklus 4

Der vierte Mesozyklus konnte nicht planmäßig durchgeführt werden. In der Projektplanung wurde im dritten Mesozyklus eine weitere Erprobung der Lernumgebung geplant und durchgeführt. Innerhalb dieser Durchführung sollten die Änderungen auf ihre Intentionen getestet und gegebenenfalls weiterer Verbesserungsbedarf ermittelt werden. Diese Erprobung hat im Rahmen eines Besuchs eines Grundkurses der 9. Klasse einer Gesamtschule im Wintersemester 2019/2020 stattgefunden. Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollte der vierte Mesozyklus vorbereitet und geplant werden, um Antworten auf die intendierten Forschungsfragen zu finden. Der Beginn der Corona-Pandemie im Frühjahr 2020 und die damit verbundene Schließung der Schulen sowie der Wechsel in ein online-Lernsetting-Format der Universität, machten eine weitere Durchführung unmöglich. Da das Promotionsprojekt äußere zeitliche Grenzen hat, werden nun die Daten der letzten Erprobung zur Beantwortung der Forschungsfragen genutzt. Es fehlen leider geplante Sprachstanderhebungen und weiterführende Interviews mit den Schülerinnen und Schülern, welche im Rahmen des vierten Mesozyklus beabsichtigt waren. Aus den erhobenen Daten können dennoch aufschlussreiche Aussagen zu den Lernprozessen gewonnen werden, so dass im Rahmen der Projektarbeit beschlossen wird, die letzte Erprobung zur Analyse in Bezug auf die Forschungsfragen zu nutzen.

Im Folgenden werden die intendierten Forschungsfragen vorgestellt. Es wird im Sinne der Gütekriterien eine transparente Darstellung der durchgeführten Arbeitsschritte in der Durchführung, Auswertung, Darstellung der Ergebnisse und Analyse gegeben.

3.7. Forschungsfragen

Im Fokus des Promotionsprojektes steht die Entwicklung einer digitalen Lernumgebung, welche besonderen Wert auf die transparente Darstellung der Ebenen nach Johnstone legt. Dies wird insbesondere durch die Förderung der Fachsprache und durch literaturbasierte Kriterien für die Gestaltung von Lernmaterialien umgesetzt. Die Umsetzung der Kriterien legt immer einen besonderen Fokus auf die fachsprachliche Differenzierung der Ebenen.

Durch diesen Erarbeitungsrahmen, als auch die Erkenntnisse aus den durchgeführten Erhebungen im Rahmen des ersten und zweiten Mesozyklus‘ sowie aus der Erprobung im dritten Mesozyklus, ergeben sich die folgenden Forschungsfragen. Die Reihenfolge stellt keine Priorisierung der Fragestellungen dar. Die formulierten Forschungsfragen werden durch Subfragen konkretisiert und durch deren gesamte Betrachtung abschließend beantwortet.

1. Inwiefern werden die inhaltlichen/fachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
   1.1. Inwiefern werden die Aufgaben der Lernumgebung fachlich richtig bearbeitet?
   1.2. Inwiefern lässt sich ein fachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?
2. In welcher Weise werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
   2.1. Inwieweit werden die Aufgabenstellungen von den Schülerinnen und Schülern fachsprachlich richtig bearbeitet?
   2.2. Inwiefern lässt sich ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?
   2.3. Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich korrekte Formulierungen?
3. In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt?
   3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte?
   3.2 Welche Zeit verwenden die Schülerinnen und Schüler auf die optionalen Elemente (Hilfebausteine, Animationen, Informationstexte, Textbausteine)?
   3.3 In welcher Weise werden Ergebnisse innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet?
   3.4 Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabestellungen eigenständig bearbeiten?

3.8. Eingesetzte Instrumente zur Datenerfassung

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie die Daten für die Auswertung erhoben wurden. Es wird in diesem Zusammenhang zwischen Erprobungsdaten und Daten der Schülerinnen und Schüler unterschieden.

3.8.1. Datenerfassung während der Erarbeitung der Lernaufgaben

Die Daten der Erprobung sollen die Möglichkeit bieten, Antworten zu den formulierten Forschungsfragen zu finden. Durch den Einsatz von Videokameras ist es möglich, den Fokus gezielt auf zu beachtende Bereiche zu lenken.

Es sollen dabei die Interaktionen der Schülerinnen und Schüler innerhalb der Partnergruppe, als auch der Partnergruppen untereinander, die Interaktion der Teilnehmenden mit dem Tablet und der Lernumgebung, als auch die Interaktion der Lernenden mit weiteren Einflüssen auf ihre Arbeitsweise, z.B. die Durchführung von Experimenten oder auch die beeinflussenden Handlungen von außen auf ihr Arbeitsverhalten, erfasst werden.

Durch eine hohe Variabilität des möglichen Aufenthaltsortes der Teilnehmenden an ihrem Arbeitsplatz, ist die Positionierung einer statischen Kamera sehr schwierig. Es müssten verschiedene Kameras auf mögliche Arbeitsflächen ausgerichtet sein, so dass die Arbeitsschritte vollständig erfasst werden können. Dennoch bliebe auch in dieser Vorgehensweise ein Risiko, dass Arbeitsschritte möglicherweise doch nicht vollständig erfasst werden könnten. Zudem können dadurch mögliche Interaktionen zwischen einzelnen Partnergruppen nicht aufgezeichnet werden. Auch die Interaktion der Schülerinnen und Schüler mit dem Lernmaterial würde eine weitere Kameraperspektive benötigen.

Das Projekt choice2interact (Dellbrügge; 2020) nutzt in der Datenerhebung GoPro-Stirnkameras. Dellbrügge (2020) begründet den Einsatz durch die hohe Variabilität der Kameras und der Aufzeichnungsmöglichkeiten aus der Ich-Perspektive. So können die oben zu beobachtenden Interaktionen durch eine Kameraaufnahme erfasst werden.

Dellbrügge (2020) beschreibt, dass durch die Aufnahme mit einer Stirnkamera zum einen die Interaktion der Schülerinnen und Schüler untereinander aufgenommen werden kann, zum anderen ist es möglich dem variablen Arbeitsort individuell zu folgen und dennoch den Handlungsbereich der Schülerinnen und Schüler zu erfassen. Ein großer Vorteil bietet insbesondere die Beobachtung der Interaktion mit dem Lernmaterial, da die Kamera die Handlungsschritte direkt aufzeichnet. Eine reine Aufzeichnung des Tablet-Bildschirms könnte nicht die Gestik, beispielsweise das Zeigen auf einen Inhalt in der Lernumgebung aufzeichnen.



Abbildung 63 Darstellung der Videoaufzeichnungen im Projekt chem:LEVEL

Durch Erfahrungen im Projekt choice2interact (Dellbrügge, 2020) wird ebenfalls die „GoPro Hero 1“ zur Aufnahme verwendet (vgl. Abbildung 63). Die Kameras können durch ein geringes Gewicht und durch einen Stirngurt verhältnismäßig bequem und über einen längeren Zeitraum getragen werden. Durch die Anbringung einer zusätzlichen Akku-Powerbank wird die angegebene Akkulaufzeit von 90 Minuten auf über fünf Stunden verlängert und somit der erwartete Arbeitszeitraum vollständig abgedeckt. Dellbrügge (2020) nutzt eine Aufnahme von 1080 p mit 30 Bildern pro Sekunde. Durch die positiven Erfahrungen im Projekt choice2interact wird diese Möglichkeit im vorliegenden Projekt zur Datenaufnahme übernommen.

Zur zusätzlichen Absicherung eines Ausfalls von Aufnahmegeräten werden fünf Kameras des Typs Panasonic-HC-V777 am Ende einer Tischreihe aufgestellt. So wird eine Totalaufnahme über zwei Gruppen ermöglicht, welche bei möglichen Störungen in der Datenaufnahme Hilfestellungen bieten kann.

Da die Erprobung zunächst für eine wiederholte Weiterentwicklung genutzt werden sollte, sind nicht alle Schülerinnen und Schüler mit einer Stirnkamera ausgestattet worden. Durch die einleitend beschriebenen Gründe wird aufgrund der Corona-Pandemie bereits dieses Erprobungsexperiment zur Beantwortung der Forschungsfragen genutzt. Es wäre für eine weitere Durchführung die Nutzung von Stirnkameras bei allen Schülerinnen und Schülern vorgesehen.

3.8.2. Erfassung von Daten der Schülerinnen und Schüler

Im Rahmen des Erprobungsexperimentes sind verschiedene Daten der Schülerinnen und Schüler erfasst worden. Diese beziehen sich insbesondere auf die Antworten im Pre- und Post-Test, als auch auf einen Follow-Up-Test, acht Wochen nach der Durchführung. Zudem werden auch die Angaben innerhalb der Lernumgebung erfasst.

3.8.3. Aufbau Pre-Post-Test

Im Rahmen der Erprobung wurde den Teilnehmenden durch ein Pre-Post-Design ein Fragebogen mit offenen Fragen gestellt. Der Fragebogen soll einen qualitativen Hinweis über die Vorstellungen der Teilnehmenden zu Inhalten der Lernumgebung geben. Dazu sollen besonders die Vorstellungen über Inhalte der ersten Differenzierungsstufe erfasst werden. Es ist davon auszugehen, dass die Knotenpunkte der ersten Differenzierungsstufe durch alle Teilnehmenden bearbeitet werden, so dass durch die Fragestellungen ein möglicher Entwicklungsprozess angedeutet werden soll.

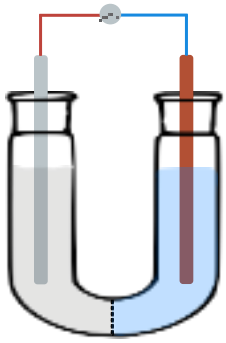
Tabelle 9 stellt die Aufgabenstellungen des Pre- und Post-Tests dar. Die Teilnehmenden sollen zunächst in einer Metaebene beantworten, ob sie die Ebenen der Chemie nach Johnstone kennen.

Im Folgenden werden der Aufbau des Daniell-Elements auf makroskopischer Ebene betrachtet. Für die Erfassung der submikroskopischen Vorstellungen sollen die Teilnehmenden die Ionenbildungsreaktion vom Zink-Atom zum Zink-Ion, bzw. die Atombildungsreaktion vom Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom, beschreiben.

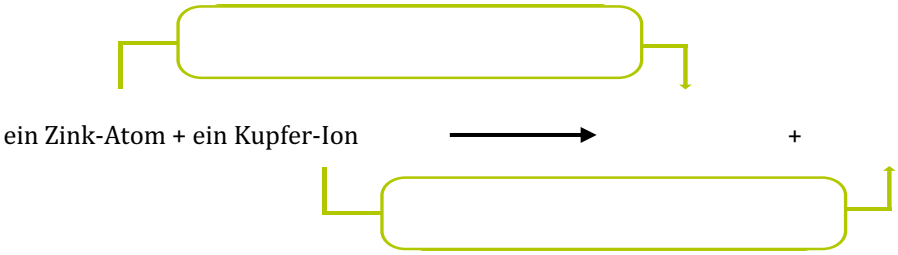
Die Vorstellung über Reaktionsgleichungen wird zunächst in einer Wortreaktionsgleichung angeboten. In dieser sollen die Schülerinnen und Schüler vorgefertigte Wortbausteine zuordnen und die Wortreaktionsgleichung ergänzen. Des Weiteren wird die Oxidationsreaktion eines Zink-Atoms in der Reaktionsformel dargestellt. Die Teilnehmenden werden aufgefordert, die Bedeutung der Reaktionsformel zu erklären.

Es soll darüber hinaus erfahren werden, ob die Schülerinnen und Schüler dazu in der Lage sind, die gewonnenen Erkenntnisse auf einen bekannten chemischen Vorgang zu übertragen. Dies wird in der submikroskopischen Betrachtung der Hydratisierung eines Natriumchlorid-Ionengitters durch Wassermoleküle als Aufgabenstellung formuliert.

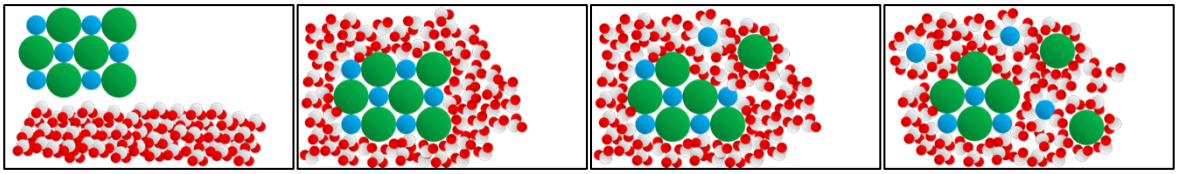
1. **Nenne** die drei Ebenen der Chemie.
2. Die Zeichnung stellt das Daniell-Element dar. Das Daniell-Element ist eine Zink-Kupfer-Batterie.
   Beschrifte die Zeichnung mit den passenden Fachwörtern.



3. **Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.
4. **Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.
5. a) **Vervollständige** die Reaktionsgleichung.
   b) Ordne dem passenden Kästchen zu:
   - Elektronen werden aufgenommen
   - Elektronen werden abgegeben



6. Du siehst auf den vier Bildern Modelle für den Lösevorgang von Natriumchlorid auf der Vorstellungsebene.
   Beschreibe den Lösevorgang in eigenen Worten.



7. Was bedeutet diese Reaktionsgleichung?

$$1\ Zn \rightarrow 1\ Zn^{2+} + 2\ e^-$$

Tabelle 9 Aufgabenstellungen Pre-Post-Design

Der Post-Test wird um Aussagesätze ergänzt, diese sollen den Ebenen durch die Teilnehmenden zugeordnet werden.

Zudem sollen die Schülerinnen und Schüler im Post-Test die Ebenen mit eigenen Worten aus einer Metaperspektive beschreiben. Da die Teilnehmenden während der Durchführung keine initiierten Informationen von außen erhalten, soll dies einen Aufschluss über das Erfassungsvermögen über die Ebenen geben.

3.9. MAXQDA

Ein großer Anteil der erhobenen Daten besteht aus Videomaterial. Zur Auswertung durch die Anwendung eines Kategoriensystems wurde die Software MAXQDA 20 genutzt.

Die Software ermöglicht die Analyse der erhobenen Daten durch die Einarbeitung eines Kategoriensystems. Es können zudem die eingebrachten Daten – ob Video, Bild oder Textdateien – aufbereitet werden. (VERBI Software – Consult -Sozialforschung GmbH, 2020)

Die verschiedenen Anwendungstools unterstützen die Auswertung durch die Optionen des Herausfilterns einzelner Codes als auch der Überschneidung von angegebenen Kategorien. Die Häufigkeit der Kategorienzuordnungen lässt sich in verschiedenen Arten visualisieren und bietet daher eine breite Grundlage der Analyse.

Der Export der codierten Daten ermöglicht den Vergleich innerhalb der Teamarbeit und lässt die Intercoder-Übereinstimmung berechnen. Zugleich ermöglicht es die Entscheidungsfindung bei nicht übereinstimmenden Intercoder-Entscheidungen. (Rädicker & Kuckartz, 2019)

Die Beschreibung und Anwendung des Kategoriensystems wird in den einzelnen Forschungsfragen dargestellt. Die codierten Daten können digital zu einer möglichen Nachvollziehbarkeit zur Verfügung gestellt und eingesehen werden. Dies kann mithilfe des MAXQDA Readers ohne eine nötige Lizenz geschehen.

Die durchgeführten Anwendungsschritte und die Benennung der Vorgänge sind dem MAXQDA 2020 Manual (2020) entnommen.

3.9.1. Erstellung des Kategoriensystems

Die erhobenen Daten sind in ihrer Gesamtheit sehr komplex und beinhalten in einzelnen Sequenzen die Erkenntnisse, welche zur Beantwortung der gestellten Forschungsfragen benötigt werden.

Es muss somit ein Analyseprozess zu den erhobenen Daten stattfinden. In diesem Analyseprozess können ausgewählte Sequenzen zu einer Kategorie bzw. einem Code[1] zusammengefasst oder vordefinierte Codes einem Datenausschnitt zugeordnet werden. Ziel ist die Zusammenfassung, Ordnung und Strukturierung der erhobenen Daten. (Rädicker & Kuckartz, 2019)

Die Einordnung von Daten in Kategorien wird in vielen qualitativen Studien zur Aufarbeitung genutzt. Es kann dabei in die induktive und deduktive Kategorienbildung unterschieden werden.

[1] Die Begriffe Kategorie und Code werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

Die induktive Kategorienbildung orientiert sich am vorhandenen Datenmaterial. „Die Kategorien [werden] direkt am Material gebildet“ (Rädicker & Kuckartz, 2019, S.98). In der Sichtung der Daten bilden informationsgleiche Datensequenzen eine Kategorie. Alle Datensequenzen, welche sich nicht einem bestehenden Code zuordnen lassen, bilden eine neue Kategorie. Bei dieser Vorgehensweise wird empfohlen, einen wiederholenden Prozess in der Auswertung durchzuführen, so dass ein strukturiertes Kategoriensystem entsteht. (Rädicker & Kuckartz, 2019)

Die deduktive Kategorienbildung, welche auch konzeptgesteuerte Kategorienbildung genannt wird, definiert vor der Betrachtung der erhobenen Daten ein Codesystem. Diese Codes richten sich an den gewünschten Auswertefokus. So wird ein Code in der Sichtung des Datenmaterials einer Sequenz zugeordnet. (Rädicker & Kuckartz, 2019)

Im vorliegenden Projekt wird sowohl die induktive Kategorienbildung als auch die Zuordnung der empirischen Daten in ein deduktives Kategoriensystem umgesetzt.

Das deduktive Kategoriensystem richtet sich insbesondere nach den gestellten Forschungsfragen. Die Kategorien zu den einzelnen Forschungsfragen werden in der Darstellung der Ergebnisse jeweils erläutert. Die Kategorien sind vereinzelt induktiv erweitert worden, falls das bestehende deduktive Kategoriensystem nicht ausschöpfend war oder bei der Sichtung des Datenmaterials eine weitere Differenzierung zur Klassifizierung der Daten nötig ist. Schreier (2014) beschreibt dies als Einbezug eines latenten Äußerungsgehalts zur Ermöglichung einer tiefergehenden Analyse. Die Erweiterung des Kategoriensystems wird in der Betrachtung der einzelnen Forschungsfragen kenntlich gemacht.

Kuckartz und Rädicker (2019) setzen einen Kodierleitfaden als Grundlage zur Einordnung von Daten in ein bestehendes Kategoriensystem. Dieser Kodierleitfaden dient zum einen der Dokumentation des Analysegerüstes für den wissenschaftlichen Diskurs und zum anderen den unterschiedlichen Codierenden als Definitionsgrundlage für die Einordnung von bzw. zu Datensequenzen. Kuckartz und Rädicker (2019) benennen Elemente zur Definition eines Codes (vgl. Tabelle 10). Sie postulieren, dass je konsequenter diese Elemente genutzt, je besser die Definitionen und klarer die Beispiele sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit eine vollkommene Intercoder-Übereinstimmung zu erzielen.

Name der Kategorie:	Möglichst prägnante Bezeichnung
Inhaltliche Beschreibung:	Beschreibung der Kategorie, u.U. mit theoretischer Anbindung
Anwendung der Kategorie:	„Kategorie xy“ wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden ...
Beispiele für Anwendungen:	Zitate mit Quellenangaben (Dokument, Absatz)
Weitere Anwendungen (optional):	Die Kategorie wird auch codiert, wenn ... Zitate mit Quellenangaben (Dokument, Absatz)
Abgrenzung zu anderen Kategorien (optional)	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn ... ... sondern in diesem Fall wird die Kategorie z verwendet Zitate mit Quellenangabe (Dokument, Absatz)

Tabelle 10 Allgemeines Schema für Kategoriendefinitionen (Kuckartz & Rädiker, 2019, S. 101)

Die einzelnen Definitionen des Kategoriensystems werden in den Darstellungen der Auswertungen und Ergebnisse zu den jeweiligen Forschungsfragen vorgelegt.

3.9.2. Anwendung des Kategoriensystems

Die Analyse des Datenmaterials wurde in diesem Projekt durch vier Personen getrennt voneinander durchgeführt. Es führten jeweils zwei Personen die Sichtung des Datenmaterials in Bezug auf eine Kategorie durch. Wenn eine Unstimmigkeit in der Zuordnung einer Kategorie zu einer Datensequenz entstand, wurde entweder die Betrachtung einer dritten Person zu der Datensequenz hinzugezogen oder eine Teamsitzung aller Codierenden durchgeführt und anhand dessen eine konsensuelle Entscheidung erwirkt.

In der Durchführung des Codierens ist eine Intercoder-Übereinstimmung von 95 % angestrebt worden. Die Intercoder-Übereinstimmung ist dabei ein Wert, der die relative Übereinstimmung in der Zuordnung eines Codes zu einer Datensequenz zwischen zwei Codierenden misst. Eine 100%-ige Übereinstimmung gibt folglich an, dass die Codierenden vollumfänglich die gleiche Datensequenz für die Zuordnung eines Codes ausgewählt haben. Eine 50%-ige Übereinstimmung würde angeben, dass sich die codierten Daten zu 50 % überschneiden.

Die gewünschte Intercoder-Übereinstimmung wird zu einem großen Teil nach dem oben beschriebenen Schema erreicht und gibt dadurch ein Indiz für die Zuverlässigkeit der beschriebenen Codes.

Im Falle einer Abweichung von der gewünschten Intercoder-Übereinstimmung werden die einzelnen kategorisierten Sequenzen in einer Teamsitzung gesichtet und eine

konsensuelle Entscheidung getroffen. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass insbesondere in der Kategorisierung von kurzen Datensequenzen die Intercoder-Übereinstimmung verzerrte, da unterschiedliche Start- und Endpunkte der Datensequenz bestimmt wurden, jedoch die gleiche Sinneinheit des Inhalts der Datensequenz beabsichtigt wird. Auch diese Abweichungen wurden in Teamsitzungen gesichtet und bewertet. Wenn die Sequenzierung des Datenmaterials der Codierenden durch eine Teamentscheidung geändert wurde, so ist dies im Datenmaterial begründet kenntlich gemacht. Alle Änderungen von Sequenzen können dem Anhang entnommen werden.

Als allgemeine Kodierregel wird festgehalten, dass der Schüler bzw. die Schülerin mit der Stirnkamera als Schüler*in 1 der Partnergruppe definiert wird und die andere Person als Schüler*in 2. Sollte innerhalb der Partnergruppe die Kamera getauscht worden sein, so wird dies im Datenmaterial gekennzeichnet, jedoch blieb die Zuordnung von Schüler*in 1 und Schüler*in 2 zu den Personen bestehen. Die Bezeichnung Schüler*in soll in der Auswertung das Geschlecht der teilnehmenden Person anonymisieren.

3.10. Sachausgangslage und organisatorische Durchführung der Erhebung

Die Erhebung wurde im Versuchslabor des Institutes für Didaktik der Chemie im Oktober 2019 durchgeführt.

An der Durchführung nahmen 24 Schülerinnen und Schüler eines 9er Grundkurses einer Gesamtschule teil, welche eine Schule des Schulstandorttypes 5 des Landes Nordrhein-Westfalen ist.

Die Lernausgangslage der Teilnehmenden wurde durch eine Befragung der unterrichteten Lehrkraft erhoben.

Das allgemeine Leistungsniveau der 13 Mädchen und elf Jungen im Fach Chemie wird durch die unterrichtende Lehrkraft als mittel- bis unterdurchschnittlich bewertet. Die Lerngruppe ist jedoch motiviert und das Arbeitsverhalten ist als sehr bereitwillig einzuordnen. Ein Großteil der Schülerinnen und Schüler benötigt aufgrund ihrer mangelhaften Sprachkenntnisse zusätzliche Hilfestellungen in einzelnen Unterrichtssequenzen.

Inhaltlich kennen die Schülerinnen und Schüler durch den Chemieunterricht die Unterscheidung von Atomen und Ionen, ihnen sind zudem das Dalton- und das Atomschalenmodell bekannt. Die Schülerinnen und Schüler sind allerdings nach Angaben der unterrichtenden Lehrkraft nicht dazu in der Lage, eigene Modelle zu erstellen. Auch die Analyse von Modellen, im Sinne eines Beschreibungs- und Erklärprozesses, wird von ihr als mittel- bis unterdurchschnittlich bewertet. Die Schülerinnen und Schüler können bis auf vereinzelte Ausnahmen eine Reaktionsgleichung nicht selbstständig formulieren.

Die Teilnehmenden trafen morgens im Institut für Didaktik der Chemie ein. Sie wurden nach der Durchführung des Pre-Testes im Seminarraum in die Bedienung und das Handling der App *Explain Everything* eingewiesen. Im Rahmen der etwa viertelstündigen Einführung zur Applikation wurden die Grundfunktionen der App erklärt. Die Schülerinnen und Schüler probierten innerhalb der Einführung die Bedienung anhand einfacher, nicht-inhaltlich und nicht-fachlich gebundener Aufgaben aus.

Die Teilnehmenden erhielten anschließend einen kurzen inhaltlichen Vortrag zu den Ebenen – welcher an die Erläuterungen aus den ersten beiden Mesozyklen angeglichen ist – sowie eine strukturelle Beschreibung der Lernumgebung.

Im Anschluss führten die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellungen der Lernumgebung des chem:LEVEL Projektes durch. Sie teilten sich dazu eigenständig in Partnergruppen ein. Allen Teilnehmenden wurde ein iPad Air 3 mit der Lernumgebung zur Verfügung gestellt. Sie hatten die Möglichkeit über einen Apple Pencil 1 ihre Angaben handschriftlich in die App einzutragen. Die Partnergruppen wurden von 1 bis 12 durchnummeriert.

Die Erprobungszeit betrug vier Stunden. Sie wurde durch zwei viertelstündige Pausen und eine einstündige Pause unterbrochen. Die Erprobungszeit wurde zudem durch äußerliche Faktoren der Lerngruppe begrenzt.

Nach den Labortätigkeiten wurde eine kurze organisatorische Pause durchgeführt, in der die Teilnehmenden die Tablets und die persönliche Schutzausstattung zurückgaben. Anschließend führten die Schülerinnen und Schüler den Post-Test durch.

Zur Durchführung wird angemerkt, dass die Jugendlichen die Lernaufgaben augenscheinlich engagiert und motiviert bearbeitet haben. Es wurden keine Zwischenfälle zwischen den Gruppen oder äußere Störungen der Erprobung aufgezeichnet. Die begleitenden Lehrkräfte beschrieben das Arbeitsverhalten als typisch und angemessen, es treten jedoch weniger Störungen als im gewöhnlichen Chemieunterricht auf.

Es wird betont, dass die Teilnehmenden während der Bearbeitungszeit keine inhaltlichen und sprachlichen Unterstützungen von außen initiativ erhalten haben. Inhaltliche Rückfragen werden durch die wissenschaftlichen Begleitpersonen immer auf das Material zurückverwiesen. Es werden Hilfestellungen bei technischen Problemen gegeben. Die Lernenden erhalten während der Erprobungsphase keine inhaltliche Rückmeldung zu Angaben und Arbeitsprozessen.

4. Auswertung der Forschungsfragen

Im Folgenden werden die Forschungsfragen nacheinander aufgegriffen und die Auswertung zu den Forschungsfragen dargestellt. Dazu werden zu den einzelnen Fragestellungen die Auswertungs- und Analyseschritte detailliert beschrieben.

4.1. Forschungsfrage 1: Inwiefern werden die fachlich-inhaltlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?

In dem folgenden Kapitel wird die Datenauswertung und -analyse zur ersten Forschungsfrage vorgestellt. Dazu werden die Auswertungsgrundlagen, wie Auswertebögen und Codierleitfäden transparent beschrieben und die daraus resultierenden Ergebnisse verschieden aufbereitet dargestellt. Die Beantwortung der Fragestellung soll durch die Auswertung und Diskussion zweier Subfragen erreicht werden:

1.1 Inwiefern werden die Aufgaben der Lernumgebung fachlich-inhaltlich richtig bearbeitet?

1.2 Inwiefern lässt sich ein fachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?

Die Subfragen werden zunächst einzeln ausgewertet und analysiert. Im Anschluss folgt eine zusammenfassende Auswertung und Diskussion zur Beantwortung der Forschungsfrage.

4.1.1. Subfrage 1.1: Inwiefern werden die Aufgaben der Lernumgebung fachlich-inhaltlich richtig bearbeitet?

Den Teilnehmenden sind im Rahmen der Erprobung insgesamt 55 Lernaufgaben gestellt worden. Durch die Beantwortung der gegebenen Lernaufgaben legen sich die Schülerinnen und Schüler auf eine Position fest. Die verbale Diskussion zur Antwortfindung ist für die Teilnehmenden abgeschlossen und sie stellen ihre Positionierung zur formulierten Aufgabenstellung dar. Durch die transparente Trennung der Ebenen nach Johnstone wird eine differenzierte, fachsprachliche Kommunikation im Bereich der Ebenen durch die

Lernumgebung beabsichtigt. In der Beantwortung der Subfrage soll dargestellt werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellungen fachlich richtig beantwortet haben. Es wird in diesem Projekt angenommen, dass eine fachlich richtige Antwort zwei allgemeine Grundlagen erfüllen muss.

(1) Die Antwort muss fachsprachlich-korrekt formuliert sein. Dies bedeutet insbesondere die fachsprachlichen Anforderungen der jeweiligen Ebene nach Johnstone zu berücksichtigen.
(2) Die Antwort beinhaltet fachlich-inhaltlich korrekte Angaben, welche dem fachlichen Wissen entsprechen.

Es wird zudem angenommen, dass eine Antwort fachsprachlich-korrekt formuliert sein kann, sie jedoch fachlich-inhaltlich falsch ist. Dies wird durch das folgende Beispiel verdeutlicht.

Aufgabenstellung	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. **Schreibe** jede Aussage um, so dass sie richtig sind.
vorgegebene, fehlerhafte Aussage in der Aufgabenstellung	Ein Kupfer-Atom nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Kupfer-Ion.
Erwartete Antwort	Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom.
Antwort Schüler*in 1.1	„Ein Kupfer Ion nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Kupfer Atom“

*Tabelle 11 Antwort Schüler*in 1.1 zur Aufgabenstellung 2c) des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene*

Schüler*in 1.1 formuliert in dieser Antwort fachsprachlich-korrekt. Es werden die Ebenenspezifischen Formulierungen der submikroskopischen Ebene genutzt. Der fachliche Inhalt der Antwort ist jedoch falsch. In der Auswertung dieser Subfrage wird diese Antwort als falsch codiert.

Um die fachliche Korrektheit der Angaben der Teilnehmenden zu überprüfen wird im Folgenden ein Erwartungshorizont an die Lernaufgaben vorgestellt und eine Kodierung der verschriftlichten Antworten anhand des Rasters durchgeführt.

Zur Auswertung der verschriftlichen Antworten der Schülerinnen und Schüler ist ein Konkretisierungsraster (vgl. Kapitel 1.4.3) für jede Aufgabenstellung der Lernumgebung konzipiert worden. Tabelle 12 zeigt beispielhaft das erarbeitete Konkretisierungsraster für die Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene.

Aufgabenstellung		Beschreibe die Reaktion in der Zink-Halbzelle
Sprachhandlung		beschreiben
Ausformulierter Erwartungshorizont		Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab. Das Zink-Atom wird zu einem Zink-Ion. (möglicher Zusatz: Die Elektronen fließen zur Kupfer-Halbzelle /alternativ: Die Elektronen wandern/fließen/gehen weg).
Sprachliche Mittel	Wortebene	-s Zink-Atom, -s Zink-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, zu etw. werden
	Satz- und Textebene	gibt ... ab (Verbklammer durch Partikelverb) fließen/wandern/gehen zu (Präpositionalverb) Zink-Atom ... Zink-Ion (Differenzierung der lexikalischen Morpheme)

Tabelle 12 Konkretisierungsraster zur Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene

Für jede Aufgabenstellung wurde ein Konkretisierungsraster nach dem dargestellten Schema erstellt, diese können der Anlage II entnommen werden.

Die Konkretisierungsraster sind zum einen innerhalb der Erstellungsphase der Lernumgebung zur Analyse der sprachlichen Hürden verwendet worden. Zum anderen wurden diese genutzt, um für die Lernenden die sprachlichen Hürden zu reduzieren oder um inhaltliche und sprachliche Hilfsmittel zu entwickeln, welche die Lernenden in der Formulierung ihrer Antworten unterstützen sollen. Nach der Analyse sind die Konkretisierungsraster an die überarbeiteten Aufgabenstellungen angepasst worden. Sie dienen im Rahmen der Auswertung der Subfrage als Erwartungshorizont der formulierten Antworten.

Die Aufgabenstellungen der Lernumgebung sind sehr geschlossen formuliert und fordern bis auf wenige Ausnahmen kurze, schriftliche, aber fachsprachlich-korrekte Antworten der Teilnehmenden. Ausnahmen bilden die Aufgaben 1 a), b) und die Sprinteraufgabe der dritten Differenzierungsstufe der Vorstellungs-Ebene sowie die Aufgabe 2 der dritten Differenzierungsstufe der Beobachtungs-Ebene.

Es wird in der Auswertung dieser Fragestellung nur betrachtet, ob die Lernenden die Aufgabenstellung vollständig korrekt oder falsch beantwortet haben. Wenn eine Aufgabenstellung nicht vollständig bearbeitet wird, so wird die unvollständige Aussage nach den Kategorien ‚richtig' und ‚falsch' kategorisiert und dies zusätzlich durch die Angabe ‚unvollständig' kenntlich gemacht.

In einem weiteren Schritt werden die falschen Aussagen qualitativ ausgewertet und induktiv kategorisiert, um mögliche Aussagen über die Lernumgebung ableiten zu können.

Die Sichtung des Datenmaterials zeigte auf, dass es facettenreiche, sprachliche Abweichungen zu den formulierten Erwartungshorizonten gibt. Diese wurden in einem ersten Schritt markiert und dann in einer Teamsitzung einzeln besprochen. Die Abweichungen vom Erwartungshorizont wurden innerhalb der Teamsitzung in Bezug auf ihre fachsprachliche Korrektheit beurteilt und wurden anhand dieser Beurteilung als fachsprachlich-korrekt anerkannt oder abgelehnt. Die Abweichungen vom Erwartungshorizont werden insbesondere in der Variation von Verben zugelassen. Abweichungen von lexikalischen Morphemen

oder in der Semantik zur Differenzierung der Ebenen nach Johnstone sind ausschließlich als fachsprachlich falsch klassifiziert worden. Eine Abweichung von grammatikalischen und orthografischen Regeln sind als richtige Antwort bewertet worden, sofern sich durch den Fehler keine bedeutungsverändernde Aussage ergibt. Ein Beispiel für eine bedeutungsverändernde Aussage wird anhand des Datenmaterials in Tabelle 13 dargestellt. Durch diesen orthografischen Fehler wird zwischen den Begriffen ‚Elektronen' und ‚Elektroden' ein semantischer Unterschied erzeugt. Der eine Begriff wird für ein Elementarteilchen verwendet, das zur Erklärung der Reaktionsprozesse benötigt wird und der andere beschreibt in der Lernumgebung die Metallstäbe, welche als Elektronenleiter an der Grenze zur Elektrolyt-Lösung dienen.

Aufgabenstellung	1) Du hast die Zink-Halbzelle durch eine Magnesium-Halbzelle ersetzt. **Schaue** dir die Anmation **an**. **Erkläre** die dargestellten Reaktionen mithilfe des Lückentextes.
Erwartete Antwort	Ein Magnesium-Atom wird zu einem Magnesium-Ion und gibt zwei Elektronen ab. Die Elektronen werden zur Kupfer-Halbzelle geleitet.
Antwort Schüler*in 3.1	„Ein Magnesium Atom wird zu einem Magnesium Ion und gibt zwei **elektroden** ab. Die Elektronen werden ab gegeben."

*Tabelle 13 Antwort Schüler*in 3.1 zur Aufgabenstellung 1a), Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Alle erhobenen Daten sind durch zwei Codierende getrennt voneinander nach den vorgegebenen Erwartungshorizonten in den Kategorien ‚richtig' und ‚falsch' eingeordnet worden. Sollten die Codierenden zu unterschiedlichen Codierungen gekommen sein, so wurde die schriftliche Antwort innerhalb einer Teamsitzung diskutiert und durch zwei weitere Codierende bewertet. Im Rahmen dieser Sitzung ist eine konsensuelle Beurteilung der Antwort in Bezug auf ihre fachlich-inhaltliche Korrektheit getroffen worden.

Es wird nun im Folgenden jeder Knotenpunkt einzeln ausgewertet und eine Fehleranalyse durchgeführt, die einer Weiterentwicklung des Lernmaterials dienen können.

Abschließend werden zusammenfassend die Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene betrachtet, welche die Beschreibung und Erklärung chemischer Reaktionsprozesse beinhalten. Die Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene stellen einen Schwerpunkt der Betrachtung im weiteren Verlauf dieser Arbeit dar.

Im Rahmen der Auswertung dieser Aufgabenstellungen werden die Angaben der Schülerinnen und Schüler nach folgenden Kategorien deduktiv codiert.

(1) Die Angaben entsprechen den Anforderungen des Erwartungshorizontes und sind somit fachsprachlich und fachinhaltlich korrekt.
(2) Die Angaben lassen fachlich anerkannte Vorstellungen erkennen. Die Teilnehmenden verwenden einzelne Fachbegriffe falsch, wodurch die Aufgabenstellung als falsch bewertet wird. Numerische Abweichungen werden als die falsche Verwendung eines Fachbegriffs verwendet.

(3) Die Angaben lassen fachlich anerkannte Vorstellungen erkennen. Die Teilnehmenden vermischen Ebenen-spezifische Formulierungen.
(4) Die Angaben lassen keine fachlich anerkannten Vorstellungen erkennen.
(5) Es ist keine Angabe vorhanden.

Die Kategorien stellen insbesondere eine Verbindung zwischen den erkennbaren Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler und der verwendeten Sprache heraus.

4.1.1.1. Darstellung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse differenziert nach den Ebenen und Differenzierungsstufen dargestellt. Zur besseren Übersicht werden die Daten zudem tabellarisch aufbereitet.

Innerhalb der tabellarischen Darstellung werden die Daten zur vereinfachten Übersicht farblich markiert. Die Kategorisierung soll Tabelle 14 entnommen werden. Die Angabe ‚richtig' oder ‚r' innerhalb der Tabelle ist als Hinweis auf eine fachlich-korrekte Antwort der Teilnehmenden zu verstehen. Die Angabe ‚falsch' oder ‚f' ist als fachlich-falsche Klassifizierung der gegebenen Antwort der Lernenden zu lesen. Bei einer unvollständigen Bearbeitung wird der Zusatz ‚unvollständig' oder ‚u' der Kategorie angehangen. In der Aufbereitung des Datenmaterials zeigt sich, dass einzelne Daten fehlen. Dies ist zum einen durch vereinzelte, technische Probleme während der Erprobung zu erklären, zum anderen sind die Aufgabenstellungen teilweise durch die Schülerinnen und Schüler nicht bearbeitet worden. Wenn das Datenmaterial nicht vorliegt, so wird dies in der Auswertungstabelle durch ein leeres Feld gekennzeichnet.

Farbliche Codierung der Antworten der Schüler*innen	
fachinhaltlich-korrekte Antwort	fachinhaltlich-falsche Antwort
Farbliche Codierung in der Betrachtung der schriftlichen Antworten einer Partnergruppe	

*Tabelle 14 Farbliche Codierung der Antworten der Schüler*innen; differenziert nach fachlicher Korrektheit*

Die Daten werden in der Reihenfolge des in der Lernumgebung vorgeschlagenen Lernpfades dargestellt.

Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die erste Aufgabenstellung den Nachbau eines Experimentaufbaus und keine schriftliche Leistung erfordert, somit wird diese Aufgabenstellung in dieser Subfrage nicht berücksichtigt. Ferner geben die Teilnehmenden in den Aufgaben 2 bis 5 ihre Beobachtungen zu den durchgeführten Experimentaufgaben an. Die Aufgabenstellungen können in dieser Darstellung nicht mit richtig oder falsch klassifiziert werden. Es kann nur überprüft werden, ob die formulierten Beobachtungen der Teilnehmenden mit den Erwartungen übereinstimmen. Dies ist bei einer nicht korrekten Durchführung der einzelnen Experimentteilschritte nicht zu erwarten oder wenn den Lernenden die

Vorgehensweise unklar ist. Diese Betrachtung findet in Forschungsfrage 3 Berücksichtigung und soll daher in dieser Subfrage nicht behandelt werden. Somit können nur die fachsprachlichen Aussagen berücksichtigt werden. Die Auswertung und Analyse der fachsprachlichen Äußerungen wird in Forschungsfrage 2 betrachtet.

Es verbleibt somit Aufgabenstellung 6 als Sicherungsknoten, in der die Schülerinnen und Schüler einer modellhaften Darstellung eines Daniell-Elements Wortbausteine zur Beschreibung zuordnen sollen.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A 6	r	r	r	f	r	r	r	r u	r	r	r	r	f	r	f	f		r	r	r	f	f	r	r

Tabelle 15 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Teilnehmenden zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Tabelle 15 zeigt, dass insgesamt 23 Angaben der Schülerinnen und Schüler klassifiziert werden können. 17 Antworten werden als fachlich-korrekt codiert. Darin ist eine unvollständige Antwort enthalten. Wird der Teil der gegebenen Antwort betrachtet, so wird dieses als fachlich-korrekt bewertet. Es lässt sich ableiten, dass ein überwiegender Anteil der Teilnehmenden dazu in der Lage ist, die Bestandteile eines Daniell-Elements im Modell benennen zu können. Dies gibt einen Hinweis auf die Abstraktionskompetenzen der Teilnehmenden von der gegenständlichen zur bildlichen Repräsentation

Insgesamt sechs Angaben werden als fachlich-falsch codiert. Werden die Fehler der Teilnehmenden betrachtet, so können zwei verschiedene Kategorien ableitet werden.

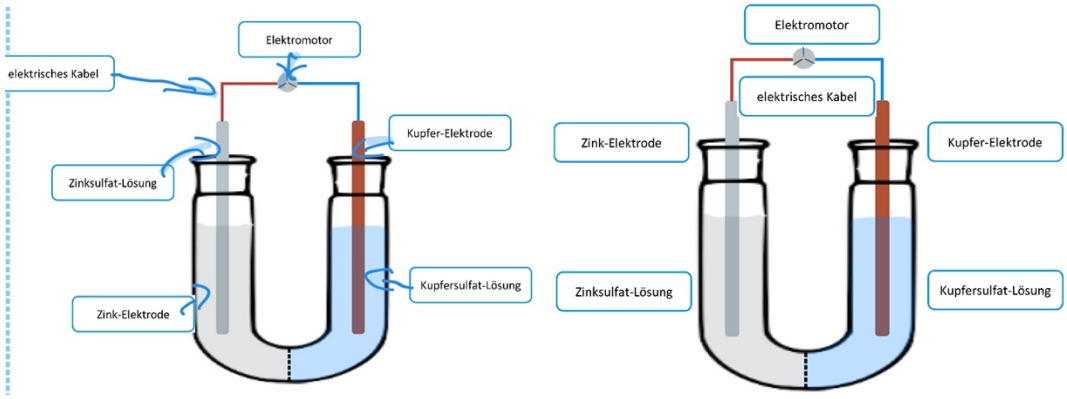


*Abbildung 64 Antwort Schüler*in 2.2 (links) und Schüler*in 11.2 (rechts) zur Aufgabenstellung 6, Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Bei Schüler*in 2.2 ist eine fachlich falsche Angabe in der Bezeichnung der Zink-Elektrode zu erkennen. Es wird an dieser Stelle vermutet, dass ein fachlich-falsches Konzept bei Schüler*in 2.2 für die Begriffe ‚-Lösung' und ‚-Elektrode' vorliegt oder keine semantischen Assoziationen zum Begriff ‚Daniell-Element' in der Aufgabenstellung erreicht werden, da auch der Begriff ‚Kupfersulfat-Lösung' zusätzlich auf die benannte Kupfer-Elektrode zeigt.

Bei Schüler*in 11.2 zeigt sich eine ungenaue Zuordnung der Begriffe. Durch die naheliegende Zuordnung zu den skizzierten Modelldarstellungen des Daniell-Elements lässt sich erahnen, dass eine richtige Angabe beabsichtigt wird, jedoch kann dies nicht eindeutig bestätigt werden.

Für eine Weiterentwicklung der Lernumgebung kann innerhalb dieser Aufgabenstellung abgeleitet werden, dass vorgefertigte Pfeile an den Bestandteilen der Modellzeichnung die eindeutige Zuordnung unterstützen.

Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

In Tabelle 16 wird die Auswertung des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene dargestellt. Es werden insgesamt 264 schriftliche Angaben bewertet. Insgesamt 147 Angaben werden als fachlich-korrekt codiert. Dies entspricht einem relativen Anteil von 55,7 %.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1a1	f	f	f	f	r	r	f	f	f	r	r	r	f	f	r	r	r	r		r	f	r	r	r
A1a2	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	f	f	f	f	r	r	r	r		r	r	r	r	r
A1b	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f		f	r	r	f	f
A1c	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	f	f	f	f	r	r	r	r		r	f	f	f	f
A1d	f	f	f	f	f	f	f	f	r	r	r	f u	r u	r u	r u	r u	r	r		r	r	r	r u	r u
A1e	r	f	f	f	r	r	f	f	r	r	r	r	f	f	r u	r u	r	r			r	r	f	r
A1f	r	r	f	f	r	f	f	f	r	r	f	f	f	f	f	r	r u	r u			r	r	f	f
A2a	f	f	f	f	r	r	f	f	r	r	f	f	r	r	f	f	r	r		r u	r	r		
A2b	f	r	f	f	r	r			r	r	f	r	r	r	r	f	r	r		f	r	r	r	r
A2c	r	r	f	f	r	r			f	f	f	f	f	f	f	f	f	f		f	f	f	r	r
A2d	r	r	r	r	r				r	r	r	r u	f	f	f	r	r	r		f	r	r	r	r
A3	r	r	r	r	r u		r	r	r	r	r	r	r	r	r	r		r		r	r	r	r	r

*Tabelle 16 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Es zeigt sich, dass die dritte Aufgabenstellung vollständig korrekt beantwortet wird. In der Aufgabenstellung werden die Teilnehmenden aufgefordert in einem Suchsel Fachbegriffe des Knotenpunktes zu finden. Aufgabenstellung 3 beinhaltet Fachbegriffe wie KUPFERATOM, ZINKATOM, KUPFERION und ZINKION. Die richtige Beantwortung der Aufgabenstellung bedeutet, dass diese Wortkompositionen durch die Schülerinnen und Schüler erkannt werden. In der Sichtung des Videomaterials wird gehäuft festgestellt, dass zunächst

nur die makroskopischen Begriffe ‚Zink' und ‚Kupfer' entdeckt werden und bei einem wiederholten Finden des Begriffs die Unterscheidung zu ‚Zink-Atom' und ‚Zink-Ion' bzw. ‚Kupfer-Atom' und ‚Kupfer-Ion' auffällt. Dies lässt sich dadurch begründen, dass vermutlich die Begriffe Zink und Kupfer im aktiven Wortschatz der Teilnehmenden einen höheren Rang besitzen. Da die Teilnehmenden jedoch im weiteren Verlauf in der Lage sind auch die Komposita zu erkennen, wird angenommen, dass die Zielsetzung der Aufgabe ‚das intentionale Lernen der Fachbegriffe' erreicht wird.

Werden die codierten Fehler betrachtet, so lassen sich verschiedene Kategorien erkennen. Diese sollen im Folgenden exemplarisch dargestellt und analysiert werden.

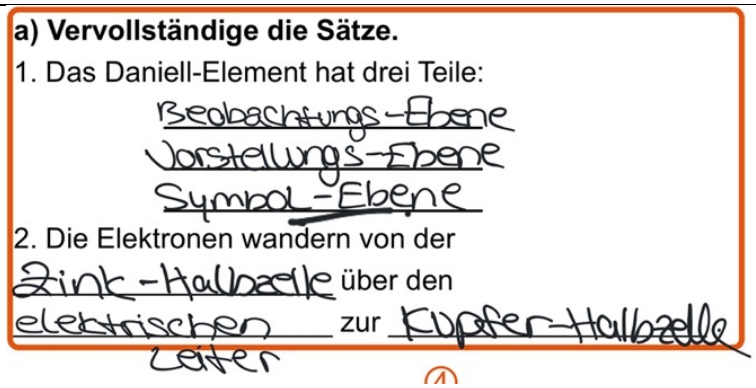

a) Vervollständige die Sätze.
1. Das Daniell-Element hat drei Teile:
Beobachtungs-Ebene
Vorstellungs-Ebene
Symbol-Ebene
2. Die Elektronen wandern von der
Zink-Halbzelle über den
elektrischen Leiter zur Kupfer-Halbzelle

*Abbildung 65 Antwort Schüler*in 2.2 zur Aufgabenstellung 1a1, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 2.2 beantwortet in der schriftlichen Angabe des ersten Teils der Aufgabe 1a die Bestandteile des Daniell-Elements falsch. Es ist durch die Benennung der Bestandteile mit den Begriffen der Beobachtungs-, Vorstellungs- und Symbol-Ebene eine Vermischung zum strukturellen Aufbau der Lernumgebung vorhanden. Diese Vermischung ist bei drei weiteren Teilnehmenden zu beobachten. Es wird vermutet, dass kein fachliches Konzept für den Begriff ‚Daniell-Element' bei den Teilnehmenden aus dem vorherigen Knotenpunkt übernommen wurde. Diese Vermutung wird bereits bei Schüler*in 2.2 in der Beantwortung des Sicherungsbausteins im ersten Knotenpunkt der Beobachtungs-Ebene erahnt. Für diese Aufgabenstellung kann als mögliche Erweiterung eine Ergänzung der Animation abgeleitet werden. Es wird vorgeschlagen in der Animation vor der Kennzeichnung der Bestandteile des Daniell-Elements eine Einblendung des Begriffs: Modell für die Reaktionen im Daniell-Element in der Vorstellungs-Ebene zu ergänzen.

In der Auswertung ist auffällig, dass die Aufgabenstellung 1b von 21 Teilnehmenden falsch beantwortet wird. In der Aufgabenstellung sollen die Teilchen benannt werden, welche in einer Zink-Halbzelle vorhanden sind. Werden die Antworten betrachtet, so ist bei acht Teilnehmenden zu erkennen, dass die Elektronen als Bestandteile der Zink-Halbzelle aufgeführt werden. Die Wiederholung dieses Fehlers zeigt sich bei den acht Teilnehmenden auch in Aufgabe 1c. Es wird daraus abgeleitet, dass den Teilnehmenden eine Unterscheidung zwischen Struktur- und Elementarteilchen fehlt. Diese kann als Hilfestellung ergänzt oder in einer Differenzierung in den Legenden der Animationen kenntlich gemacht

werden. Zudem kann vermutet werden, dass durch die Formulierung der Aufgabenstellung „Beschreibe aus welchen Teilchen ...“ auch die Elementarteilchen ‚Elektronen‘ von den Schülerinnen und Schülern verstanden werden. Es wird angenommen, dass eine Zusatzinformation zu fachlichen Konzepten von Elementarteilchen und Strukturteilchen in den Hilfestellungen bei einer Entwicklung der Lernumgebung hilfreich sein wird.

Bei allen 21 Teilnehmenden ist in den Antworten zu erkennen, dass auch die ‚Kupfer-Atome‘ als Teilchen in der Zink-Halbzelle benannt werden. Die Modelle für Kupfer-Atome sollen in der Animation als Modell für den elektrischen Leiter stehen. Dies wird als falsch codiert und erzeugt Schwierigkeiten, einen Handlungsbedarf abzuleiten. Die Teilnehmenden bekommen ausschließlich die Informationen der Animationen zur Verfügung gestellt. Eine schärfere Trennung der Darstellung im Modell ist nicht möglich. Es wird vorgeschlagen, in der Aufgabenstellung zu präzisieren, dass ausschließlich Teilchen gesucht werden, mit denen ein Prozess zu erkennen ist. Dies mag jedoch eine andere Fehlerquelle initiieren, indem dann Elektronen als Bestandteile mit aufgeführt werden.

Die weiteren Fehlercodes lassen entweder alternative Vorstellungen zu fachlichen Konzepten erkennen oder es sind fachliche Konzepte erkennbar, welche durch die Schülerinnen und Schüler jedoch sprachlich nicht angemessen ausgedrückt werden können. Diese sollen ebenfalls exemplarisch dargestellt werden.

Aufgabenstellung: Beschreibe die Reaktion in der Kupfer-Halbzelle
„Sie bestehen aus Elektroden und Elektrolyt-Lösung, zu sehen ist das sie zusammenhängen.“

*Tabelle 17 Antwort Schüler*in 4.2 zur Aufgabenstellung 1e, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Es lässt sich in den Formulierungen von Schüler*in 4.2 eine Beschreibung der Kupfer-Halbzelle auf makroskopischer Ebene erkennen. Es scheint, dass von Schüler*in 4.2 die Aufgabenstellung nicht intentional erfasst wird und dass durch den Begriff ‚Reaktion‘ ein Konzept auf makroskopischer Ebene assoziiert wird. Die Verwendung des Begriffs ‚Reaktion‘ - als Fachbegriff mit verschiedenen semantischen Anforderungen auf allen drei Ebenen nach Johnstone - verdeutlicht in dieser Situation, dass auch differenzierte Konzepte bei den Schülerinnen und Schülern für die Fachbegriffe vorhanden sein müssen. Dies bestätigt die transparente Trennung der Ebenen, fordert jedoch einen sehr konsequenten Umgang in den Lernprozessen.

Die Beschreibung der Reaktion ausschließlich mit Formulierungen auf makroskopischer Ebene ist auch bei drei anderen Teilnehmenden zu beobachten.

Es lässt sich allerdings erkennen, dass ein überwiegender Anteil der Teilnehmenden dazu in der Lage ist, die semantische Bedeutung des Begriffs Reaktion für die submikroskopische Ebene zu entschlüsseln. Es wird angenommen, dass die konsequente Darstellung auf einer Ebene dazu führt, dass die Teilnehmenden im Rahmen dieser Ebene argumentieren.

Weitere Schülerinnen und Schüler zeigen in ihren Angaben eine Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene.

Aufgabenstellung: **Beschreibe** die Reaktion in der Zink-Halbzelle
„Dadurch, dass Zink und Kupfer zusammen reagieren „gibt" Zink zwei Elektronen Kupfer, damit die äußerste Schale bei Kupfer und Zink gefüllt sind. Sulfat-Ionen gehen zu der Zink-Halbzelle."

*Tabelle 18 Antwort Schüler*in 1.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 1.2 beschreibt die Reaktion in der Zink-Halbzelle mithilfe der stofflichen Begriffe ‚Zink' und ‚Kupfer'. Es ist zu beobachten, dass die Sulfat-Ionen auf submikroskopischer-Ebene angegeben werden. Daraus lässt sich ableiten, dass entweder ein alternatives, fachliches Konzept für die Reaktionsprozesse zugrunde liegt oder Schüler*in 1.2 fachsprachlich nicht dazu in der Lage ist, ein fachlich-anerkanntes Konzept zu beschreiben. Beide Erklärungen unterstützen die Forderung nach einer konsequenten und differenzierten Trennung der Ebenen.

In der Sichtung des Materials ist bei acht Teilnehmenden auffällig, dass sie den Begriff ‚Modell' in ihren Beschreibungen nutzen.

Aufgabenstellung: **Beschreibe** die Reaktion in der Zink-Halbzelle
„Von dem Zink-Atom Modell trennen sich zwei Außenelektronen, diese verschwinden zwischen den amodellen der Zink-Atomen. Daraufhin kommt das AModell eines Sulfat-Ions hinzu."

*Tabelle 19 Antwort Schüler*in 12.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 12.2 nutzt in den Formulierungen der Reaktion in der Zink-Halbzelle den Zusatz des ‚Modells'. In den Animationen wird stringent die Bezeichnung ‚Modell von ...' für eine Darstellung verwendet. Dies wird nun in diesem Beispiel von Schüler*in 12.2 aufgegriffen und in den Beschreibungen genutzt. Es wird an dieser Stelle erkannt, dass ein alternatives Modellkonzept bei Schüler*in 12.2 vorliegt. Dies kann durch die Ausgangsbeschreibung der Lehrkraft begründet werden, dass die Schülerinnen und Schüler der Klasse mittel- bis unterdurchschnittliche Fähigkeiten besitzen Modelle zu analysieren.

Wird der Beschreibungsprozess von Schüler*in 12.2 betrachtet, so ist dieser fachsprachlich-korrekt zu klassifizieren, die Angaben werden auch als fachlich-inhaltlich korrekt bewertet. Durch dieses Beispiel und die Codierung in den weiteren Fällen zeigt sich jedoch, dass ein differenziertes Verständnis des Modellbegriffs fehlt.

Daraus lässt sich ableiten, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren, indem die angebotenen Fachbegriffe in den eigenen Formulierungen genutzt werden.

Die Darstellungen der Fehleranalyse innerhalb dieses Knotenpunktes unterstützt die Forderung nach einer konsequenten und transparenten Trennung in die Ebenen nach Johnstone, um alternative Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zu verändern und die

differenzierte Betrachtung von Fachbegriffen zu ermöglichen.

Gleichzeitig lässt sich durch die letzte beschriebene Beobachtung annehmen, dass das Lernmaterial die Teilnehmenden durch die Trennung in den Ebenen in der Formulierung von Antworten unterstützt. Die angebotenen Fachausdrücke werden in den schriftlichen Antworten genutzt. Das Lernmaterial scheint die Teilnehmenden zu animieren, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu wählen.

Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Im ersten Knotenpunkt der Symbol-Ebene werden insgesamt 118 Angaben klassifiziert. 76 Angaben werden als fachlich-korrekt codiert. Das entspricht einem Anteil von 64,4 %.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1a	r	r	r	r	r	r			r	r	r	f	f	f	f	f	f	f			r	r	r	r
A1b	r	r	f	f	r	r			r	r	r	f	f	f	r	r		f				r	r	r
A2	f	f	f	f	r	f			f	f	r	r	r	r	r	r		r	f		r	f	r	r
A3	r	r	r	r	r	r			r	r	r	r	f	f	r	r		r	f		r	r	r	r
A4	r	r	r	r	f	f			r	r	f	r	r	r	r	r		r	f		f	f	f	f
A5	r	r	r	r	f	f			r	r	f	r	r	r	r	r		r	f		f	f	f	f

Tabelle 20 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Teilnehmenden zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Werden die Fehler in den Angaben betrachtet, so lassen sich verschiedene Kategorien zwischen den Aufgabenstellungen entdecken.

In Aufgabenstellung 1 werden zwei Fehlerkategorien beobachtet.

Aufgabenstellung: **Formuliere** die Wortgleichungen für die chemischen Reaktionen mithilfe der Wortgeländer. (Zink-Atom – abgeben – zwei Elektronen – werden – Zink-Ion)
„1 Zn + 2 e^- → Zn^{2+}“

*Tabelle 21 Antwort Schüler*in 8.1 zur Aufgabenstellung 1a, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Die Angaben von Schüler*in 8.1 zeigen, dass die Aufgabenstellung nicht intentional erfasst wird. Schüler*in 8.1 antwortet bereits mit einem Konzept einer

Symbolreaktionsgleichung. Dies kann auf ein fehlendes Konzept für den Begriff Wortgleichung zurückzuführen sein. Es mag sein, dass die Methode des Wortgeländers unbekannt ist.

Die Angaben von Schüler*in 8.1 zeigen einen Unterstützungsbedarf in der Veränderung des Konzepts für Reaktionsgleichungen. Dies wird durch die weitere Bearbeitung im Rahmen der Symbol-Ebene angeboten. Somit wird auch aus dieser Beobachtung die Forderung nach einer konsequenten und transparenten Trennung der Ebenen bestärkt. Dadurch können zudem die individuellen und differenzierten Konzepte der Schülerinnen und Schüler unterstützt werden.

Als zweite Kategorie lässt sich bei zwei Teilnehmenden in Aufgabe 1 eine fehlende sprachliche Kompetenz erkennen. Es ist zudem zu beobachten, dass die beiden Teilnehmenden in einer Partnergruppe arbeiten.

Aufgabenstellung: Formuliere die Wortgleichungen für die chemischen Reaktionen mithilfe der Wortgeländer. (Kupfer-Ion – aufnehmen – zwei Elektronen – werden – Kupfer-Atom)
„Das Kupfer-Ion werden zwei Elektronen abgegeben und werden dem Kpfer-Atom gegeben.“

*Tabelle 22 Antwort Schüler*in 6.2 zur Aufgabenstellung 1b, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 6.2 erfüllt nicht die fachsprachlichen und fachlich-inhaltlichen Anforderungen der Aufgabenstellung. Es ist zu erkennen, dass ein alternatives Konzept vorliegt. Es werden nicht alle Wörter des Wortgeländers genutzt.

Es wird angenommen, dass Schüler*in 6.2 nicht dazu in der Lage ist, die Erkenntnisse aus der Vorstellungs-Ebene in die Symbol-Ebene zu übertragen. Schüler*in 6.2 formuliert für die Beschreibung der Reaktion in der Kupfer-Halbzelle eine fachlich korrekte Antwort.

Es wird daraus abgeleitet, dass den Schülerinnen und Schülern im Übergang zwischen den Ebenen weitere Unterstützung zur Verfügung gestellt werden sollte.

Die weiteren Aufgabenstellungen erfordern jeweils eine Zuordnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler. In jeder Aufgabe mussten zwei Begriffe entweder den Wortgleichungen oder Wortreaktionsgleichungen zugeordnet werden. Die Begriffe sind: ‚Reaktion am Plus-Pol‘, ‚Reaktion am Minus-Pol‘ ‚nimmt zwei Elektronen auf‘ ‚gibt zwei Elektronen ab‘ ‚Oxidation‘ und ‚Reduktion‘.

Eine Fehlercodierung zu diesen Aufgaben lässt folglich auf eine falsche Zuordnung der Begriffe schließen.

Die Begriffe, welche zugeordnet werden sollen, werden in den zwei vorherigen Knotenpunkten beschrieben und erklärt. Es wird aus der falschen Zuordnung abgeleitet, dass die Schülerinnen und Schüler die Übertragungsleistung von Informationen zwischen den Ebenen nicht erreichen. Es kann zudem nicht erkannt werden, wie viele Teilnehmende durch zufälliges Raten der korrekten Angaben, auch zu der Gruppe der Schülerinnen und Schüler gehören, welche die Informationen zwischen den Ebenen nicht übertragen.

Diese Annahme stellt eine Herausforderung in der konsequenten Differenzierung der Ebenen dar. Zum einen sollen die fachlichen Inhalte Ebenen-spezifisch betrachtet und nicht mit anderen Ebenen vermischt werden. Zum anderen müssen die Fähigkeiten einer anderen Ebene abgerufen werden, um diese fachlich-inhaltlich Anforderungen einer anderen Ebene erfüllen zu können.

Es wird daraus abgeleitet, dass die erste Differenzierungsstufe der Symbol-Ebene zusätzlich die Erklärungen der Begriffe beinhalten soll, um durch diesen Wiederholungsprozess die Übertragbarkeit von Informationen zwischen den Ebenen zu verbessen. Inwieweit dies förderlich ist, muss durch weitere Forschung analysiert werden.

Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die erste und sechste Aufgabenstellung ausschließlich den Nachbau eines Experimentaufbaus und keine schriftliche Leistung erfordert, somit wird diese Aufgabenstellung in dieser Subfrage nicht berücksichtigt. Ferner geben die Teilnehmenden in den Aufgaben 2 bis 5 und 7 bis 10 ihre Beobachtungen zu den durchgeführten Experimentaufgaben an. Die Aufgabenstellungen können in dieser Darstellung nicht mit richtig oder falsch klassifiziert werden. Es kann nur überprüft werden, ob die formulierten Beobachtungen der Teilnehmenden mit den Erwartungen übereinstimmen. Dies ist bei einer nicht korrekten Durchführung der einzelnen Experimentteilschritte zu erwarten oder wenn den Lernenden die Vorgehensweise unklar ist. Diese Betrachtung findet in Forschungsfrage 3 Berücksichtigung und soll daher in dieser Subfrage nicht behandelt werden.

Es verbleibt somit Aufgabenstellung 11 als Sicherungsknoten, in der die Schülerinnen und Schüler der modellhaften Darstellung einer allgemeinen Galvanischen Zelle Wortbausteine zur Beschreibung zuordnen sollen.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A 11	f	f	r	r	r	r	f	r	r	r	r u	f	f	f	r	r	f	f	f				f	f

*Tabelle 23 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Die Aufgabe wird von 21 Schülerinnen und Schüler beantwortet. 10 Teilnehmende beantworten Aufgabenstellung fachlich korrekt.

In der Sichtung der Fehler werden jeweils falsche Zuordnungen als Fehler codiert. Es ist jedoch kein Begriff in einer häufig falschen Zuordnung zu erkennen.

Auswertung der Forschungsfragen

Die allgemeinen Begriffe, welche in dieser Aufgabe zugeordnet werden sollen, werden im ersten Knotenpunkt der Beobachtungs-Ebene erklärt.

Es kann daher - wie auch in der Annahme der Symbol-Ebene beschrieben - abgeleitet werden, dass die betroffenen Schülerinnen und Schüler nicht dazu in der Lage sind, die Informationen aus einem anderen Knotenpunkt zu übertragen.

Es kann auch angenommen werden, dass die Teilnehmenden keine semantische Assoziation zwischen den einzelnen Fachbegriffen aufbauen können. Dies erfordert eine weitere, intentionale Verwendung der Fachbegriffe.

Aus beiden Annahmen folgt, dass die Informationen den Lernenden wiederholt angeboten werden sollten.

Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

Im zweiten Knotenpunkt werden insgesamt 52 Antworten abgegeben. 29 Angaben werden als fachlich richtig codiert. Das entspricht einem Anteil von 55,8 %.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1a	r u	r u	r u	r u	r	r u	f u	f u	r	r	f	f						r	r	f			r	r
A1b	r u	r u	f	f	r				f	f	f	f	r	r				f	f	f			f	f
A2	f	r u	r	r					r						f	f	r	r	f					
A3	f	r	r	r					r						f	f	r	r						

*Tabelle 24 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Werden die Fehler innerhalb des Knotenpunktes ausgewertet, so lassen sich verschiedene Kategorien ableiten. Diese werden im Folgenden exemplarisch dargestellt.

Aufgabenstellung: **Erkläre** die dargestellten Reaktionen mithilfe des Lückentextes.
Erklärung: Ein Magnesium Atom wird zu einem Magnesium Ion und gibt zwei Elektr-den ab. Die Elektronen werden ab gegeben

*Tabelle 25 Antwort Schüler*in 3.1 zur Aufgabenstellung 1b, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Es lässt sich erkennen, dass Schüler*in 3.1 das Wort „Elektrden“ nachträglich eingefügt hat. Es wird als Wort ‚Elektroden‘ gelesen und stellt daher einen fachsprachlichen und fachinhaltlichen Fehler dar. Es kann jedoch auch vermutet werden, dass durch die verengte Schreibweise eine Mischung aus ‚o‘ und ‚n‘ als ‚d‘ gelesen werden und Schüler*in 3.1 beabsichtigt hat das Wort ‚Elektronen‘ zu schreiben.

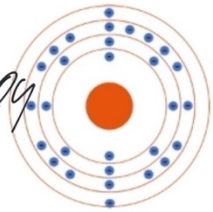
Sollte der Begriff ‚Elektroden‘ gemeint sein, so kann dies auf alternatives Konzept oder ein mangelndes sprachliches Vermögen von Schüler*in 3.1 hinweisen. Beide Erklärungen unterstützen die Forderung, welche auch bereits in vorherigen Knotenpunkten beschrieben wird, dass eine transparente Trennung der Ebenen die Vermischung von Fachbegriffen unterschiedlicher Ebenen vermeiden kann. Dies bedarf jedoch einer konsequenten Anwendung in der Unterrichtssprache und im Lernmaterial.

Es lassen sich zwei weitere Fehlerkategorien in den Angaben der Teilnehmenden innerhalb dieses Knotenpunktes entdecken. Die Angabe von Schüler*in 6.1 kann exemplarisch beide Fehlerkategorien darstellen.

Aufgabenstellung: **Erkläre** die dargestellten Reaktionen mithilfe des Lückentextes.

Erklärung:

Ein Elektron
und ein Kupfer-Ion
werden zu
einem Kupfer-Atom



Die Elektronen sind ja mehr zahl

*Tabelle 26 Antwort Schüler*in 6.1 zur Aufgabenstellung 1b, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

In der Angabe formuliert Schüler*in 6.1 die Erklärung für die Atombildungsreaktion vom Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom mithilfe einer Animation und eines Lückentextes. Das Schema des Lückentextes wird in einem Hilfebaustein des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene genutzt.

Schüler*in 6.1 gibt zum einen in der Erklärung eine falsche Anzahl von Elektronen an, so dass diese Aufgabe als fachlich-falsch bewertet wird. Es ist auch bei den anderen Teilnehmenden zu beobachten, dass dieser numerische Fehler gemacht wird, wenn zuerst das Wort Elektron eingesetzt wird. Durch die Einleitung mit dem Wort ‚Ein' kann der Gedanke an eine numerische Angabe für die Anzahl der Elektronen verworfen werden. Es wird daher empfohlen in einer Überarbeitung der Lernumgebung das Wort ‚Ein' zu streichen.

Der zweite Fehler zeigt sich in der falschen Ergänzung der letzten Lücke. Erwartet wird an dieser Stelle ‚Die Elektronen werden aufgenommen'. Das Schema des Lückentextes wird bereits in einem Hilfebaustein im ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene verwendet. Es können daraus zwei mögliche Annahmen abgeleitet werden. Zum einen könnte die Annahme vorheriger Knotenpunkte unterstützt werden, dass Schüler*in 6.1 nicht dazu in der Lage ist, die Informationen aus dem ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene zu übertragen. Zum anderen könnte vermutet werden, dass Schüler*in 6.1 die Information im ersten Knotenpunkt nicht gesehen hat.

Es wird daraus abgeleitet, dass die Informationen in den einzelnen Knotenpunkten wiederholt angeboten werden sollten, um die Anforderungen der Transferkompetenz von Informationen zu reduzieren.

Es wird zusätzlich in Bezug auf die Lerngruppe angenommen, dass ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler in diesem Knotenpunkt an Anforderungsgrenzen stößt. Sieben Schülerinnen und Schüler haben alle Aufgaben bearbeitet. 27 Aufgaben werden nicht bearbeitet.

Es ist allerdings auch zu betonen, dass ein überwiegender Anteil (54,7 %) der Angaben zu chemischen Reaktionen richtig ist. Es ist anzunehmen, dass die kleinschrittigen

Animationen und die verwendeten Satzmuster in der Lernumgebung die Erklärungsprozesse unterstützen. Dies zeigt sich insbesondere in den Audioaufnahmen der Teilnehmenden (Aufgabe 3). In dieser Aufgabenstellung sollen die Teilnehmenden die Reaktion in der Magnesium-Silber-Zelle mithilfe einer Animation erklären. Sie sollen ihre Erklärung durch eine Audioaufnahme aufzeichnen.

Aufgabenstellung: Unten ist eine Animation als Modell für die Reaktionen in der Magnesium-Silber-Batterie. **Nimm** eine Audio-Aufnahme auf. **Erkläre** in der Audio-Aufnahme die chemischen Reaktionen.

„Also (2) Das Magnesium-Atom gibt zwei Elektronen ab. Aus der Außenschale. Und dann wird dann wird das Magensium-Atom zu einem Magnesium-Ion. Die zwei Elektronen vom Magnesium-Atom gehen in die Silber-Atomen /nein/ Silber-Ionen. Aus den zwei Silber-Ionen werden dadurch zwei Silber-Atome." (Schüler*in 5.1)

„Ähm/Das Magenesium-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Magnesium-Ion. Die zwei Elektronen werden von zwei Silber-Ionen aufgenommen. Und diese werden dann zu einem Silber-Atom." (Schüler*in 2.1)

*Tabelle 27 Antworten Schüler*in 5.1 und Schüler*in 2.1 zu Aufgabe 3, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Es ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden die einzelnen Schritte der Animation als Sequenzen übernehmen und ihre Erklärung darauf aufbauen. Auch in der Sichtung des Videomaterials zur Erarbeitung dieser Aufgabenstellung wird in den beiden dargestellten Gruppen ersichtlich, dass sie Schrittweise die Animation analysieren. Es kann dadurch abgeleitet werden, dass durch die Modellanimationen, die ausschließlich auf der submikroskopischen Ebene dargestellt werden, die fachlich-korrekten Äußerungen gefördert werden.

Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

In der zweiten Differenzierungsstufe der Symbol-Ebene werden insgesamt 30 Angaben codiert. Darunter lassen sich fünf Angaben als fachlich korrekt bewerten.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1	r	r	f	f	f	f	f	r	f	f	f	f	f	f										
A2	f	f	f	f			f	r u			f	f	f	f	f	f	f	f	f	r				

*Tabelle 28 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Auswertung der Forschungsfragen

In den beiden Aufgabenstellungen lassen sich unterschiedliche Fehler identifizieren, welche in Kategorien eingeteilt und im Folgenden exemplarisch dargestellt werden.

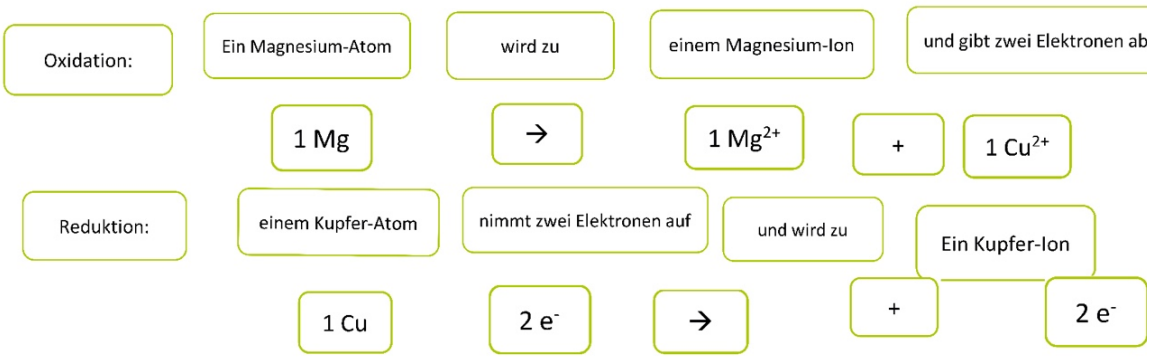


*Tabelle 29 Antwort Schüler*in 4.1 zur Aufgabenstellung 1, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

In Aufgabenstellung 1 sollen die Schülerinnen und Schüler verschiebbare Wortbausteine nach einem vorgefertigten Schema sortieren. Dies gelingt in den falschen Angaben der ersten Aufgabenstellung nur bedingt (vgl. Tabelle 29). Im dargestellten Beispiel gelingt Schüler*in 4.1 vollständig die Reaktionsgleichung für die Oxidationsreaktion in Wortgleichung als auch die Reaktionsgleichung mit Elementsymbolen. Es wird dadurch ein Lernprozess innerhalb der Lernumgebung festgestellt und vermutet, dass bei einer konsequenten Nutzung des angebotenen Schemas ein weiter differenziertes Konzeptverständnis für Reaktionsgleichungen entdeckt werden kann.

Bei vier Teilnehmenden wird festgestellt, dass sie versuchen, die Wortbausteine in ein Lückenschema von Aufgabe 2 einzusetzen. Es wird daraus interpretiert, dass die Intentionen der Aufgaben nicht erfasst werden.

Die Angaben von Schüler*in 10.1 zeigen einen weiteren Fehlercode.

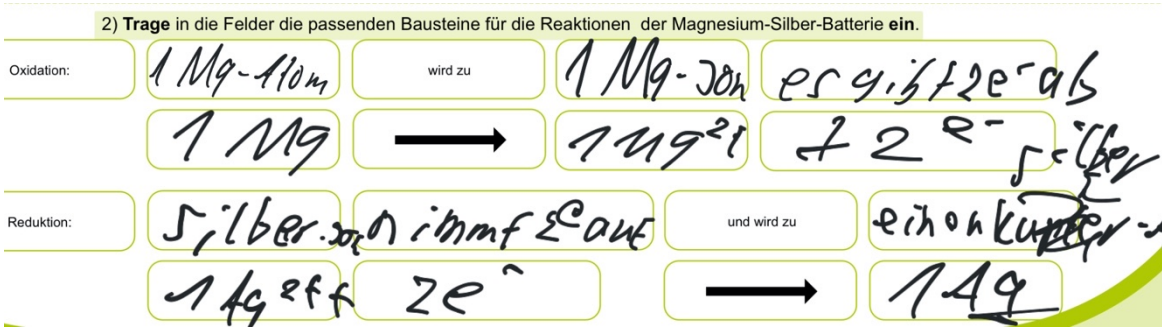


*Tabelle 30 Antwort Schüler*in 10.1 zur Aufgabenstellung 2, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 10.1 nutzt bereits in der Formulierung der Wortgleichung Elementsymbole. Dies wird im Rahmen des Projekts als fachsprachlich-falsch angesehen. Es zeigt sich, dass Schüler*in 10.1 ein fachliches Konzept zur Formulierung von Reaktionsgleichungen besitzt. Die Verwendung von Elementsymbolen kann zudem durch die große Handschrift der

Person begründet werden. Durch die Verwendung der Elementsymbole kann Schüler*in 10.1 Platz sparen.

Die Auswertung der Aufgabenstellung zeigt, dass die Anforderungen von einem überwiegenden Teil der Schülerinnen und Schüler nicht fachlich vollständig gelöst werden können. Es kann durch die Lernausgangslage begründet werden, dass die Schülerinnen und Schüler nicht dazu in der Lage sind, eigenständig Reaktionsgleichungen aufzustellen. Es lassen sich jedoch partiell fachliche Konzepte für ein Verständnis von Reaktionsgleichungen erkennen. Es lässt sich dadurch eine erfolgreiche Förderung durch das Lernmaterial andeuten, wenn die Lernausgangslage der Teilnehmenden berücksichtigt wird.

Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

Im dritten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene werden insgesamt 163 Angaben klassifiziert. 97 Antworten werden als fachlich-richtig kategorisiert. Das entspricht einem Anteil von 59,5 %.

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellung 2.1 bis 2.7 Beurteilungsaufgaben darstellen, in denen die Schülerinnen und Schüler ausschließlich in die Kategorien wahre oder falsche Aussagen einordnen sollen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass in der Beantwortung der Aufgabenstellungen geraten wird.

In der weiteren Auswertung dieses Knotenpunktes sollen folglich nur die Aufgaben 1a, 1b und die Sprinter-Aufgabe betrachtet werden. In diesen drei Aufgaben werden insgesamt 40 Angaben bewertet. 12 Angaben werden als fachlich-richtig codiert. Dies entspricht einem Anteil von 30 %.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1a			f	f		f u			f	f	r	r	f	f	r	r	f	f	f	f				
A1			f	f					r	r	r	r	f	f	r	r	f	f	f	f				
A2.		r	r	r	r	r			r	r	r	r	r	r	f	f	r	r	r	r				
A2.	r	r	f	f	f	f			r	r	r	r	f	f	r	r	r	r	r	r				
A2.	r	r	f	f	f	f			r	r	r	r	f	f	r	r	f	f	r	r				
A2.	r	r	r	f	f	f			r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	f	f				
A2.	r	r	f	f	f	f			r	r	r	r	f	f	r	r	r	r	f	f				
A2.		f	f	r	r	r			r	r	r	r	r	r	f	f	r	r	r	r				
A2.		r	f	r	f	f			r	r	r	r	r	r	r	r	r	r	f	f				
Sp			f								f	f	f	f	r	r	f	f	f	f				

*Tabelle 31 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

Werden die schriftlichen Angaben in den drei Aufgabenstellungen betrachtet, lässt sich beobachten, dass die Schülerinnen und Schüler bis auf vier Ausnahmen die Aufgaben fachsprachlich-korrekt lösen. Sie argumentieren in ihren Begründungen ausschließlich mithilfe Ebenen-spezifischer Sprache. Es werden jedoch inhaltliche Fehler in den Aussagen entdeckt.

Aufgabenstellung: **Beschreibe** die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Minus-Pol, die du bisher kennengelernt hast. Benutze dazu die Fachbegriffe: Atom, Ion, Elektron

„Die Atome geben den Ion die Elektronen“

*Tabelle 32 Antwort Schüler*in 10.1 zur Aufgabenstellung 1a, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 10.1 formuliert in der Antwort einen Übergangsprozess von Elektronen von einem Atom zu einem Ion. Dies lässt ein Konzept für das Elektronen-Donator-Akzeptor-Konzept erahnen. Die Aufgabenstellung gibt jedoch ausschließlich die Anforderung, den Prozess am Minus-Pol zu beschreiben. Auf diese Weise kann die Aussage auch so verstanden werden, dass die Atome Elektronen an die Ionen in der Elektrolyt-Lösung geben. Diese Aussage und dieses Konzept wären fachlich-falsch.

Daraus wird abgeleitet, dass die fachsprachliche Förderung konsequent umgesetzt werden muss, um Schüler*in 10.1 die Möglichkeit zu einer differenzierten Formulierung zu ermöglichen.

Das bestehende Konzept von Schüler*in 10.1 lässt sich auch in der Sprinteraufgabe erkennen.

Aufgabenstellung: **Erkläre**, was passiert sein kann, wenn eine Batterie als leer bezeichnet wird.
„Das die Stoffe in der Batterie leer sind“ (Schüler*in 10.1)
„Der Stoff der die Elektronen abgibt löst sich auf“ (Schüler*in 6.1 und Schüler*in 6.2)

*Tabelle 33 Antwort Schüler*in 10.1 und Schüler*in 6.1, Schüler*in 6.2 zur Sprinter-Aufgabe, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 10.1 beschreibt den Prozess sehr allgemein und nutzt Formulierungen der makroskopischen Ebene, um die Erklärung zu formulieren. Es kann durch die Betrachtung der vorherigen Aussage vermutet werden, dass Schüler*in 10.1 mit dem Begriff Stoffe, die Atome meint und mit dem Ausdruck leer, versteht, dass diese keine Elektronen mehr abgeben können. So wäre die Aussage, dass eine Batterie als leer bezeichnet wird, wenn die Atome keine Elektronen mehr abgeben können. Dann wäre dies ein angedeutetes, fachliches Konzeptverständnis. Dies kann jedoch nur vermutet und durch das vorliegende Material nicht bestätigt werden. Dadurch lässt sich allerdings ableiten, dass Schüler*in 10.1 eine weitere fachsprachliche Förderung benötigt, um differenziertere und präzisere Formulierungen zu ermöglichen.

Auch Schüler*in 6.1 und 6.2 nutzen makroskopische Formulierungen und vermischen diese mit submikroskopischen Formulierungen. Schüler*in 6.1 und 6.2 geben an, dass ein Stoff Elektronen abgibt und sich auflöst. Es kann daraus vermutet werden, dass Schüler*in 6.1 und 6.2 den Prozess beschreiben, dass die Atome des Minus-Pols Elektronen an Ionen der Elektrolyt-Lösung des Plus-Pols abgeben und sich das gebildete Ion in einer Elektrolyt-Lösung löst. Auch hier wird ein fachliches Konzept angedeutet. Diese Vermutung lässt sich jedoch an dieser Stelle weder bestätigen noch widerlegen. Es kann jedoch auch aus dieser Beschreibung abgeleitet werden, dass Schüler*in 6.1 und 6.2 eine weitere fachsprachliche Förderung benötigen, um differenziertere und präzisere Formulierungen zu ermöglichen.

Es lassen sich in beiden Fällen fachliche Konzepte erkennen, jedoch scheinen die Teilnehmenden nicht das fachsprachliche Vermögen zu haben, diese auszudrücken. Aus den Erkenntnissen dieses Knotenpunktes lässt sich ableiten, dass fachliche Konzepte angedeutet werden, die Schülerinnen und Schüler jedoch nicht dazu in der Lage sind, diese differenziert und präzise zu formulieren. Es wird dadurch die Forderung nach einer fachsprachlichen Förderung unterstützt. Da die angedeuteten Konzepte durch Vermischungen mit der makroskopischen Ebene beschrieben werden, wird zudem die

weitere Forderung unterstützt, eine konsequente und transparente Differenzierung der Ebenen nach Johnstone in der Unterrichtssprache und im Lernmaterial umzusetzen.

Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

In der dritten Differenzierungsstufe der Symbol-Ebene werden insgesamt 101 Antworten verschriftlicht. 71 Antworten werden als fachlich-korrekt betrachtet. Der Autor merkt an, dass die Schülerinnen und Schüler in Aufgabenstellung 2 dazu aufgefordert werden, Messdaten aus den Beobachtungs-Ebenen zu übertragen. Es wird außerdem angemerkt, dass die Lösung zur dritten Aufgabenstellung durch ein Leseverständnis in einem Hilfebaustein des Knotenpunktes bearbeitet werden kann. So lassen sich in beiden Aufgabenstellungen die vollständig fachlich-korrekten Angaben erklären.

In den Aufgabenstellungen 4.1 bis 4.4 werden die Schülerinnen und Schüler erneut aufgefordert Aussagen in die Kategorien wahr und falsch einzuordnen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Angaben durch Raten getätigt wurden, so werden die Aufgabenstellungen in der weiteren Betrachtung ausgeschlossen.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1		r	f	f							r	r		f			r	r u	r	r				
A2		r	r	r					r u	r u	r	r	r	r	r	r	r	r	r	r				
A3		r	r	r					r	r	r u	r u	r	r	r	r	r	r	r	r				
A4.1		f	r	r					f	f			f	f	f	f	r	r	r	r				
A4.2		r	r	r					r	r			r	r	r	r	r	r	r	r				
A4.3		r	r	r					r	r			f	f	f	f	f	f	r	r				
A4.4		f	f	f					f	f			r	r	r	r	r	r	r	r				
Spr.		f							f	f					f	f	f	f	f	f				

*Tabelle 34 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

In der Auswertung zur ersten Aufgabenstellung werden 10 Antworten verschriftlicht. Sieben Antworten werden als fachlich-richtig bewertet. In Aufgabe 1 werden die

Schülerinnen und Schüler aufgefordert einen Lückentext mithilfe von vorgegebenen Wörtern zu füllen. Dieser Lückentext beinhaltet eine allgemeine Definition der Teilreaktionen ‚Oxidation' und ‚Reduktion'. Es zeigt sich, dass der überwiegende Anteil der Antworten korrekt ist. Es kann dadurch vermutet werden, dass die Teilnehmenden durch die hohe, fachsprachliche Unterstützung in der Lage sind, die Aufgabenstellung zu lösen. Dadurch lässt sich ableiten, dass dies konsequent in allen Phasen umgesetzt werden soll und auf diese Weise auch fachlich-inhaltlich anspruchsvollere Anforderungen bewältigen werden können.

Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

In der dritten Differenzierungsstufe der Beobachtungs-Ebene werden ausschließlich 11 Antworten verschriftlicht. Die sehr geringe, relative Anzahl an Antworten lässt sich durch die fehlende Bearbeitungszeit der Schülerinnen und Schüler für diesen Knotenpunkt während der Erprobung begründen.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1		r u											f u	r u	f	f	f	f						
A2															r	r	r	r						

*Tabelle 35 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

Es ist zu beobachten, dass keiner der Teilnehmenden dazu in der Lage ist eine vollständig korrekte Antwort für Aufgabenstellung 1 anzugeben. In dieser sollen die Schülerinnen und Schüler mit zwei vorgegebenen Stoffen ‚Eisen' und ‚Kupfer', eine Galvanische Zelle skizzieren und beschreiben. Zusätzlich sollen sie angeben, welche weiteren Materialien für den Bau einer Galvanischen Zelle benötigt werden.

In allen gegebenen Antworten lassen sich fachliche Konzepte erkennen. Es sollen exemplarisch zwei falsch bewertete Angaben vorgestellt werden, um eine gleichzeitige Fehleranalyse zu betreiben.

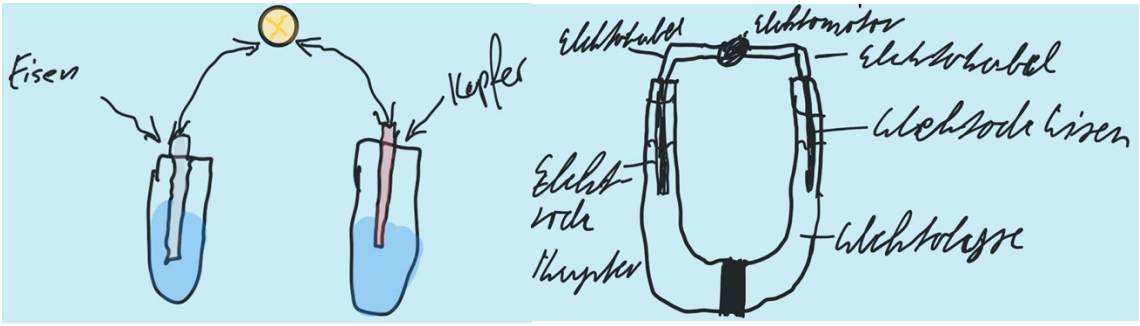


*Abbildung 66 Antwort Schüler*in 9.2 (links)/Schüler*in 8.1 (rechts), Aufgabe 1, Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

In beiden Abbildungen wird dargestellt, dass eine Elektrode in eine Lösung eintaucht. Es werden beide Elektroden über einen dargestellten, elektrischen Verbraucher miteinander verbunden.

Im Weiteren unterscheiden sich die Abbildungen. Schüler*in 9.2 stellt die Halbzellen in getrennten Gefäßen dar. Es wird im Rahmen der Lernumgebung im ersten Informationstext die Funktion der Membran beschrieben, auch wird in den Animationen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene der Ionenfluss angedeutet. Dies wird von Schüler*in 9.2 in dieser Situation nicht berücksichtigt. Wird der zeitliche Abstand zur Bearbeitung der ersten beiden Knotenpunkte betrachtet, so kann vermutet werden, dass diese Information mental nicht mehr aktiviert ist.

Die Darstellung von Schüler*in 8.1 wird als fachlich-falsch klassifiziert, da für die Elektrolyt-Lösung der Begriff ‚Elektrolyse' gelesen wird. Dies ist ein fachsprachlicher Fehler. Die weitere Angabe lässt ein fachliches Konzept deutlich erkennen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Schüler*in 8.1 das Wort ‚Elektrolyt' notiert hat, dieses nur nicht eindeutig gelesen werden kann.

Es kann jedoch aus beiden Annahmen abgeleitet werden, dass zusätzlich ein intentionales Lernen von Fachbegriffen benötigt wird. Durch die ähnlichen orthografischen Schreibweisen verschiedener Fachbegriffe – wie in diesem Beispiel ‚Elektrolyt' und ‚Elektrolyse' oder aus einem vorherigen Beispiel zwischen ‚Elektronen' und ‚Elektroden' – müssen den Lernenden transparente Darstellungen und Ebenen-spezifische Anwendungsmöglichkeiten vermittelt werden.

Der Lernprozess sollte im Rahmen einer Semantisierung durchgeführt werden. Dies beinhaltet den aktiven Einsatz von Fachbegriffen. Dies erfordert die Nutzung von Fachbegriffen über möglichst viele Eingangskanäle der Lernenden. Dies beinhaltet neben dem Lesen eines Fachbegriffs, auch das Schreiben, das Sprechen und gegebenenfalls auch bildliche Darstellungen des Fachbegriffs. Der Fachbegriff soll zudem nicht als einzelne Vokabel verstanden werden, sondern in einem nutzbaren Kontext gelernt werden. Dadurch soll das Wort in den aktiven Wortschatz integriert werden (Bartke, 2008).

Sicherungsknoten

Im Sicherungsknoten werden 56 Angaben bewertet. 24 Antworten werden als fachlich-richtig klassifiziert.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1	f u	f u	r u	r u	f u	f u	r		r	r	f u	f u	f	f	f	f	f u	f u	f	f			f u	f u
A2	r	r	r	f	r	r	r		f	f	f	f					r	r	r	r			r	r
A3	r	f	f	f	r	r	r		r	r	f	f	r u		r	f	f	f	f	f				

*Tabelle 36 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen des Sicherungsknotens*

Werden die einzelnen Aufgaben betrachtet, so ist zu beobachten, dass die Hälfte der Teilnehmenden die erste Aufgabenstellung unvollständig bearbeiten. Die Aufgabenstellung gleicht dem Sicherungsbaustein des ersten Knotenpunktes der Beobachtungs-Ebene. Es zeigen sich in diesem Zusammenhang die gleichen Fehler, wie im Sicherungsbaustein der Beobachtungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe). Den Schülerinnen und Schülern stehen in diesem Fall jedoch keine vorgegebenen Wortbausteine zur Verfügung. Es lassen sich insgesamt drei Fehlerkategorien bilden. Zum einen werden teilweise die Begriffe den Bestandteilen falsch zugeordnet, zum anderen wird durch unpräzise Pfeile nicht eindeutig klar, welcher Bestandteil von den Lernenden bezeichnet werden soll. Außerdem werden durch orthografische Fehler in den Fachbegriffen unterschiedliche Semantiken hervorgerufen.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Schülerinnen und Schüler weiterhin eine intentionale Lernphase für die Fachbegriffe benötigen. Zudem sollten die Pfeile für die Bezeichnungen vorgegeben werden, um eindeutige Zuordnungen zu ermöglichen.

In der zweiten Aufgabe sollen die Lernenden die Reaktionsprozesse im Daniell-Element mithilfe von verschiebbaren Satzbausteinen erklären. Die richtige Anordnung der Satzbausteine ergibt ein Lösungswort. Hier wird festgestellt, dass die Antworten überwiegend richtig sind.

Um die Erarbeitungsphase genauer zu betrachten, kann das videografierte Material hinzugezogen werden. In diesem ist zu erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler vermehrt über die Satzstrukturen der Satzbausteine diskutieren. Oder sie versuchen das Lösungswort der Aufgabe herauszufinden. Es kann daher keine Annahme über ein Verständnis der Reaktionsprozesse aus dem Sicherungsknoten gewonnen werden.

Auswertung der Forschungsfragen

In der dritten Aufgabenstellung, der Erstellung der Wort- und Reaktionsgleichung mit Elementsymbolen, werden ebenfalls ähnliche Fehlerkategorien erkannt, wie diese, die bereits im zweiten Knotenpunkt der Symbol-Ebene beschrieben wurden. Es können aus den Angaben folglich die gleichen Annahmen wiederholt werden. Es sind angedeutete, fachliche Konzepte bei den Schülerinnen und Schülern erkennbar. Diese erfordern jedoch eine weitere konsequente, fachsprachliche Förderung.

Abschließend sollen nochmals die Bearbeitungen zu Vorstellungen von chemischen Reaktionen beurteilt werden, da diese einen Schwerpunkt in der weiteren Betrachtung dieser Arbeit bilden.

Aus diesem Grund werden die Aufgabenstellungen 1d) und 1e) der Vorstellungs-Ebene (1.Differenzierungsstufe) sowie die Aufgabenstellungen 1 und 3 der Vorstellungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe) vergleichend miteinander dargestellt.

	Schüler*in 1.1	Schüler*in 1.2	Schüler*in 2.1	Schüler*in 2.2	Schüler*in 3.1	Schüler*in 3.2	Schüler*in 4.1	Schüler*in 4.2	Schüler*in 5.1	Schüler*in 5.2	Schüler*in 6.1	Schüler*in 6.2	Schüler*in 7.1	Schüler*in 7.2	Schüler*in 8.1	Schüler*in 8.2	Schüler*in 9.1	Schüler*in 9.2	Schüler*in 10.1	Schüler*in 10.2	Schüler*in 11.1	Schüler*in 11.2	Schüler*in 12.1	Schüler*in 12.2
A1d	f	f	f	f	f	f	f	f	r	r	r	f u	r u	r u	r u	r u	r	r		r	r	r	r u	r u
A1e	r	f	f	f	r	r	f	f	r	r	r	r	f	f	r u	r u	r	r			r	r	f	r
A1a	r u	r u	r u	r u	r	r u	f u	f u	r	r	f	f						r	r	f			r	r
A1b	r u	r u	f	f	r				f	f	f	f	r	r				f	f	f			f	f
A3	f	r	r	r					r						f	f	r	r						

*Tabelle 37 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der 1. Differenzierungsstufe: 1d, 1e; der 2. Differenzierungsstufe: 1a, 1b, 3*

Alle benannten Aufgabenstellungen befassen sich mit Ionen- oder Atombildungsreaktionen. Die Aufgabenstellungen 1d und 1e der ersten Differenzierungsstufe und die Aufgabenstellungen der zweiten Differenzierungsstufe nutzen dazu Animationen im Lernmaterial.

Tabelle 37 zeigt, dass in den benannten Aufgabenstellungen insgesamt 89 Angaben bewertet werden. Die Angaben werden innerhalb der Aufgabenstellungen nun weiter qualifiziert analysiert. Dazu werden die Angaben in fünf Kategorien eingeordnet.

(1) Es ist keine Angabe vorhanden.
(2) Die Angaben lassen fachlich anerkannte Vorstellungen erkennen. Die Teilnehmenden verwenden einzelne Fachbegriffe falsch, wodurch die Aufgabenstellung als falsch bewertet wird. Numerische Abweichungen werden als die falsche Verwendung eines Fachbegriffs verwendet.
(3) Die Angaben lassen fachlich anerkannte Vorstellungen erkennen. Die Teilnehmenden vermischen Ebenen-spezifische Formulierungen.
(4) Die Angaben lassen keine fachlich anerkannten Vorstellungen erkennen.
(5) Die Angaben entsprechen den Anforderungen des Erwartungshorizontes und sind somit fachsprachlich und fachinhaltlich korrekt.

Die Kategorien lassen sich durch induktiv gebildete Kategorien der Auswertung des Pre-Post-Tests begründen und werden im folgenden Kapitel dargestellt.

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5
A1d	1	3	4	2	14
A1e	2	3	3	2	14
A1a	7	4	1	0	12
A1b	8	10	1	0	5
A3	15	0	0	3	6

Tabelle 38 absolute Verteilung der Kategorien in der Auswertung der Aufgaben 1d, 1e, 2b, 2c (1. Differenzierungsstufe), Aufgaben 1a, 1b (2. Differenzierungsstufe)

Tabelle 38 zeigt die absolute Verteilung der gegebenen Antworten der Schülerinnen und Schüler zu den benannten Aufgabenstellungen in die oben dargestellten Kategorien.

Es ist zu erkennen, dass die Anforderungen des Erwartungshorizontes in den gegebenen Antworten zu 1d und 1e der ersten Differenzierungsstufe und zu 1a und 3 der zweiten Differenzierungsstufe zu einem großen Anteil vollständig erfüllt wurden. Dies lässt ableiten, dass die Aufgabenstellungen durch die betroffenen Teilnehmenden intentional vollständig erfasst werden und sie ihre Vorstellungen wiedergeben können. Es lässt keinen Aufschluss daraus ziehen, ob die Lernenden bereits vor der Intervention dazu in der Lage waren, die Ionen- bzw. Atombildungsreaktionen korrekt zu beschreiben. Dies soll in der zweiten Subfrage dieser Forschungsfrage betrachtet werden. Wenn die Schülerinnen und Schüler vor der Intervention noch keine oder nur teilweise fachlich-anerkannte Vorstellungen zu den benannten Reaktionsprozessen aufweisen können, dann kann angenommen werden, dass die Darstellung der benannten Aufgabenstellungen diese Vorstellungen bei den Schülerinnen und Schülern fördern.

Auswertung der Forschungsfragen

Es ist auffällig, dass die Angaben in der Aufgabenstellung 1b (2. Differenzierungsstufe) zu einem großen Teil in Kategorie 2 eingeordnet sind und somit Fachbegriffe falsch verwendet werden.

Werden die Antworten der Schülerinnen und Schüler zu diesen Aufgabenstellungen betrachtet, so ist zu erkennen, dass insbesondere numerische Abweichungen in der Anzahl der Elektronen getroffen werden, die vom Atom abgegeben bzw. vom Ion aufgenommen werden.

Dies kann beispielhaft durch die Angabe von Schüler*in 6.1 in Aufgabenstellung 1b (2. Differenzierungsstufe) dargestellt werden:

„Ein Elektron und ein Kupfer-Ion werden zu einem Kupfer-Atom. Die Elektronen werden aufgenommen." (Schüler*in 6.1, Aufgabenstellung 1b, 2. Differenzierungsstufe)

Die Aussage zeigt, dass eine fachlich-anerkannte Vorstellung angedeutet wird, jedoch eine fehlerhafte numerische Angabe der Antwort zur Codierung als falsch führt. Diese Fehleranalyse 1b (2. Differenzierungsstufe) ist in weiteren fünf Angaben zu beobachten.

Die Betrachtung der numerischen Anzahl der abgegebenen und aufgenommenen Elektronen scheint bei den Teilnehmenden keine Bedeutung zu haben. Sie beziehen dies entweder auf ‚ein Elektron' oder schreiben ohne eine Anzahl ausschließlich ‚Elektronen'. Dieser Fehler lässt annehmen, dass die Schülerinnen und Schüler in der Intervention den Prozess der Aufnahme und Abgabe von Elektronen erfassen, die Anzahl der Elektronen aber vermutlich für nicht bedeutend halten. Es mag sein, dass dies durch die Größenunterschiede der dargestellten Teilchen und Elementarteilchen erzeugt wird, kann aber durch die Datenerhebung weder bestätigt noch widerlegt werden. Allerdings kann es auch durch die Ausgangslage begründet sein, dass es den Schülerinnen und Schülern der Lerngruppe im Durchschnitt nicht möglich ist, ein Modell eigenständig zu analysieren.

Unter der Betrachtung der beschriebenen Analysefähigkeiten von Modellen durch die Schülerinnen und Schüler werden die Angaben in dieser Intervention als sehr positiv dargestellt. Es wird angenommen, dass die kleinschrittige Betrachtung und fachsprachliche Aufbereitung der Reaktionsprozesse die Schülerinnen und Schülern in ihren Lernprozessen unterstützt und dadurch fachlich-anerkannte Vorstellungen entwickelt werden oder falls diese bereits vor der Intervention bestehen, diese in der Intervention aktiviert werden.

Als weitere Fehlerquelle ist eine fachlich nicht adäquate Angabe über die Aufnahme bzw. Abgabe von Elektronen zu betrachten. Dies soll durch eine Aussage von Schüler*in 10.1 exemplarisch dargestellt werden.

„Ein Kupfer-Ion und 2 elektron werden zu einem Kupfer-Atom. Die Elektronen kommen hinzu." (Schüler*in 10.1, Aufgabe 1b, 2.Differenzierungsstufe).

Von den Schülerinnen und Schülern wird in dieser Aufgabenstellung unter der Beachtung eines vorstrukturierten Satzes und dem Anforderungsbedarf der zweiten

Differenzierungsstufe die fachsprachliche Formulierung ‚Die Elektronen werden aufgenommen.' erwartet.

Die Betrachtung dieses Fehlergrundes wird in weiteren fünf Angaben festgestellt.

Es zeigt sich an dieser Stelle, dass die Schülerinnen und Schüler die Anforderungen des Erwartungshorizontes in vereinzelten Bestandteilen nicht erfüllen.

Es lassen sich dennoch im überwiegenden Anteil fachlich-anerkannte Vorstellungen in den Antworten erkennen. Daraus ergeben sich zwei Annahmen.

(1) Die Schülerinnen und Schüler verfügen bereits vor der Intervention über fachlich anerkannte Vorstellungen zu den Ionen- und Atombildungsreaktionen. Dann animiert die Intervention in den kleinschrittig dargestellten Animationen die Schülerinnen und Schüler dazu, diese in überwiegend zutreffenden Angaben zu formulieren.
(2) Die Schülerinnen und Schüler verfügen vor der Intervention nicht über fachlich-anerkannte Vorstellungen zu den Ionen- und Atombildungsreaktionen. Dann unterstützt die Lernumgebung die Intervention vermutlich darin, die Vorstellung im Sinne fachlich-anerkannter Konzepte zu verändern.

Es soll betont werden, dass es sich anhand der dargestellten Angaben nur um eine Vermutung handelt. Der Pre-Post-Vergleich in der folgenden Subfrage mag diese Vermutung unterstützen oder verwerfen.

Die Annahme erhebt zudem keinen Anspruch auf die Übertragbarkeit auf andere Lerngruppen. Dies müsste durch weitere Forschung erhoben werden.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass in den verschiedenen Knotenpunkten bei den Schülerinnen und Schülern Ebenen-spezifische und fachlich-korrekte Konzepte angedeutet oder interpretiert werden können. Dies lässt die Annahme zu, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung der Lernumgebung dazu animiert werden, diese Konzepte zu bilden oder ihre Vorstellungen von Prozessen zu verändern. Es wird an dieser Stelle erneut angemerkt, dass die Teilnehmenden keine zusätzlichen inhaltlichen und sprachlichen Informationen von außen erhalten haben. Im Laufe der Erprobung werden keine inhaltlichen Fragen beantwortet. Somit sind die dargestellten Ergebnisse auf die selbstständige Erarbeitung durch die Schülerinnen und Schüler zurückzuführen. Inwieweit dies nach der Bearbeitung der Lernumgebung möglich ist, soll in der folgenden Subfrage ausgewertet werden. Diese wird nach Belegen für einen möglichen Lernzuwachs suchen.

Es zeigen sich in verschiedenen Situationen weiterhin sprachliche und fachsprachliche Hürden, welche die Forderung ableiten und begründen lässt, dass die fachsprachlichen Förderungen konsequent, transparent, intentional und Ebenen-differenziert in den Lernphasen der Schülerinnen und Schüler, folglich im Unterricht und den Lernmaterialen, angewandt werden müssen. Inwieweit die Schülerinnen und Schüler bereits dazu in der Lage

sind, die Antworten Ebenen-spezifisch zu formulieren, kann in dieser Auswertung nicht festgestellt werden, da auch die fachlich-inhaltlichen Angaben berücksichtigt sind. Die Auswertung über die fachsprachlichen Fähigkeiten wird in der zweiten Forschungsfrage analysiert.

4.1.2. Subfrage 1.2.: Inwiefern lässt sich ein fachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?

Ein Pre-Post-Design soll die inhaltlichen Fähigkeiten abfragen, welche die Lernenden innerhalb der Lernumgebung erwerben sollen. Durch die gleiche Aufgabenstellung ist eine Vergleichbarkeit möglich und individuelle als auch durchschnittliche Veränderungen innerhalb des Klassenverbandes darstellbar.

Der Pre- Test ist in Kapitel 3.8.3 beschrieben und erfragt insbesondere die Kenntnisse über die Aufgabenerwartungen der ersten Differenzierungsstufe aller Ebenen der Lernumgebung. Der Test erfragt zusätzlich eine Kenntnis über die Differenzierung in die Ebenen nach Johnstone.

Nach der Arbeit mit der Lernumgebung wird der Post-Test geschrieben. Dieser wird ebenfalls in Kapitel 3.8.3 beschrieben. Er gleicht dem Pre-Test und wird um einzelne Aufgaben ergänzt. Diese Aufgaben sollen eine Einschätzung darüber geben, ob die Teilnehmenden in der Lage sind, vorgegebene Fachsätze den Ebenen zuzuordnen.

Die Pre- und Post-Tests werden durch zwei Codierende getrennt voneinander bewertet. Als Bewertungsgrundlage dient ein Auswertungsbogen, welcher einen Erwartungshorizont mit einem Punkteschema verbindet. Der Erwartungshorizont und das verbindende Punkteschema werden in Abbildung 67 vorgestellt.

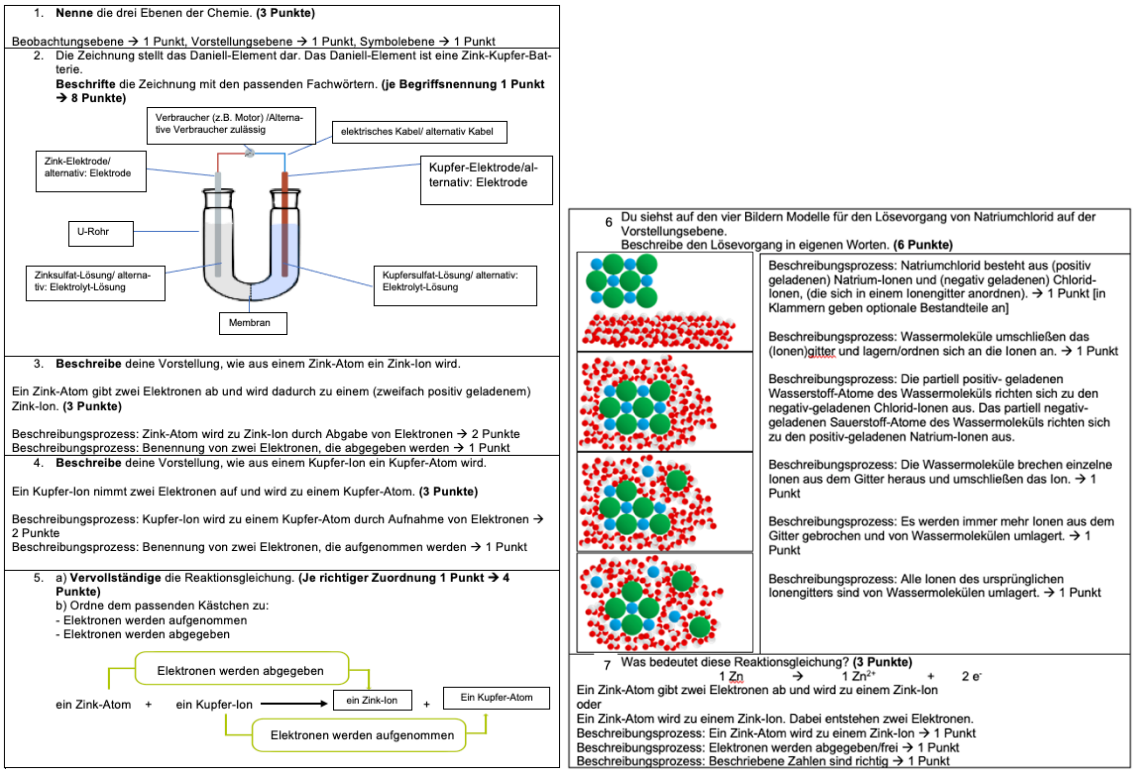


Abbildung 67 Auswertebogen 1 für Pre-Test

Sollten Aussagen durch die Teilnehmenden getroffen worden sein, welche die Codierenden nicht eindeutig zuordnen konnten, so wurden diese in einer Teamsitzung besprochen. Innerhalb der Teamsitzung wurde eine Entscheidung getroffen. Dies gilt insbesondere für Aufgabenstellung 1. Zur Beantwortung dieser werden auch weiterreichende Begriffe zugelassen, welche die Operationen im Bereich der Ebenen beschreiben. Tabelle 39 gibt ein Beispiel aus dem Datenmaterial.

Aufgabenstellung	1. **Nenne** die drei Ebenen der Chemie.
Antwort Schüler*in 6.1	„Teoretische Ebene vorstellungs Ebene praktische Ebene“

*Tabelle 39 Auszug Pre-Test von Schüler*in 6.1, Aufgabenstellung 1*

Der Begriff „praktische Ebene“ wird als Synonym für die makroskopische bzw. Beobachtungs-Ebene zugelassen. Diese Ebene charakterisiert sich für Schülerinnen und Schüler insbesondere durch viel praktische Arbeit im Rahmen von Experimenten.

Der Post-Test entspricht dem Pre-Test und wird durch Aussagesätze ergänzt. Diese sollen die Teilnehmenden den kennengelernten Ebenen zuordnen. Es soll damit ein Hinweis für eine mögliche Transferfähigkeit der Ebenen-spezifischen Sprache überprüft werden. Die erwartete Zuordnung der Aussagen wird in Abbildung Tabelle 40 dargestellt.

Auswertung der Forschungsfragen

Aussagesatz	erwartete Zuordnung
Ich sehe eine blaue Flüssigkeit.	Beobachtungs-Ebene
Ich messe eine Spannung von 3,4 V	Beobachtungs-Ebene
Das Kupfer-Atom gibt zwei Elektronen ab.	Vorstellungs-Ebene
Das Zink-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Zink-Atom.	Vorstellungs-Ebene
Die LED leuchtet.	Beobachtungs-Ebene
$Zn^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Zn$	Symbol-Ebene
Die Elektronen bewegen sich von der Zink-Halbzelle zur Kupfer-Halbzelle	Vorstellungs-Ebene
$Zn\|Zn^{2+}\|\|Cu^{2+}\|Cu$	Symbol-Ebene

Tabelle 40 erwartete Zuordnung zu Aussagesätzen, Post-Test

In der Auswertung wird die Häufigkeitsverteilung der Zuordnungen betrachtet.

Ferner sollen die Schülerinnen und Schüler in drei folgenden Aufgaben die kennengelernten Ebenen in eigenen Worten aus einer Metaperspektive beschreiben. Diese Aussagen werden durch die Codierenden in der Auswertung induktiv kategorisiert.

4.1.2.1. Darstellung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Punkteverteilungen der Pre- und Post-Tests dargestellt. Der Autor merkt an, dass durch die kleine Stichprobe (n = 24) kein Anspruch auf die Übertragbarkeit anderer Lerngruppen erhoben wird. Die Ergebnisse sind folglich als Tendenzen zu interpretieren und sollen in der Darstellung auch jeweils so verstanden werden.

	Pre A1	Pre A2	Pre A3	Pre A4	Pre A5	Pre A6	Pre A7	Summe
Schüler*in 1.1	-	0	0	0	2	-	-	2
Schüler*in 1.2	-	0	0	0	1	0	0	1
Schüler*in 2.1	0	-	-	-	2	-	-	2
Schüler*in 2.2	0	-	-	-	2	-	-	2
Schüler*in 3.1	-	-	1	1	4	0	-	6
Schüler*in 3.2	0	3	0	0	4	0	0	7
Schüler*in 4.1	-	3	0	0	0	-	-	3
Schüler*in 4.2	-	2	0	-	0	-	-	2
Schüler*in 5.1	-	-	0	0	0	-	1	1
Schüler*in 5.2	-	0	0	0	0	-	0	0
Schüler*in 6.1	2	2	-	0	4	0	2	11
Schüler*in 6.2	-	-	0	0	2	-	0	2
Schüler*in 7.1	-	0	0	0	2	0	2	4
Schüler*in 7.2	-	-	0	2	2	0	1	5
Schüler*in 8.1	-	-	0	0	2	0	0	2
Schüler*in 8.2	-	-	0	0	2	0	0	2
Schüler*in 9.1	-	-	0	0	2	-	-	2
Schüler*in 9.2	-	-	1	0	0	0	-	1
Schüler*in 10.1	0	-	0	0	0	-	0	0
Schüler*in 10.2	-	-	0	0	-	-	0	0
Schüler*in 11.1	0	-	-	-	2	-	-	2
Schüler*in 11.2	0	-	-	-	2	-	-	2
Schüler*in 12.1	-	-	-	-	2	0	-	2
Schüler*in 12.2	-	-	0	0	2	-	-	2
Summe	2	10	3	3	39	0	6	63
arithm. Mittel	0,083	0,42	0,125	0,125	1,625	0	0,25	2,625
h_r	2,8 %	5,2 %	4,2 %	4,2 %	40,1 %	0 %	6,2 %	7,7 %

Tabelle 41 numerische Auswertung Pre-Test

In der Darstellung (vgl. Tabelle 41) werden nicht gegebene Antworten durch einen Strich gekennzeichnet. Insgesamt 70-mal werden keine Antworten gegeben. Dies entspricht einem relativen Anteil von 41,7 %. Eine nicht abgegebene Antwort wird in der Berechnung des arithmetischen Mittels als auch in der relativen Punkteverteilung (h_r) mit 0 Punkten berechnet.

In der Auswertung ist zu erkennen, dass mit einem relativen Punkteanteil von 40,1 % Aufgabenstellung 5 den höchsten Wert aufweist. Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass in

der Aufgabenstellung, u.a. zwei vorgegebene Angaben zugeordnet werden sollen. Die Zuordnung kann auch durch einen Ratevorgang gelöst werden.

Aufgabenstellung 6 weist mit einer relativen Punkteanzahl von 0 % den geringsten Wert auf und kann von keinem Teilnehmenden gelöst werden.

Es ist zu beobachten, dass in den Angaben des Pre-Tests zwei Bezeichnungen für die Ebenen nach Johnstone benannt werden (vgl. Tabelle 42).

Aufgabenstellung	1. **Nenne** die drei Ebenen der Chemie.
Antwort Schüler*in 6.1	„Teoretische Ebene vorstellungs Ebene praktische Ebene“

*Tabelle 42 Auszug Pre-Test von Schüler*in 6.1, Aufgabenstellung 1*

In der qualitativen Betrachtung der abgegebenen Antworten zu den Aufgabenstellungen 2, 3, 4 und 7 werden vier Fehlerkategorien induktiv gebildet.

Diese werden im Folgenden vorgestellt und durch Beispiele aus dem Datenmaterial belegt.

(1) Es wird keine Antwort gegeben.

Die Nicht-Beantwortung einer Aufgabenstellung kann durch vielfältige Gründe bedingt sein. Es mag sein, dass die Schülerinnen und Schüler die Antwort tatsächlich nicht wissen, sie die Fragestellung nicht verstanden haben oder sie nicht das (fach)sprachliche Vermögen besitzen, die Fragestellung zu beantworten. Es könnte auch sein, dass die Schülerinnen und Schüler Angst haben die falsche Antwort abzugeben. Es mag auch sein, dass keine Motivation zur Beantwortung der Frage vorliegt. Die zutreffenden Gründe bei den Schülerinnen und Schülern können in der Auswertung des Pre-Post-Designs nicht benannt werden. Es soll jedoch auf die beschriebene Ausgangslage der Lerngruppe verwiesen werden. Die Lehrkraft beschreibt das Leistungsniveau der Lerngruppe als mittel- bis unterdurchschnittlich und gibt an, dass ein Großteil mangelhafte Sprachkenntnisse aufweist. So kann vermutet werden, dass ein Teil der nicht-abgegebenen Antworten mit der beschriebenen Ausgangslage zu begründen ist.

(2) Es werden fachliche Konzepte angedeutet, die Teilnehmenden drücken dies jedoch durch eine unpräzise oder falsche Anwendung von Fachbegriffen nicht angemessen aus.

Aufgabenstellung		**Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.
Antwort 10.2	Schüler*in	„Wenn sich das Zink-Atom mit einem anderen Atom reagiert. Und das jeweilige Elektron abgibt.“

*Tabelle 43 Auszug Pre-Test von Schüler*in 10.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)*

Schüler*in 10.2 beschreibt den Ionenbildungsprozess vom Zink-Atom zum Zink-Ion durch die Abgabe von Elektronen. Es wird zudem ein weiteres Atom benannt, das als Gegenpart fungiert. Dies lässt die Vorstellung eines Elektronen-Donator-Akzeptor-Konzepts erahnen. Schüler*in 10.2 scheint an dieser Stelle das fachsprachliche Vermögen zu fehlen, dies präzise auszudrücken. So wird die gegebene Antwort ungenau und als nicht vollständig richtig bewertet.

(3) Es werden fachliche Konzepte angedeutet, die Antworten sind jedoch durch sprachliche Vermischungen der Ebenen nach Johnstone unpräzise.

Aufgabenstellung	**Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.
Antwort Schüler*in 1.2	„Kupfer muss genauso wie Zink mit einem anderen Element reagieren, um Elektronen aufzunehmen oder abzugeben.“

*Tabelle 44 Auszug Pre-Test von Schüler*in 1.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)*

Ergänzend zum Beispiel aus (2) beschreibt in dieser Aufgabenstellung Schüler*in 1.2 den Atombildungsprozess vom Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom durch die Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene. Es wird durch die Angabe, dass Elektronen aufgenommen oder abgegeben werden müssen, ein fachliches Konzept angedeutet. Dies kann jedoch nur vermutet werden. Schüler*in 1.2 ist durch die sprachliche Vermischung nicht in der Lage die Anforderungen der Aufgabenstellung zu erfüllen.

(4) Es ist kein fachlich anerkanntes Konzept erkennbar.

Aufgabenstellung	3. Beschreibe deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.
Antwort Schüler*in 7.2	„Wenn man ein Kupfer-Ion und ein Kupfer-Atom vermischt entsteht eine Masse und aus der Masse wird etwas entnommen.“

*Tabelle 45 Auszug Pre-Test von Schüler*in 7.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)*

Schüler*in 7.2 greift die Begriffe Kupfer-Atom und Kupfer-Ion in der Antwort auf. Durch die Beschreibung „man [...] vermischt“ scheint ein experimenteller Ablauf angedeutet zu werden. Dies kann allerdings nicht eindeutig der Antwort entnommen werden. Es mag auch ein fehlendes fachsprachliches Vermögen dazu führen, dass Schüler*in 7.2 ihre Vorstellung nicht differenziert ausdrücken kann. Es wird in der gegebenen Antwort kein fachlich anerkanntes Konzept erkannt.

Auswertung der Forschungsfragen

Die Verteilung der Fehlerkategorien für die Aufgabenstellungen 3, 4 und 7 wird im Folgenden dargestellt.

	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 7
Fehlerkategorie 1	6	6	12
Fehlerkategorie 2	6	10	5
Fehlerkategorie 3	7	6	4
Fehlerkategorie 4	5	2	3

Tabelle 46 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung des Pre-Tests

Es ist erkennbar, dass bei den Schülerinnen und Schülern in Aufgabenstellungen 3 insgesamt 13-mal ein fachliches Konzept angedeutet wird, sie jedoch fachsprachlich nicht dazu in der Lage sind, dieses auszudrücken. Dies zeigt sich entweder durch die falsche oder unpräzise Verwendung einzelner Fachbegriffe oder die Vermischung zwischen zwei Ebenen. In der Aufgabenstellung 4 wird dies insgesamt 16-mal und in Aufgabenstellung 7 neunmal festgestellt.

Bei fünf Teilnehmenden ist in Aufgabenstellung 3 kein fachlich anerkanntes Konzept erkennbar, in Aufgabenstellung 4 wird dies zweimal codiert und in Aufgabenstellung 7 dreimal.

Es ist auffällig, dass keine Schülerinnen und Schüler den Erwartungshorizont vollständig oder nur zu einem Anteil erfüllt haben. Es werden in allen angedeuteten, fachlich-anerkannten Vorstellungen jeweils fachsprachliche Fehler oder eine falsche, semantische Verwendung der Begriffe beobachtet.

In dem Vergleich des Pre-Post-Designs soll folglich betrachtet werden, ob die Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung dazu in der Lage sind, ihre Aussagen fachsprachlich korrekt zu formulieren.

Im Folgenden sollen nun die Entwicklungen zwischen Pre- und Post-Test dargestellt werden. Dazu werden zum einen zunächst die Ergebnisse des Post-Tests dargestellt und ausgewertet und anschließend ein Vergleich der Auswertung zum Pre-Test gezogen. Der Autor merkt an, dass die Auswertungen der fachsprachlichen Vermischungen zwischen verschiedenen Ebenen in Forschungsfrage 2 betrachtet werden. Im Folgenden wird dies nur ansatzweise aufgeführt.

	Post A1	Post A2	Post A3	Post A4	Post A5	Post A6	Post A7	Summe
Schüler*in 1.1	3	5	2	1	2	-	4	17
Schüler*in 1.2	3	6	3	3	4	0	4	23
Schüler*in 2.1	3	2	3	2	2	-	3	15
Schüler*in 2.2	3	2	0	0	2	-	3	10
Schüler*in 3.1	3	4	2	2	2	0	2	15
Schüler*in 3.2	3	3	2	3	4	-	3	18
Schüler*in 4.1	3	3	3	0	2	-	-	11
Schüler*in 4.2	3	4	-	-	2	-	3	12
Schüler*in 5.1	3	2	3	3	4	-	4	19
Schüler*in 5.2	3	2	3	2	0	-	1	11
Schüler*in 6.1	3	3	2	1	2	-	3	14
Schüler*in 6.2	3	5	0	0	2	-	4	14
Schüler*in 7.1	3	2	0	0	2	0	1	8
Schüler*in 7.2	3	2	3	3	2	0	3	16
Schüler*in 8.1	3	5	2	2	4	0	3	19
Schüler*in 8.2	3	2	2	2	4	0	4	17
Schüler*in 9.1	3	2	2	2	2	-	0	11
Schüler*in 9.2	3	3	3	3	0	0	2	14
Schüler*in 10.1	3	3	2	2	4	-	0	14
Schüler*in 10.2	3	3	2	2	4	-	0	14
Schüler*in 11.1	3	3	1	1	4	-	-	12
Schüler*in 11.2	3	3	2	1	4	-	-	13
Schüler*in 12.1	3	4	2	1	2	-	-	12
Schüler*in 12.2	3	4	3	3	2	-	-	15
Summe	72	77	47	39	62	0	47	344
arithm. Mittel	3	3,21	1,95	1,625	2,58	0	1,95	14,34
h_r	100 %	40,1 %	65,2 %	54,2 %	64,6 %	0 %	49,0 %	42,15 %

Tabelle 47 numerische Auswertung Post-Test

Tabelle 47 beschreibt die Auswertung des Post-Tests. Es werden die analogen Aufgaben zum Pre-Test dargestellt. 24mal werden keine Antworten abgegeben. Das entspricht einem Anteil von 3,34 %.

Es ist auffällig, dass 17mal keine Antwort in Aufgabenstellung 6 gegeben wird. Aufgabenstellung 6 erfragt einen Transfer in einen anderen Kontext, welcher nicht in der Intervention behandelt wird. Da auch keine richtigen Antworten in der Angabe der Schülerinnen und Schüler zu dieser Aufgabenstellung bewertet wird, kann daraus abgeleitet werden, dass der Transfer an dieser Stelle für die Schülerinnen und Schüler nicht möglich ist.

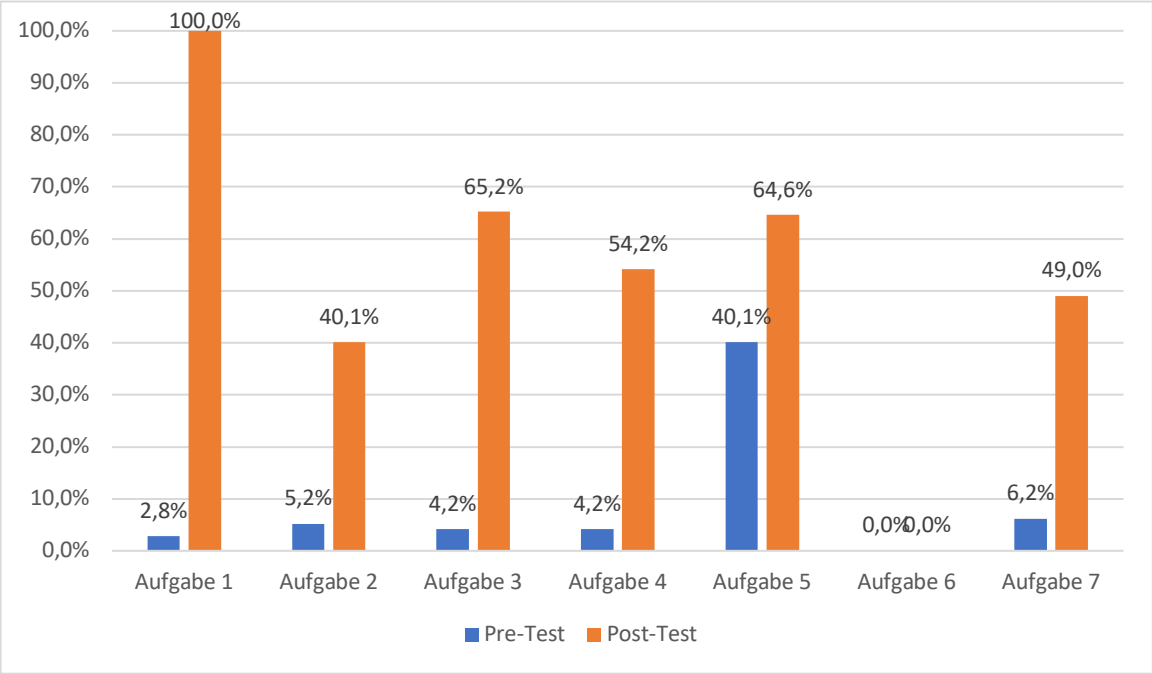


Abbildung 68 Vergleich der relativen Punkteverteilung h(r) der einzelnen Aufgabenstellungen im Pre-Post-Vergleich

In allen Aufgabenstellungen – ausgenommen Aufgabe 6 – wird ein relativer Zuwachs an Punkten beobachtet. Dies lässt die Annahme ableiten, dass ein valider Lernzuwachs durch die Intervention angedeutet wird.

Es ist zudem auffällig, dass alle Teilnehmenden nach der Bearbeitung der Intervention die drei Ebenen benennen können. Dies lässt vermuten, dass die Begriffswahl für die Schülerinnen und Schüler verständlich ist und leicht wiedergegeben werden kann.

Insbesondere in der inhaltlichen Betrachtung sollen die Entwicklungen der Aufgaben 3, 4 und 7 erneut betrachtet werden.

	Pre A3	Post A3	Pre A4	Post A4	Pre A7	Post A7	Summe Pre-Test	Summe Post-Test
Schüler*in 1.1	0	2	0	1	-	4	0	7
Schüler*in 1.2	0	3	0	3	0	4	0	10
Schüler*in 2.1	-	3	-	2	-	3	0	8
Schüler*in 2.2	-	0	-	0	-	3	0	3
Schüler*in 3.1	1	2	1	2	-	2	2	6
Schüler*in 3.2	0	2	0	3	0	3	0	8
Schüler*in 4.1	0	3	0	0	-	-	0	3
Schüler*in 4.2	0	-	-	-	-	3	0	3
Schüler*in 5.1	0	3	0	3	1	4	1	10
Schüler*in 5.2	0	3	0	2	0	1	0	6
Schüler*in 6.1	-	2	0	1	2	3	2	6
Schüler*in 6.2	0	0	0	0	0	4	0	4
Schüler*in 7.1	0	0	0	0	2	3	2	3
Schüler*in 7.2	0	3	2	3	1	1	3	7
Schüler*in 8.1	0	2	0	2	0	3	0	7
Schüler*in 8.2	0	2	0	2	0	4	0	8
Schüler*in 9.1	0	2	0	2	-	0	0	4
Schüler*in 9.2	1	3	0	3	-	2	1	8
Schüler*in 10.1	0	2	0	2	0	0	0	4
Schüler*in 10.2	0	2	0	2	0	0	0	4
Schüler*in 11.1	-	1	-	1	-	-	0	2
Schüler*in 11.2	-	2	-	1	-	-	0	3
Schüler*in 12.1	-	2	-	1	-	-	0	3
Schüler*in 12.2	0	3	0	3	-	-	0	6
Summe	3	47	3	39	6	46	12	132
arithm. Mittel	0,125	1,95	0,125	1,625	0,25	1,92	0,5	5,5
h_r	4,2 %	65,2 %	4,2 %	54,2 %	6,25 %	49,0 %	5 %	55 %

Tabelle 48 Vergleich der Punkteverteilung im Pre-Post-Design, Aufgabenstellung 3, 4 und 7

Tabelle 48 zeigt die Auswertung der Aufgabenstellungen 3, 4 und 7 im direkten Vergleich. Die berechneten Summen ergeben sich aus den dargestellten Aufgaben.

Es zeigt sich, dass im Pre-Test insgesamt 24-mal keine Antwort in den benannten Aufgabenstellungen gegeben wird. Im Post-Test werden insgesamt siebenmal keine Antworten notiert. Daraus wird abgeleitet, dass die Intervention die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aktiviert und sie – die dargestellten Ausnahmen ausgenommen – dazu bereit sind, diese zu formulieren.

Es ist auffällig, dass Schüler*in 4.2 in den Aufgabenstellungen 3 und 4 im Post-Test keine Antworten notiert. Im Pre-Test in Aufgabenstellung 3 jedoch eine Antwort notiert hat.

Auswertung der Forschungsfragen

Wird die Antwort zu Aufgabe 3 von Schüler*in 4.2 im Pre-Test betrachtet, so ist in dieser kein fachlich-anerkanntes Konzept zu interpretieren.

Aufgabenstellung: Beschreibe deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.
„Vielleicht wenn es mit Energie aufgeladen positiv aufgeladen ist.“

*Tabelle 49 Antwort Schüler*in 4.2 Pre-Test, Aufgabenstellung 3*

Es kann vermutet werden, dass Schüler*in 4.2 durch die Intervention keinen Anschluss an ihre Vorstellungen gewinnt und Schüler*in 4.2 aus diesem Grund im Post-Test keine Angaben macht. Es mag auch sein, dass Schüler*in 4.2 durch die Intervention erfahren hat, dass das vorherige Konzept fachlich falsch war, die nun vorliegenden Vorstellungen jedoch noch nicht formulieren kann oder möchte.

Auffällig für Schüler*in 4.2 ist jedoch in diesem Zusammenhang die Antwort zur Aufgabenstellung 7 des Post-Tests.

Aufgabenstellung: Was bedeutet diese Reaktionsgleichung: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\ e^-$
„Ein Zink-Atom wird zu 1 Zink-Ion und 2 Elektronen.“

*Tabelle 50 Antwort Schüler*in 4.2 Post-Test, Aufgabenstellung 7*

Die Antwort von Schüler*in 4.2 zu Aufgabenstellung 7 ähnelt den formulierten Redeformeln, die in der Symbol-Ebene der Intervention genutzt werden. Es zeigt, dass Schüler*in 4.2 dazu in der Lage ist, eine Reaktionsgleichung in eine Wortgleichung zu übersetzen.

Es wird abgeleitet, dass Schüler*in 4.2 keine Verbindung zwischen der submikroskopischen Vorstellung der Ionen- bzw. Atombildungsreaktionen und der formulierten Reaktionsgleichung ziehen kann.

Der Auswertung der Punkteverteilung ist zu entnehmen, dass alle Teilnehmenden – ausgenommen Schüler*in 12.1 – einen Zugewinn in der Summe der Punkte der Aufgabenstellungen haben. In der Betrachtung der einzelnen Aufgabenstellungen ist zu erkennen, dass allen Schülerinnen und Schüler entweder gleichviele oder mehr Punkte im Post-Test zugeordnet sind als im Pre-Test.

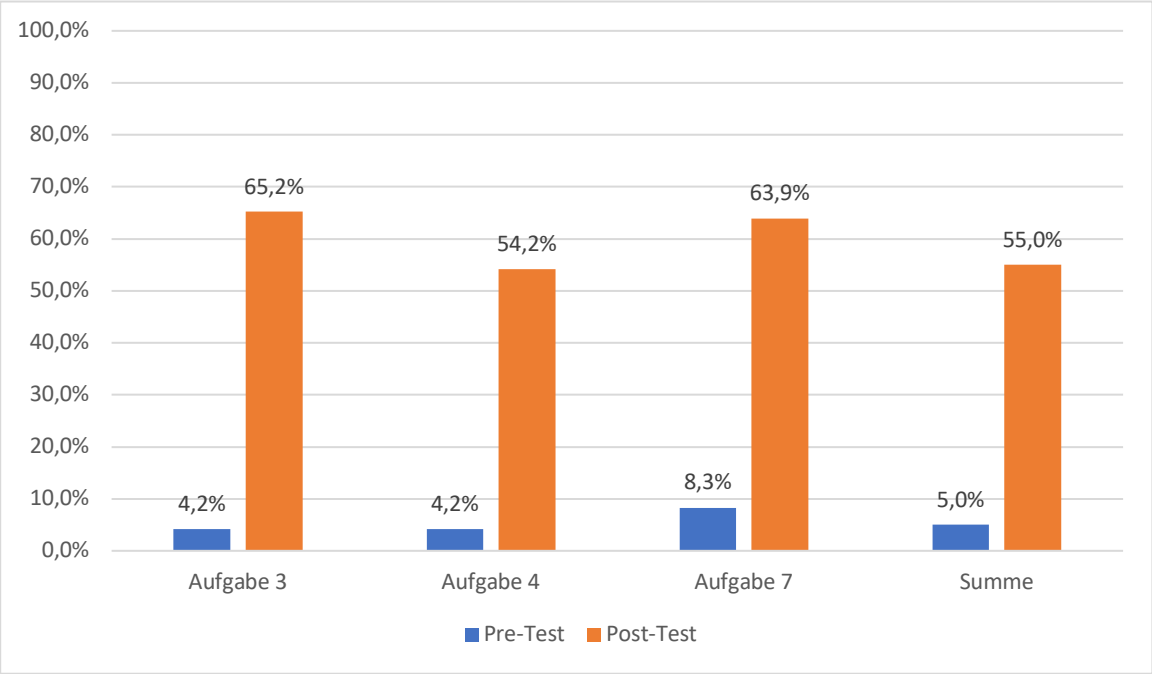


Abbildung 69 Vergleich der relativen Punkteverteilung im Pre-Post-Design, Aufgabe 3, 4 und 7 sowie deren Summen

Im Vergleich der relativen Punkteverteilung (h_r) ist in allen Aufgabenstellungen ein starker Anstieg zu erkennen. Dies lässt einen validen Lernzuwachs durch die Intervention in den beschriebenen Aufgabenstellungen andeuten.

Im Folgenden sollen die gegebenen Antworten der Schülerinnen und Schüler im Post-Test zu Aufgabenstellungen 3, 4 und 7 mit den gebildeten Fehlerkategorien des Pre-Tests verglichen werden.

Der Vergleich wird vor der Auswertung deduktiv um eine weitere Kategorie ergänzt.

(5) Es ist ein fachliches Konzept erkennbar. Die Angaben entsprechen vollständig den Erwartungen des Auswertebogens. Oder: Es ist ein fachliches Konzept erkennbar. Die Angaben entsprechen nicht vollständig dem Erwartungshorizont, weisen aber keine inhaltlichen Fehler auf.

	Aufgabe 3		Aufgabe 4		Aufgabe 7	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
Fehlerkategorie 1	6	1	6	1	12	5
Fehlerkategorie 2	6	4	10	4	5	4
Fehlerkategorie 3	7	0	6	0	4	0
Fehlerkategorie 4	5	0	2	0	3	2
Kategorie 5		19		19		13

Tabelle 51 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung der Pre- und Post-Tests

In der Betrachtung der absoluten Verteilung ist erkennbar, dass in Aufgabenstellung 3 und 4 jeweils 19 Schülerinnen und Schüler ein fachlich anerkanntes Konzept zu den Aufgabenstellungen beschreiben. Es ist vereinzelt nicht vollständig nach den Maßgaben des

Erwartungshorizonts beschrieben. Es können aber keine fachlich-falschen Anteile in der Antwort festgestellt werden.

Es ist zudem zu erkennen, dass keine Schülerinnen und Schüler eine sprachliche Vermischung der Ebenen in den Aufgabenstellungen im Post-Test verwenden (Fehlerkategorie 3). Dies deutet eine Erkenntnis der Ebenen-spezifischen Bedeutungen an. Die fachsprachlichen Äußerungen sollen in Forschungsfrage 2 differenzierter betrachtet werden.

In der Betrachtung der verschriftlichten Antworten ist zu erkennen, dass in der Zuordnung zur Kategorie 2 ausschließlich eine falsche Verwendung durch das Fachverb ‚aufnehmen' bzw. ‚abgeben' erzeugt wird. Die Schülerinnen und Schüler vertauschen den Aufnahme- und Abgabeprozess von Elektronen in ihren Antworten.

Werden die verschriftlichten Antworten kritisch betrachtet, so ist ein qualitativer, fachsprachlicher Zugewinn in allen Antworten erkennbar. Dies soll in Tabelle 52 beispielhaft dargestellt werden. Es werden die schriftlichen Antworten im Pre- und Post-Test verglichen. Als Beispiel werden die Teilnehmenden aufgeführt, welche bereits in der Beschreibung der Fehlerkategorien als Ankerbeispiele benannt werden.

Aufgabenstellung	3. Beschreibe deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.
Ankerbeispiel Fehlerkategorie 2	„Wenn sich das Zink-Atom mit einem anderen Atom reagiert. Und das jeweilige Elektron abgibt." (Schüler*in 10.2)
Antwort im Post-Test	„Indem das Zink Atom seine Außen Elektronen abgibt." (Schüler*in 10.2)
Aufgabenstellung	3. Beschreibe deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.
Ankerbeispiel Fehlerkategorie 3	„Kupfer muss genauso wie Zink mit einem anderen Element reagieren, um Elektronen aufzunehmen oder abzugeben." (Schüler*in 1.2)
Antwort im Post-Test	„Das Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und dann heißt es Kupfer-Atom." (Schüler*in 1.2)
Aufgabenstellung	3. Beschreibe deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.
Ankerbeispiel Fehlerkategorie 4	„Wenn man ein Kupfer-Ion und ein Kupfer-Atom vermischt entsteht eine Masse und aus der Masse wird etwas entnommen." (Schüler*in 7.2)
Antwort Post-Test	„Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen und wird zu Kupfer-Atom." (Schüler*in 7.2)

Tabelle 52 exemplarischer Vergleich der verschriftlichten Antworten im Pre-Post-Design

Alle schriftlichen Antworten deuten ein fachliches Konzept zu den Ionen- bzw. Atombildungsreaktionen an. Die Variation in den Antworten zeigt, dass kein vorgefertigter Satz auswendig gelernt und wiedergegeben wird.

Daraus wird eine Annahme für die Intervention abgeleitet. Die Intervention unterstützt die Teilnehmenden in der Verwendung fachsprachlicher Formulierungen zur Darstellung der eigenen Vorstellungen.

Zudem lässt sich deuten, dass die Intervention die Veränderung von alternativen Vorstellungen zu anerkannten fachlichen Konzepten unterstützt.

4.1.2.2. Zuordnung von Aussagesätzen

In einem weiteren Schritt sollen die Teilnehmenden vorgegebene Aussagesätze den Ebenen zuordnen. Tabelle 53 zeigt die absolute Verteilung der Angaben der Schülerinnen und Schüler und die relative Häufigkeit der erwarteten Antwort (h_r).

Aussagesatz	Zuordnung Beob.-Ebene	Zuordnung Vorst.-Ebene	Zuordnung Symb.-Ebene	Enth.	h_r
Ich sehe eine blaue Flüssigkeit (Erwartung: Beobachtungs-Ebene)	24	0	0	0	100 %
Ich messe eine Spannung von 3,4 V (Erwartung: Beobachtungs-Ebene)	12	2	10	0	50 %
Das Kupfer-Atom gibt zwei Elektronen ab. (Erwartung: Vorstellungs-Ebene)	3	20	1	0	83,3 %
Das Zink-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zum Zink-Atom. (Erwartung: Vorstellungs-Ebene)	2	20	2	0	83,3 %
Die LED leuchtet. (Erwartung: Beobachtungs-Ebene)	24	0	0	0	100 %
$Zn^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Zn$ (Erwartung: Symbol-Ebene)	0	1	23	0	95,3 %
Die Elektronen bewegen sich von der Zink-Halbzelle zur Kupfer-Halbzelle (Erwartung: Vorstellungs-Ebene)	0	23	0	1	95,3 %
$Zn\|Zn^{2+}\|\|Cu^{2+}\|Cu$ (Erwartung: Symbol-Ebene)	0	1	23	0	95,3 %

Tabelle 53 Verteilung der beantworteten Zuordnungen zu Aussagesätzen, Post-Test Aufgabe 8

Die relativen Häufigkeiten der erwarteten Antworten sind übergreifend sehr hoch. Aussage 2 „Ich messe eine Spannung von 3,4 V." weist mit 50 % den geringsten Wert der Zuordnung auf. Es ist bei der Aussage anzunehmen, dass die Schülerinnen und Schüler den Begriff Spannung nicht eindeutig aus dem Kontext transferieren können. Da insbesondere

der letzte Knotenpunkt der Symbol-Ebene den Spannungsbegriff erneut aufgreift und für weitere Bearbeitungen nutzt, ist die hohe Zuweisung zu dieser Ebene erklärbar.

Alle weiteren Aussagen werden mit mindestens 83,3 % den erwarteten Ebenen zugeordnet. Das lässt ableiten, dass den Schülerinnen und Schülern durch die Bearbeitung der Lernumgebung die Bedeutung der Ebenen deutlich wird und sie Aussagen der Ebenen inhaltlich erkennen können.

Dies wird durch die Analyse der Metabeschreibungen der Ebenen durch die Schülerinnen und Schüler bestätigt.

In der Auswertung der gegebenen Antworten wird erkannt, dass die Schülerinnen und Schüler die Beobachtungs- und Vorstellungs-Ebene vollständig zutreffend beschreiben können. In der Auswertung der Symbol-Ebene werden drei Äußerungen erkannt, welche nicht mit den definierten Grundlagen dieser Arbeit übereinstimmen.

Den Aussagen der Schülerinnen und Schüler lassen sich jedoch induktiv Kategorien zuordnen. Diese werden im Folgenden dargestellt.

4.1.2.3. Kategorisierung der Metabeschreibung der Ebenen

Kategorie	Anzahl	Beispiel
Kategorie 1: Beschreibung der Beobachtungs-Ebene mithilfe von reinen Beobachtungsprozesse bzw. Wahrnehmungen mit den Augen.	10	„Die Beobachtungsebene ist dort alles was du sehen kann und endecken Alles was du mit den Augen siehst“ (Schüler*in 7.2, Post-Test Aufgabe 9, S. 3)
Kategorie 2: Beschreibung der Beobachtungs-Ebene mithilfe von Sinneswahrnehmungen (sehen, hören, riechen, fühlen, schmecken).	7	„Bei der Beobachtungsebene wird beobachtet, das heißt was ich sehe, höre, fühle, ... gehört zu dieser Ebene.“ (Schüler*in 10.1, Post-Test Aufgabe 9, S.3)
Kategorie 3: Beschreibung der Beobachtungs-Ebene mithilfe von Beobachtungsprozessen bei Experimenten oder durch die Durchführung eines Experiments	6	„Dort wird erklärt, was man bei dem Experiment erkennen/beobachten konnte.“ (Schüler*in 12.1, Post-Test Aufgabe 9, S.3)
Kategorie 4: Beschreibung der Beobachtungs-Ebene mithilfe von Beobachtungsprozessen bei Experimenten und der Durchführung von Messungen.	1	„Das ist die Beobachtung beziehungsweise dort wird experimentirt, durch gemessen und Co“ (Schüler*in 3.1, Post-Test Aufgabe 9, S.3)

Tabelle 54 induktive Codierung, Beschreibung der Beobachtungs-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 9

Die Auswertung der qualitativen Aussagen der Schülerinnen und Schüler zur Metabeschreibung der Beobachtungs-Ebene zeigt, dass diese in vier Kategorien eingeteilt werden können. Der größte Teil der Schülerinnen und Schüler beschreibt die Beobachtungs-Ebene als Wahrnehmungs-Ebene mit den Augen. Ein weiterer Teil der Schülerinnen und Schüler ergänzt dies um die Wahrnehmung durch die körperlichen Sinne.

Ein Viertel der Schülerinnen und Schüler beschreibt die Ebene mit der Durchführung von Experimenten. Ein Teilnehmender beschreibt zusätzlich den Messungsprozess.

Die Schülerinnen und Schüler können wichtige Inhalte der Ebene wiedergeben. Sie beschreiben alle Prozesse als reine Betrachtung der makroskopischen Ebene. Es wird dadurch angenommen, dass durch die Intervention die Bedeutung der Beobachtungs-Ebene verständlich aufgenommen wird.

Kategorie	Anzahl	Beispiel
Kategorie 1: Beschreibung der Vorstellungs-Ebene durch vielfältige mentale Vorstellungen ohne weitere Abgrenzungen.	6	„Das ist alles was wir uns im Kopf denken“ (Schüler*in 8.1, Post-Test Aufgabe 10, S.3)
Kategorie 2: Beschreibung der Vorstellungs-Ebene durch mentale Vorstellungen als Unterstützungsinstrument zur Erklärung.	8	„In der Vorstellungs-Ebene kann man sich das vorstellen was passiert. In dieser Ebene wird erklärt, was genau passiert.“ (Schüler*in 12.1, Post-Test Aufgabe 10, S.3)
Kategorie 3: Beschreibung der Vorstellungs-Ebene durch mentale Vorstellungen mit Bezug zu Materiebausteinen.	5	„In der Vorstellungsebene ist alles was mit Atomen zutun hat dabei, also was wir nicht sehen.“ (Schüler*in 9.1, Post-Test Aufgabe 10, S. 3)
Kategorie 4: Beschreibung der Vorstellungs-Ebene durch mentale Vorstellungen und Andeutung der Nutzung von Modellen zur Erklärung	5	„man kann es beweisen, aber wenn z.B. was so klein ist, reichen nur Sinnbilder die verdeutlichen was man meint.“ (Schüler*in 9.2, Post-Test Aufgabe 10, S. 3)

Tabelle 55 induktive Codierung, Beschreibung der Vorstellungs-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 10

Die Beschreibung der Vorstellungs-Ebene zeigt ebenfalls eine vollständige Übereinstimmung zu Definitionsinhalten dieser Arbeit. Auch diese Ebene beschreiben die Schülerinnen und Schüler differenziert mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Diese sind sehr gleichmäßig auf die Lerngruppe verteilt.

Die Schülerinnen und Schüler beschreiben übergreifend in allen Angaben Prozesse, die ausschließlich mental stattfinden. Es wird daraus abgeleitet, dass ihnen somit bewusst ist, dass diese Ebene alle nicht sichtbaren Prozesse darstellt.

Es ist auffällig, dass die induktiv gebildeten Kategorien den vorüberlegten Namen zur Bezeichnung der Vorstellungs-Ebene entsprechen (vgl. Kapitel 3.2.3). Diese sind Erklärungs-Ebene, Teilchen-Ebene und Modell-Ebene. Diese Benennungen sind aber aus den dargestellten Gründen abgelehnt worden.

Es lässt sich aber dadurch ableiten, dass die Schülerinnen und Schüler auch die verschiedenen Inhalte der submikroskopischen Ebene erfassen und wiedergeben können.

Kategorie	Anzahl	Beispiel
Kategorie 1: Tautologie; Beschreibung der Symbol-Ebene durch die reine Verwendung von Symbolen/Elementsymbolen.	11	„Damit sind die Symbole gemeint wie z.B. Sauerstoff = O“
Kategorie 2: Beschreibung der Symbol-Ebene durch die Verwendung von Abkürzungen.	2	„Es sind Abkürzungen die beschreiben was passiert/was man sieht“ (Schüler*in 9.2, Post-Test Aufgabe 11, S. 3)
Kategorie 3: Beschreibung der Symbol-Ebene durch Nutzungen von Gleichungen und Formeln	8	„In der Ebene stellt man Formeln auf.“ (Schüler*in 8.2, Post-Test Aufgabe 11, S.3)
Kategorie 4: Beschreibung der Symbol-Ebene als zusammenfassende Ebene für alle Prozesse; es wird die Struktur eines Versuchsprotokolls angedeutet.“	2	„Hier schreibt man alles genau auf Beobachtung, Formeln und Ergebnisse“ (Schüler*in 3.1, Post-Test Aufgabe 11, S.3)
Kategorie 5: keine Äußerung	1	„“ (Schüler*in 5.2, Post-Test Aufgabe 11, S.3)

Tabelle 56 induktive Codierung, Beschreibung der Symbol-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 11

Die Beschreibung der Symbol-Ebene wird nicht ausdifferenziert von den Schülerinnen und Schülern beschrieben. Elf Teilnehmende geben ausschließlich an, dass darin Symbole verwendet werden. Zwei weitere Teilnehmende reduzieren die Ebene auf die Verwendung von Abkürzungen.

Acht Lernende beschreiben die Ebene zur Darstellung von Formeln.

Zwei Teilnehmende beschreiben die Symbol-Ebene als zusammenfassende Ebene. Es ähnelt der Beschreibung eines Versuchsprotokolls.

Eine Person gibt keine Angabe an.

Es zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler die Symbol-Ebene nicht eindeutig beschreiben können. Dies scheint auch durch die Ausgangslage begründbar zu sein, dass sie Teilnehmenden größtenteils nicht dazu in der Lage sind Reaktionsgleichungen aufzustellen. Es mag kein differenziertes Verständnis der Ebene durch die Intervention erreicht werden.

Abschließend soll ergänzt werden, dass mit den Schülerinnen und Schülern acht Wochen nach der Durchführung ein follow-up-Test durchgeführt wird. Durch die gleiche Verwendung des Pre-Tests soll ein Hinweis herausgearbeitet werden, inwieweit die erlernten Fähigkeiten nachhaltig sind.

Der Autor merkt an, dass die Lehrkräfte die Vorlage der Lernumgebung ausgestellt bekommen haben. Nach Rückfragen sind die Inhalte in den zwei darauffolgenden Chemie-Stunden als bestehende Planung innerhalb des Unterrichtvorhabens durchgeführt worden, drei weitere Unterrichtsstunden sind ausgefallen. Es fand eine Unterrichtsstunde mit der Thematisierung von Korrosion und Korrosionsschutz statt. Es fiel eine weitere

Unterrichtsstunde aus. In der folgenden Unterrichtsstunde wurde der follow-up Test geschrieben.

	follow up A1	follow up A2	follow up A3	follow up A4	follow up A5	follow up A6	follow up A7	Summe
Schüler*in 1.1	3	1	0	0	0	0	3	7
Schüler*in 1.2	3	0	0	0	0	0	1	4
Schüler*in 2.1	1	-	0	0	2	-	-	3
Schüler*in 2.2	-	-	-	-	2	-	-	2
Schüler*in 3.1	2	3	1	0	2	0	-	8
Schüler*in 3.2	2	2	-	-	4	-	-	8
Schüler*in 4.1	3	1	0	0	0	0	-	4
Schüler*in 4.2								
Schüler*in 5.1	3	3	2	2	4	0	-	14
Schüler*in 5.2	-	1	-	-	-	-	-	1
Schüler*in 6.1	2	3	0	1	-	-	-	6
Schüler*in 6.2	1	4	0	0	0	-	0	5
Schüler*in 7.1	0	0	0	0	2	0	0	2
Schüler*in 7.2								
Schüler*in 8.1	2	3	-	-	2	0	-	7
Schüler*in 8.2	2	0	0	0	0	0	-	
Schüler*in 9.1	3	2	-	-	2	-	3	10
Schüler*in 9.2	2	1	2	-	4	-	-	9
Schüler*in 10.1	0	0	2	2	4	-	0	8
Schüler*in 10.2	2	0	2	2	2	-	1	9
Schüler*in 11.1	1	0	0	0	0	-	-	1
Schüler*in 11.2	2	0	0	1	3	-	-	6
Schüler*in 12.1	3	4	0	0	2	-	-	9
Schüler*in 12.2	2	3	0	0	4	-	-	9
Summe	39	31	9	8	39	0	8	134
arithm. Mittel	1,77	1,41	0,41	0,36	1,77	0	0,36	6,09
h_r	59,1 %	17,6 %	13,6 %	12,1 %	44,3 %	0 %	12,1 %	20,3 %

Tabelle 57 numerische Auswertung follow up Test

Am follow-up-Test haben 22 Schülerinnen und Schüler teilgenommen.

Es zeigt sich, dass acht Schülerinnen und Schülern die Ebenen noch vollständig benennen können. Acht weitere Teilnehmende können zwei Ebenen benennen.

Die Benennung beinhaltet entweder die Namen, welche in der Intervention verwendet werden oder gleicht den Synonymen, welche durch den bedeutungstragenden Inhalt die passende Ebene beschreibt. Dies zeigt, dass die Bezeichnungen der Ebenen nachhaltig sind und von den Schülerinnen und Schülern leicht reproduziert werden können.

Auswertung der Forschungsfragen

Bei der Benennung von zwei Ebenen ist auffällig, dass die Schülerinnen und Schüler insbesondere die Beobachtungs- und Vorstellungs-Ebene benennen, bzw. durch Synonyme wie „Denk-Ebene“ (Schüler*in 5.1) oder „Experimentier-Ebene“ (Schüler*in 9.1) bezeichnen.

Im Folgenden sollen abschließend die Antworten der Schülerinnen und Schüler erneut qualitativ den Fehlerkategorien zugeordnet werden, wie sie durch die Auswertung des Post-Tests bestehen.

	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 7
Fehlerkategorie 1	5	6	15
Fehlerkategorie 2	6	5	2
Fehlerkategorie 3	3	3	0
Fehlerkategorie 4	0	0	2
Kategorie 5	8	8	3

Tabelle 58 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung des follow up-Tests

Aufgabe 7 soll in der weiteren Betrachtung außer acht gelassen werden, da durch die hohe Anzahl an nicht gegebenen Antworten keine Aussage über diese getroffen werden können.

Es zeigt sich in der Auswertung, dass bei jeweils acht Schülerinnen und Schülern ein fachlich anerkanntes Konzept vorliegt und sie dieses auch teilweise oder vollständig gemessen am Erwartungshorizont beschreiben können. Gemessen an der Gesamtlerngruppe, die an der Intervention teilgenommen hat, ist jeder dritte Teilnehmende auch nach acht Wochen dazu in der Lage die Konzepte fachinhaltlich und fachsprachlich korrekt darzustellen. Dies lässt eine nachhaltige Förderung der Intervention andeuten

Bei neun Schülerinnen und Schülern in Aufgabenstellung 3 und acht Teilnehmenden in Aufgabe 4 werden anerkannte fachliche Vorstellungen angedeutet, doch fachsprachliche Ungenauigkeiten oder die falsche Verwendung von Fachbegriffen widersprechen teilweise dem Erwartungshorizont. Dies unterstützt die Forderung nach einer konsequenten fachsprachlichen Förderung.

Es soll abschließend nochmals betont werden, dass die dargestellten, quantifizierten Ergebnisse kritisch zu betrachten sind. Es wird hervorgehoben, dass kein Anspruch auf Übertragbarkeit in eine andere Lerngruppe erhoben wird.

Dennoch ist insbesondere in der Auswertung der qualitativen Analyse der Daten bei allen Teilnehmenden eine fachsprachliche Verbesserung und/oder die Veränderung zu fachlich anerkannten Vorstellungen zu erkennen. Dies lässt die Annahme begründen, dass die Intervention eine fachsprachliche und inhaltliche Förderung für die Schülerinnen und Schüler anbietet und dies in dem dargestellten Lernzuwachs erkennbar ist. Dies müsste in nachfolgender Forschung beispielsweise durch eine Vergleichsstudie belegt werden.

4.1.3. Zusammenfassende Auswertung und Diskussion

Im Folgenden soll eine Zusammenfassung der aufgeführten Auswertung erfolgen, um eine Antwort der ersten Forschungsfrage zu benennen:

Inwiefern werden die inhaltlichen/fachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?

Es wird in der Auswertung der Angaben der Lernumgebung festgestellt, dass in den verschiedenen Knotenpunkten sowohl Ebenen-spezifische als auch fachlich-korrekte Vorstellungen bei den Teilnehmenden erkennbar sind oder interpretiert werden können.

Während der Bearbeitungszeit der Lernumgebung werden keine fachlichen oder sprachlichen Informationen an die Teilnehmenden initiativ gegeben. Die Angaben innerhalb der Lernumgebung stellen somit die selbstständige Erarbeitung der Teilnehmenden dar. Unter der Berücksichtigung dieser Bedingungen werden weitere Annahmen abgeleitet.

Erstens wird angenommen, dass die Teilnehmenden durch die Lernumgebung entweder fachlich-anerkannte Vorstellungen bilden bzw. ihre Vorstellungen zu fachlich-anerkannten Konzepten verändern. Zweitens wird beobachtet, wenn die Teilnehmenden bereits vor der Intervention fachlich-anerkannte Vorstellungen besitzen, so ist ableitbar, dass die Lernumgebung diese aktivieren kann und die Teilnehmenden aktiviert werden, diese fachlich-anerkannten Vorstellungen wiederzugeben.

In der Auswertung des Pre-Post-Designs werden insbesondere die Angaben zu den Ionen- und Atombildungsreaktionen auf der submikroskopischen Ebene betrachtet. Diese lassen sich in den Aufgabenstellungen 3 und 4 des Pre-Post-Tests mit den Ionen- und Atombildungsreaktionen der Intervention vergleichen.

Es zeigt sich, dass kein Teilnehmender vor der Intervention dazu in der Lage war, vollständig oder nahezu vollständig, unter der Berücksichtigung einer korrekten Fachsprache die Vorstellungen zu Ionen- und Atombildungsreaktionen darstellen zu können. Es lassen sich bei 13 Schülerinnen und Schülern in der Ionenbildungsreaktion und bei 16 Schülerinnen und Schülern in der Atombildungsreaktion fachlich-anerkannte Konzepte erkennen, doch können diese durch fehlende fachsprachliche Kompetenzen nicht angemessen dargestellt werden. Im Post-Test sind in beiden Aufgabenstellungen 19 Schülerinnen und Schüler dazu in der Lage vollständig oder nahezu vollständig, die Antworten ohne fachsprachlich-falsche Bezeichnungen zu geben. Die induktive Kategorisierung der Angaben im Pre-Test zeigt in den aufgeführten Beispielen auf, dass bei den Teilnehmenden aller Fehlerkategorien fachsprachliche und fachinhaltliche Verbesserungen zu erkennen sind.

Es wird daraus abgeleitet, dass die Schülerinnen und Schüler während der Intervention fachlich-anerkannte Vorstellungen entwickeln bzw. ihre Vorstellungen zu fachlich-anerkannten Konzepten verändern. Wenn sie bereits vor der Intervention eine fachlich-anerkannte Vorstellung besaßen, so sind sie nach der Intervention dazu in der Lage diese fachsprachlich angemessen auszudrücken.

Auswertung der Forschungsfragen

Es zeigt sich insbesondere in der Bearbeitung der Animationen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene, dass ein überwiegender Anteil der Schülerinnen und Schüler dazu in der Lage ist, die Ionen- bzw. Atombildungsreaktionen zu beschreiben.

Dies lässt die Annahme zu, dass die kleinschrittig aufbereiteten Animationen die Teilnehmenden zur Bildung von bzw. zur Veränderung zu fachlich-anerkannten Vorstellungen begünstigt oder vorher fachlich-anerkannte Vorstellungen aktiviert.

Es zeigt sich in allen qualitativen Auswertungen, dass die Schülerinnen und Schüler jedoch neben den fachsprachlichen Fehlern auch allgemeine sprachliche Äußerungen falsch formulieren. Es wird kein sprachliches Vermögen der Schülerinnen und Schüler in diesem Projekt erhoben, jedoch lassen sich diese mangelnden sprachlichen Fähigkeiten der Schriftsprache durch die dargestellten Beispiele belegen. Unter dieser Berücksichtigung werden die oben formulierten Annahmen und Forderungen deutlich unterstützt.

Die beschriebenen Annahmen erheben keinen Anspruch auf die Übertragbarkeit auf eine andere Lerngruppe. Sie müssten daher in weiterführender Forschung überprüft werden, was jedoch keinen Bestandteil dieser vorgelegten Arbeit darstellt.

Die Auswertung des Pre-Post-Designs zeigt zudem, dass alle Schülerinnen und Schüler nach der Intervention die drei Ebenen nach Johnstone benennen können. Dies weist daraufhin, dass die Bezeichnungen der Ebenen für die Teilnehmenden nachvollziehbar, verständlich und leicht reproduzierbar ist. Dies wird zudem durch die Beschreibungen der Ebenen der Schülerinnen und Schüler unterstützt. Diese sind vielfältig und ausdifferenziert. Unter der Beachtung, dass keine weiteren Informationen von außen während der Intervention an die Schülerinnen und Schüler gegeben werden und die Ebenen ausschließlich in einer kurzen Einführung erklärt werden, ist anzunehmen, dass die Teilnehmenden durch die Intervention die Bedeutung der Ebenen inzidentell erfassen. Es können somit keine Hürden in der Erfassung der Ebenen erkannt werden. Dadurch wird die Forderung nach einem Einsatz der Differenzierung der Ebenen in allen Lernphasen der Schülerinnen und Schüler unterstützt. Dies kann offensiv mit den Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden, da sie sehr schnell dazu in der Lage sind, diese zu erfassen.

In welcher Weise die Schülerinnen und Schüler dazu in der Lage sind, fachsprachlich in den Ebenen zu unterscheiden, soll in der folgenden Forschungsfrage beantwortet werden.

4.2. Forschungsfrage 2: In welcher Weise werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?

In diesem Kapitel wird die Datenauswertung und -analyse zur zweiten Forschungsfrage beschrieben. Dazu werden die Auswertungsgrundlagen, wie Auswertebögen und Codierleitfäden transparent beschrieben und die daraus resultierenden Ergebnisse verschieden aufbereitet dargestellt. Die Beantwortung dieser Forschungsfrage wird in der Auswertung durch die Differenzierung in drei Subfragen erarbeitet:

2.1 Inwieweit werden die Aufgabenstellungen von den Schülerinnen und Schülern fachsprachlich richtig bearbeitet?
2.2 Inwiefern lässt sich ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?
2.3 Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene fachsprachlich korrekte Formulierungen?

Die Subfragen werden zunächst einzeln ausgewertet und analysiert. Abschließend werden die Erkenntnisse und Annahmen zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage zusammengefasst.

4.2.1. Subfrage 2.1: Inwieweit werden die Aufgabenstellungen von den Schülerinnen und Schülern fachsprachlich richtig bearbeitet?

Durch die Verschriftlichung von Antworten zu den gegebenen Lernaufgaben legen die Schülerinnen und Schüler eine Formulierung fest. Die verbale Diskussion zur Antwortfindung ist für die Teilnehmenden dadurch abgeschlossen und sie formulieren ihre Positionierung zur Aufgabenstellung. Durch die transparente Trennung der Ebenen nach Johnstone wird eine differenzierte Kommunikation im Bereich der Ebenen durch die Lernumgebung beabsichtigt. In der Beantwortung der Subfrage soll dargestellt werden, inwieweit die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellungen fachsprachlich-richtig beantwortet haben. Dazu wird im Folgenden ein fachsprachlicher Erwartungshorizont an die Lernaufgaben vorgestellt und eine Kodierung der verschriftlichten Antworten anhand des Rasters durchgeführt.

Zur Auswertung der verschriftlichen Antworten der Schülerinnen und Schüler ist ein Konkretisierungsraster (vgl. Kapitel 1.4.3) für jede Aufgabenstellung der Lernumgebung konzipiert worden. Tabelle 59 zeigt beispielhaft das erarbeitete Konkretisierungsraster für die Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene.

Aufgabenstellung		**Beschreibe** die Reaktion in der Zink-Halbzelle
Sprachhandlung		beschreiben
Ausformulierter sprachlicher Erwartungshorizont		Ein Zink-Atom gibt (zwei) Elektronen ab. Das Zink-Atom wird zu einem Zink-Ion. (möglicher Zusatz: Die Elektronen fließen zur Kupfer-Halbzelle /alternativ: Die Elektronen wandern/fließen/gehen weg).
Sprachliche Mittel	Wortebene	-s Zink-Atom, -s Zink-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, zu etw. werden
	Satz- und Textebene	gibt ... ab (Verbklammer durch Partikelverb) fließen/wandern/gehen zu (Präpositionalverb) Zink-Atom ... Zink-Ion (Differenzierung der lexikalischen Morpheme)

Tabelle 59 Konkretisierungsraster zur Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene

Für jede Aufgabenstellung ist ein Konkretisierungsraster nach dem dargestellten Schema erstellt, diese können der Anlage I entnommen werden.

Die Konkretisierungsraster sind zunächst innerhalb der Erstellungsphase der Lernumgebung zur Analyse der sprachlichen Hürden verwendet worden, um diese für die Lernenden zu reduzieren oder um sprachliche Hilfsmittel zu erarbeiten, welche die Lernenden in der Formulierung ihrer Antworten unterstützen soll. Nach der Analyse sind die Konkretisierungsraster an die überarbeiteten Aufgabenstellungen angepasst worden. Sie dienen im Rahmen der Auswertung der Subfrage als Erwartungshorizont der formulierten Antworten.

Der Autor merkt an dieser Stelle an, dass mit fachsprachlich-korrekten Formulierungen im Zusammenhang dieser Fragestellung die fachsprachlichen Verschriftlichungen der Teilnehmenden verstanden werden, welche von ihnen im Zusammenhang mit dieser Lernumgebung und vor der Berücksichtigung ihrer Vorkenntnisse erwartet werden können.

Eine andere Betrachtung des Sprachregisters Fachsprache müsste beispielsweise auch einen Laborjargon (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018) zulassen, welcher jedoch – wie im theoretischen Teil dieser Arbeit – in der Kommunikation mit den Lernenden vermieden werden soll. Somit darf dies in der sprachlichen Auswertung der Antworten der Schülerinnen und Schüler nicht als korrekt betrachtet werden. Der Begriff Unterrichtssprache oder unterrichtssprachlich-korrekt wird in diesem Zusammenhang jedoch als zu allgemein betrachtet und gibt keinen hinreichenden Hinweis auf die Ebenen-spezifische Kommunikation, so dass dadurch die Verwendung der Zuordnung fachsprachlich-korrekt in dem beschriebenen Kontext als angemessen betrachtet wird.

Es wird in dieser Arbeit eine Differenzierung zwischen fachsprachlich-korrekten Formulierungen und fachlich-inhaltlichen Formulierungen vorgenommen. Zudem wird angenommen, dass eine Antwort eines Lernenden fachlich-inhaltlich nur dann richtig sein kann, wenn sie auch fachsprachlich-korrekt ist. Eine Äußerung kann aber auch

fachsprachlich-korrekt sein, wenn sie fachlich-inhaltlich falsch ist. Als Beispiel soll an dieser Stelle ein Beispiel aus dem Datenmaterial dienen.

Aufgabenstellung	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. **Schreibe** jede Aussage um, so dass sie richtig sind.
vorgegebene, fehlerhafte Aussage in der Aufgabenstellung	Ein Kupfer-Atom nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Kupfer-Ion.
Erwartete Antwort	Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom.
Antwort Schüler*in 1.1	„Ein Kupfer Ion nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Kupfer Atom“

*Tabelle 60 Antwort Schüler*in 1.1 zur Aufgabenstellung 2c) des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene*

Die formulierte Antwort von Schüler*in 1.1 aus Tabelle 60 stellt dar, dass die Aussage gemessen am sprachlichen Register korrekt ist. Sie beinhaltet eine numerische Abweichung, die einen fachlich-inhaltlichen Unterschied bedeutet, welcher in der Auswertung dieser Subfrage nicht berücksichtigt werden soll. Die fachlich-inhaltlichen Abweichungen vom Erwartungshorizont sind im Kapitel 4.1.2 zur Forschungsfrage 1 klassifiziert worden.

Auch Abweichungen von grammatikalischen und orthografischen Anforderungen werden ebenfalls als fachsprachlich-korrekt angesehen, wenn nicht von inhaltstragenden Bestandteilen abgewichen wird. Tabelle 61 zeigt ein Beispiel, welches eine grammatikalische Abweichung vom Erwartungshorizont vorstellt, welche als fachsprachlich-korrekt anerkannt wird.

Aufgabenstellung	**Formuliere** die Wortgleichungen für die chemischen Reaktionen mithilfe der Wortgeländer.
erwartete Antwort	Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Zink-Ion.
Antwort Schüler*in 5.1	„Das Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und werden Zink-Ion.“

*Tabelle 61 Antwort von Schüler*in 5.1 zur Aufgabenstellung 1a des ersten Knotenpunktes der Symbol-Ebene*

Tabelle 61 zeigt beispielhaft eine orthografische Abweichung vom Erwartungshorizont, welche eine semantische Unterscheidung erzeugt und damit als fachsprachlich-falsch klassifiziert wird. Die Abkürzung ‚e‘ wird in der Lernumgebung und allgemein in der Chemie als Kommunikationsbestandteil der Symbol-Ebene genutzt, zudem liefert sie keinen ausreichenden Hinweis auf die Bedeutung Elektrolyt-Lösung.

Aufgabenstellung	Die Zeichnung stellt das Daniell-Element dar. 1) **Beschrifte** die einzelnen Bestandteile
Erwartete Antwort	Beschriftung der skizzierten Lösungen als Zinksulfat-Lösung und Kupfersulfat-Lösung, alternativ: Elektrolyt-Lösung
Antwort Schüler*in 12.1	e.Lösung

*Tabelle 62 Antwort Schüler*in 12.1 zur Aufgabenstellung 1) des Sicherungsknotens*

Die formulierten Antworten der Schülerinnen und Schüler werden durch zwei Personen nach den angegebenen Erwartungshorizonten codiert. Die Codierenden können nummerische Abweichungen – wie im oben angegebenen Beispiel Tabelle 61 dargestellt – als fachsprachlich-korrekt kategorisieren.

Wie den Konkretisierungsrastern zu entnehmen ist, sind die zu erwartenden schriftlichen Antworten der Teilnehmenden auf wenige Aussagesätze pro Aufgabenstellung beschränkt. Die Aufgabenstellungen fordern jedoch einzeln Ebenen-spezifische, fachsprachlich-korrekte Formulierungen. Somit unterscheiden die Codierenden in der Auswertung ausschließlich in fachsprachlich-korrekt und fachsprachlich-falsch. Sollte innerhalb der Antwort einer Aufgabenstellung ein fachsprachlich-falscher Bestandteil klassifiziert worden sein, so wird die gesamte Antwort als fachsprachlich-falsch eingeordnet. In einem weiteren Schritt werden die fachsprachlich-falschen Äußerungen herausgearbeitet und induktiv kategorisiert, um diese zu analysieren und mögliche Zusammenhänge zum Lernmaterial ableiten zu können.

Die Codierenden haben zudem herausgearbeitet, ob die Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Partnergruppe die gleichen Antworten notiert haben oder in ihren schriftlichen Äußerungen voneinander abgewichen sind.

Die Sichtung des Datenmaterials hat aufgezeigt, dass es facettenreiche Abweichungen zu den formulierten Erwartungshorizonten gibt. Diese sind in einem ersten Schritt markiert und dann in einer Teamsitzung einzeln besprochen worden. Die Abweichungen vom Erwartungshorizont sind innerhalb der Teamsitzung in Bezug auf ihre fachsprachliche Korrektheit beurteilt worden und wurden anhand dieser Beurteilung als fachsprachlich-korrekt anerkannt oder abgelehnt. Die Abweichungen vom Erwartungshorizont werden insbesondere in der Variation von Verben zugelassen. Abweichungen von lexikalischen Morphemen zur Differenzierung der Ebenen nach Johnstone werden ausschließlich als fachsprachlich-falsch klassifiziert.

Sollten die Codierenden zu unterschiedlichen Aussagen gekommen sein, so wurde die schriftliche Antwort innerhalb einer Teamsitzung diskutiert und durch zwei weitere Codierende bewertet. Im Rahmen dieser Sitzung ist eine Beurteilung der Antwort in Bezug auf ihre fachsprachliche Korrektheit getroffen worden.

4.2.1.1. Darstellung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse differenziert nach den Ebenen und Differenzierungsstufen dargestellt. Zur besseren Übersicht werden die Daten zudem tabellarisch aufbereitet.

Innerhalb der tabellarischen Darstellung werden die Daten zur vereinfachten Übersicht farblich markiert. Die Kategorisierung soll Tabelle 63 entnommen werden. Die Angabe ‚korrekt' oder ‚korr.' innerhalb der Tabelle ist als Hinweis auf eine fachsprachliche Korrektheit der Antwort der Teilnehmenden zu verstehen. Die Angabe ‚falsch' oder ‚f' innerhalb der Tabelle ist als fachsprachlich-falsche Klassifizierung der gegebenen Antwort der Lernenden zu lesen.

Farbliche Codierung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen	
fachsprachlich-korrekte Antwort	fachsprachlich-falsche Antwort
Farbliche Codierung in der Betrachtung der schriftlichen Antworten einer Partnergruppe	
Schriftliche Schüler*innen-Antworten einer Partnergruppe sind identisch.	Schriftliche Schüler*innen-Antworten einer Partnergruppe sind nicht identisch.

*Tabelle 63 Farbliche Codierung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen; differenziert nach fachlicher Korrektheit und Übereinstimmung innerhalb einer Partnergruppe*

Die Daten werden in der Reihenfolge des in der Lernumgebung vorgeschlagenen Lernpfades dargestellt.

4.2.1.1.1. Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an dieser Stelle an, dass Aufgabenstellung 1 den Aufbau eines Experimentes darstellt und somit keine schriftliche Anforderung an die Schülerinnen und Schüler stellt. Diese Aufgabenstellung kann folglich in dieser Subfrage nicht zu einer Beantwortung der Nutzung von fachsprachlich-korrekten Äußerungen beitragen und wird deshalb nicht berücksichtigt. Zudem wird angemerkt, dass Aufgabenstellung 6 eine Zuordnungskompetenz von den Lernenden fordert, es wird somit keine schriftliche fachsprachliche Kompetenz erhoben und soll in dieser Subfrage nicht weiter beachtet werden. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

	A2	A3	A4	A5
Schüler*in 1.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 1.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 2.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 2.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja	ja	ja
Schüler*in 3.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 3.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 4.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 4.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 5.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 5.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	ja	nein
Schüler*in 6.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 6.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	ja
Schüler*in 7.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 7.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	nein	nein
Schüler*in 8.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 8.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	ja	ja
Schüler*in 9.1	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 9.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 10.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 10.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 11.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 11.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 12.1	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 12.2	korr.	korr.	korr.	korr.
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	ja	ja

*Tabelle 64 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Bevor die Daten weiter beschrieben werden, soll angemerkt werden, dass das fehlende Datenmaterial von Schüler*in 9.1 durch ein technisches Problem während der Bearbeitungszeit und nicht durch eine Nichtbearbeitung zustande kam. Die Daten konnten jedoch nicht reorganisiert werden.

Tabelle 64 zeigt, dass alle Formulierungen der Teilnehmenden als fachsprachlich richtig bewertet werden. Die Aufgabenstellungen fordern eine Beschreibungskompetenz der Schülerinnen und Schüler. Diese kann von allen Lernenden erfüllt werden. In 29 Fällen wird festgestellt, dass die Teilnehmenden einer Partnergruppe unterschiedliche Formulierungen nutzen.

Werden die Antworten innerhalb dieser Partnergruppen betrachtet, so zeigt sich keine fachsprachliche Veränderung, sondern ausschließlich ein unterschiedlicher Satzbau oder ein Unterschied in der Ausführlichkeit der Antworten. Abbildung 70 verdeutlicht dies aus dem Datenmaterial von Partnergruppe 11.

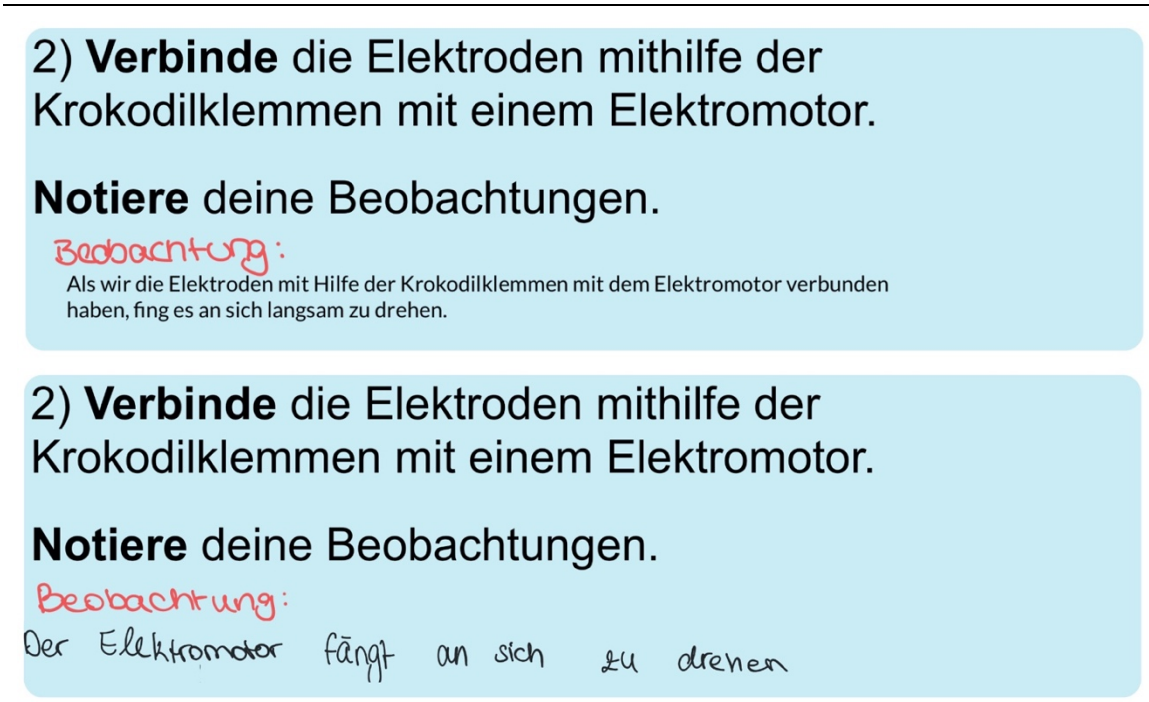


*Abbildung 70 Beispiel Partnergruppe 11 – unterschiedlich formulierte, schriftliche Antworten, Angabe Schüler*in 11.1 (oben), Angabe Schüler*in 11.2 (unten)*

Das Beispiel zeigt, dass beide Teilnehmenden die fachsprachlichen Anforderungen erfüllen. Die fachsprachlichen Anforderungen bestehen aus der Benennung des Elektromotors, sprachlich verknüpft mit der Zusammensetzung des Prädikats zwischen dem reflexiven Verb ‚sich drehen' und dem Verb ‚beginnen' oder dem trennbaren Verb ‚anfangen'.

Aus den gegebenen Antworten lässt sich ableiten, dass die Schülerinnen und Schüler die fachsprachlichen Anforderungen des Knotenpunktes erfüllt haben. Es finden keine sprachlichen Vermischungen zu anderen Ebenen statt.

Das lässt erkennen, dass den Schülerinnen und Schülern die sprachlichen Anforderungen bewusst oder unbewusst sind und sie dazu animiert werden, fachsprachlich nur makroskopische Formulierungen zu wählen.

4.2.1.1.2. Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

	A1a	A1b	A1c	A1d	A1e	A1f	A2a	A2b	A2c	A2d	A3
Schüler*in 1.1	korr.	korr.	korr.	f	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 1.2	korr.	korr.	korr.	f	f	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Schüler*in 2.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 2.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein
Schüler*in 3.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 3.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	fehlt
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein		
Schüler*in 4.1	korr.	korr.	korr.	f	f	korr.	korr.	fehlt	fehlt	fehlt	korr.
Schüler*in 4.2	korr.	korr.	korr.	f	f	korr.	korr.	fehlt	fehlt	fehlt	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein				ja
Schüler*in 5.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 5.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja
Schüler*in 6.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	f	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 6.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	ja	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Schüler*in 7.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 7.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja
Schüler*in 8.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 8.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja
Schüler*in 9.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt
Schüler*in 9.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja	nein
Schüler*in 10.1	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 10.2	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	fehlt	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 11.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 11.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

	A1a	A1b	A1c	A1d	A1e	A1f	A2a	A2b	A2c	A2d	A3
Schüler*in 12.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 12.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	nein	nein	nein	ja		ja	ja	ja	ja

*Tabelle 65 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Bevor die Auswertung beschrieben wird, merkt der Autor an, dass das fehlende Material von Schüler*in 10.1 auf einen technischen Defekt zurückzuführen ist. Die weiteren fehlenden Angaben sind durch die fehlende Bearbeitung durch die betroffenen Schülerinnen und Schüler begründet.

In dem Datenmaterial werden insgesamt 240 schriftliche Angaben bewertet. Acht schriftliche Formulierungen werden im Rahmen der Bewertung als fachsprachlich-falsch klassifiziert. Dies entspricht einem relativen Anteil von 3,75 %. Dieser sehr geringe Anteil unterstützt die Betrachtung der Beobachtungs-Ebene, dass die Schülerinnen und Schülern bei der Formulierung der Antworten die Ebenen-spezifischen Formulierungen bewusst oder unbewusst benutzen. Die konsequente sprachliche Trennung in der Aufbereitung des Lernmaterials mag hier ein Grund sein.

Insbesondere in der Vorstellungs-Ebene sind fachsprachliche Vermischungen zu den Ebenen erwartet worden, da diese – wie im theoretischen Teil dieser Arbeit – auch in Schulbüchern vorkommen oder auch durch eine mögliche, inkonsequente Fachsprache der Chemielehrkraft im Unterricht formuliert werden.

Bezogen auf die Angaben der Lehrkraft, dass die Schülerinnen und Schüler sprachlich Unterstützungsbedarf benötigen und Schwierigkeiten in der Analyse von Modellen haben, kann in der Betrachtung der fachsprachlichen Antworten festgestellt werden, dass die Lernenden die gesetzten Anforderungen erfüllen. Das Lernmaterial animiert sie dazu in den einzelnen Aufgabenstellungen fachsprachlich korrekte Antworten zu geben.

In acht Fällen werden fachsprachlich-falsche Formulierungen codiert. Diese sollen betrachtet werden, um einen möglichen Zusammenhang mit dem Lernmaterial herstellen zu können oder Verbesserungsbedarf für das Lernmaterial zu erzeugen.

Es ist auffällig, dass sieben fachsprachlich-falsche Formulierungen in den Aufgabenstellungen zur Beschreibung von Reaktionsprozessen codiert werden. Die Aufgaben 1d und 1e fordern die Teilnehmenden dazu auf die Reaktionsprozesse innerhalb der Zink- bzw. der Kupfer-Halbzelle zu beschreiben.

Auswertung der Forschungsfragen

Tabelle 66 stellt die fachsprachlich-falschen Antworten der Schülerinnen und Schüler dar.

Aufgabenstellung 1d	**Beschreibe** die Reaktion in der Zink-Halbzelle
Antwort der Teilnehmenden	„Wenn Zink und Kupfer miteinander reagieren gibt das Zink 2 Elektronen an Kupfer ab, um quasi das Schlenmodel zu fühlen.“ (Schüler*in 1.1) „Dadurch das Zink und Kupfer zusammen reagieren „gibt“ Zink zwei Elektronen Kupfer, damit die äußerste Schale bei Kupfer und Zink gefüllt sind. Sulfat-Ionen gehen zu der Zink-Halbzelle.“ (Schüler*in 1.2) „Die Zink-Halbzelle hängt zusammen wie so eine Batterie.“ (Schüler*in 4.1, Schüler*in 4.2)
Aufgabestellung 1e)	**Beschreibe** die Reaktion in der Kupfer-Halbzelle.
Antwort der Teilnehmenden	„Die zwei Elektronen (vom Zink) gehen zum Kupfer-Ion und daraus entsteht ein Kupfer-Atom. Sulfat-Ion geht (zur Zink-Halbzelle).“ (Schüler*in 1.2) „Sie bestehen aus Elektroden und Elektrolyt-Lösung, zu sehen ist das sie zusammenhängen.“ (Schüler*in 4.1, Schüler*in 4.2)
Aufgabenstellung 2c)	**Schreibe** jede Aussage um, so dass sie richtig wird. a) In der Zink-Halbzelle sind Zink-Atome, Kupfer-Ionen und Sulfat-Ionen.
Antwort der Teilnehmenden	„In der Zink-Halbzelle sind Zink-Atome und Sulfat-.“ (Schüler*in 6.1)

Tabelle 66 Codierung 'fachsprachlich-falsche Antworten', Teilnehmendenantworten

Werden die fachsprachlich-falschen Antworten betrachtet, so können drei verschiedene Kategorien induktiv abgeleitet werden.

In den Aussagen von Schüler*in 1.1 und Schüler*in 1.2 sind in den drei Antworten fachlich-zutreffende Vorstellungen zu erkennen. Die Formulierungen „Wenn Zink und Kupfer miteinander reagieren gibt das Zink 2 Elektronen an das Kupfer ab“ (Schüler*in 1.1) wäre unter Zulassung eines Laborjargons als fachsprachlich-korrekt zu bewerten. Diese Arbeit möchte besonders die Trennung dieser Ebenen in den Fokus setzen. Die Aufgabe 1d stellt als erste Aufgabe die besondere Anforderung den Reaktionsprozess zu beschreiben. Dies erfordert von den Teilnehmenden ein tiefergehendes Modellverständnis. Es wird vermutet, dass diese Anforderung zusammen mit der sprachlichen Herausforderung der Ebenen-spezifischen Formulierung zu hoch für Schüler*in 1.1 und Schüler*in 1.2 sind. In Aufgabe 1d) formuliert Schüler*in 1.1 bereits den Reaktionsprozess vollkommen fachsprachlich-korrekt. Auch bei Schüler*in 1.2 ist eine Entwicklung zu erkennen. Schüler*in 1.2 beschreibt den Reaktionsprozess allein betrachtet fachsprachlich-richtig, fügt in einer Klammer jedoch einen Zusatz ein, der eine sprachliche Vermischung der Ebenen hervorruft.

Es kann in der Betrachtung dieser Angaben abgeleitet werden, dass Schüler*in 1.1 und Schüler*in 1.2 nicht bewusst auf die Ebenen-spezifischen Formulierungen achten oder sie

ihnen an dieser Stelle nicht bekannt sind. Es zeigt sich jedoch eine Entwicklung in den Beschreibungen, welche eine unbewusste Animierung zu fachsprachlich-korrekten Formulierungen durch das Lernmaterial andeutet.

Die Aussagen von Schüler*in 4.1 und Schüler*in 4.2 zeigen eine Vermischung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene auf. Es sind keine fachlich-anerkannten Vorstellungen bei den Teilnehmenden zu erkennen. Auch beziehen sich die Antworten nicht auf die gestellte Aufgabenstellung. Es zeigt sich bei Schüler*in 4.1 und 4.2, dass die weiteren Aufgabenstellungen des Knotenpunktes, welche chemische Reaktionsprozesse beschreiben, ausgelassen werden. Dies lässt vermuten, dass das Material an dieser Stelle eine Überforderung für die Teilnehmenden erzeugt. Weiteres Hilfsmaterial, wie ein Wortgeländer oder Satzbausteine, könnten für die Teilnehmenden eine Unterstützung anbieten.

Die Formulierung von Schüler*in 6.1 zeigt, dass durch den fehlenden ‚Ion(en)'-Begriff eine fachsprachlich-falsche Antwort codiert ist. Da Schüler*in 6.1 bereits den Bindestrich notiert hat und alle anderen Angaben fachsprachlich-korrekt sind, wird an dieser Stelle ein Flüchtigkeitsfehler vermutet. Dies kann jedoch nicht bestätigt werden. Es kann aus dieser Formulierung keine Aussage über das Lernmaterial getroffen werden.

Der überwiegende Anteil an fachsprachlich-korrekten Formulierungen lässt annehmen, dass den Schülerinnen und Schülern die sprachlichen Anforderungen bewusst oder unbewusst sind und sie dazu animiert werden, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu wählen.

4.2.1.1.3. Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellungen 2, 3, 4 und 5 dieses Knotenpunktes jeweils eine Zuordnungskompetenz der Schülerinnen und Schüler fordern und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

	Aufgabe 1a	Aufgabe 1b
Schüler*in 1.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 1.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 2.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 2.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja
Schüler*in 3.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 3.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 4.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 4.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 5.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 5.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja
Schüler*in 6.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 6.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 7.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 7.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja
Schüler*in 8.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 8.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja
Schüler*in 9.1	korrekt	fehlt
Schüler*in 9.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	
Schüler*in 10.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 10.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 11.2	korrekt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	
Schüler*in 12.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 12.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja

*Tabelle 67 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

In der Tabelle 67 ist zu erkennen, dass 15 schriftliche Angaben codiert werden können. In neun Fällen werden die Aufgaben nicht schriftlich beantwortet.

In den schriftlichen Antworten ist zu erkennen, dass alle Teilnehmenden die fachsprachlichen Anforderungen der Aufgabenstellungen erfüllen. Es zeigt sich in der Betrachtung von unterschiedlichen Antworten innerhalb einer Partnergruppe, dass Unterschiede in der

Satzstruktur und insbesondere grammatikalische Fehler in unterschiedlichen Ausmaßen zu finden sind.

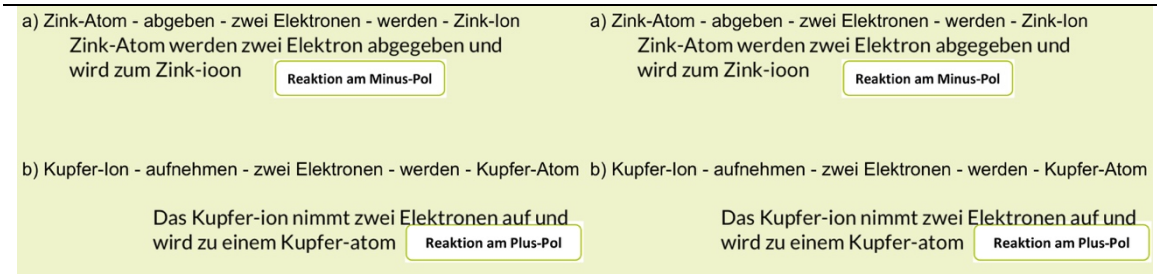


*Abbildung 71 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', schriftliche Angaben Symbol-Ebene, 1.Differenzierungsstufe, Schüler*in 6.1 (links), Schüler*in 6.2 rechts*

In diesem Beispiel zeigt sich, dass die Teilnehmenden in beiden Fällen keine Ebenen-vermischenden Formulierungen verwenden. Aus diesen Gründen wird die Aussage im Rahmen des Projektes als fachsprachlich-korrekt betrachtet. Es ist jedoch festzustellen, dass die Teilnehmenden weitere Unterstützung in der Formulierung eines grammatikalisch-korrekten Satzbaus benötigen. Das Wortgeländer soll in dieser Situation die sprachlichen Formulierungen unterstützen. Es wird erreicht, dass keine Ebenen-vermischenden Antworten gegeben werden, die Satzstruktur bei den Teilnehmenden jedoch nicht beeinflusst wird.

In Rückfrage an die Lehrkraft wird angegeben, dass den Schülerinnen und Schülern die Funktion eines Wortgeländers unbekannt war. Es kann daher vermutet werden, dass die Teilnehmenden durch das unbekannte Angebot des Wortgeländers irritiert wurden. Es wird in der Weiterentwicklung der Lernumgebung darauf geachtet, dass den Schülerinnen und Schülern zunächst eine Beispielanwendung des Wortgeländers angeboten wird, um Irritationen zu vermeiden.

Aus den vollständig fachsprachlich-korrekten Angaben wird die Annahme weiter unterstützt, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

4.2.1.1.4. Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellung 11 dieses Knotenpunktes eine Zuordnungskompetenz der Teilnehmenden fordert und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch keinen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.
Des Weiteren wird angemerkt, dass die fehlenden Daten in Gruppe 10 und 11 auf technische Probleme während der Bearbeitung zurückzuführen sind.

	A2	A3	A4	A5	A7	A8	A9	A10
Schüler*in 1.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 1.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 2.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 2.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 3.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 3.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 4.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 4.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein
Schüler*in 5.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 5.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein	nein
Schüler*in 6.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 6.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
Schüler*in 7.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 7.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Schüler*in 8.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 8.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Schüler*in 9.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 9.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	nein	nein	ja	nein	nein	nein
Schüler*in 10.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 10.2	korr.	korr.	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein						
Schüler*in 11.1	korr.	korr.	korr.	korr.	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.1	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Schüler*in 12.2	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.	korr.
Innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

*Tabelle 68 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

In der Betrachtung der Auswertung zu den fachsprachlichen Angaben der Schülerinnen und Schüler zu diesem Knotenpunkt werden 178 Angaben beurteilt. Es kann in keiner abgegebenen Antwort eine fachsprachlich-falsche Angabe erkannt werden.

Es wird in den unterschiedlichen Antworten innerhalb einer Partnergruppe erneut festgestellt, dass diese durch einen unterschiedlichen Satzbau oder unterschiedlich ausführliche Angaben zu erklären sind.

In diesem Zusammenhang wird ebenfalls angenommen, dass die Teilnehmenden durch die differenzierte Darstellung und die sprachliche Trennung der Ebenen dazu animiert werden, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu wählen, welche keine Ebenen-vermischenden Aussagen beinhalten.

4.2.1.1.5. Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellung 2 dieses Knotenpunktes eine Zuordnungskompetenz der Lernenden fordert und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

	Aufgabe 1	Aufgabe 3
Schüler*in 1.1	korrekt (unvollständig)	falsch
Schüler*in 1.2	korrekt (unvollständig)	korrekt (unvollständig)
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 2.1	korrekt (unvollständig)	korrekt (unvollständig)
Schüler*in 2.2	korrekt (unvollständig)	korrekt (unvollständig)
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja
Schüler*in 3.1	falsch	fehlt
Schüler*in 3.2	korrekt (unvollständig)	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	
Schüler*in 4.1	korrekt (unvollständig)	fehlt
Schüler*in 4.2	korrekt (unvollständig)	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	
Schüler*in 5.1	korrekt	fehlt
Schüler*in 5.2	korrekt (unvollständig)	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	
Schüler*in 6.1	korrekt	fehlt
Schüler*in 6.2	korrekt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	
Schüler*in 7.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 7.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 8.1	fehlt	falsch
Schüler*in 8.2	fehlt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?		ja
Schüler*in 9.1	fehlt	korrekt
Schüler*in 9.2	fehlt	korrekt

Auswertung der Forschungsfragen

	Aufgabe 1	Aufgabe 3
Schüler*in 10.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 10.2	korrekt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	
Schüler*in 11.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.1	korrekt	fehlt
Schüler*in 12.2	korrekt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	

*Tabelle 69 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

Die Anzahl der abgegebenen Antworten innerhalb dieses Knotenpunktes zeigt auf, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler diese Aufgabenstellungen bearbeitet haben. Dies kann anhand der Sichtung des Videomaterials an verschiedenen Stellen erklärt werden. Die Schülerinnen und Schüler können die Anforderungen der Aufgabenstellung nicht erfüllen und wechseln zur nächsten Aufgabenstellung. Die Bearbeitungszeit der Knotenpunkte soll in Forschungsfrage 3 berücksichtigt werden, so dass an dieser Stelle nicht tiefer auf die einzelnen Optionen eingegangen wird.

Es können innerhalb des Knotenpunktes 25 Angaben codiert werden. Vier Angaben beinhalten fachsprachlich-falsche Formulierungen. Diese sollen in der Analyse weiter betrachtet werden.

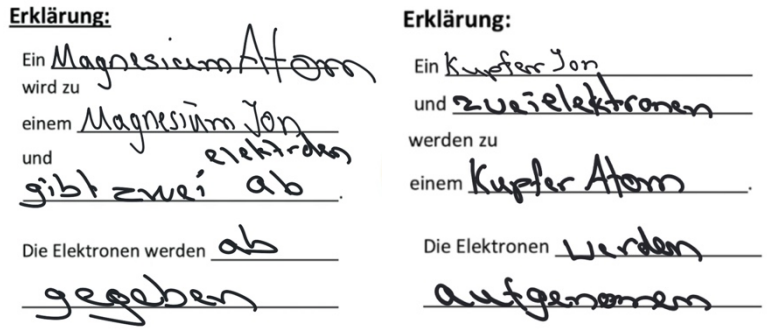
Aufgabenstellung	**Schaue** dir die Animation **an.** **Erkläre** die dargestellte Reaktion mithilfe des Lückentextes.
Angabe Schüler*in 3.1	

*Abbildung 72 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Schüler*in 3.1, Aufgabe 1, Vorstellungs-Ebene, 2.Differenzierungsstufe*

Es wird zunächst die fachsprachlich-falsche Formulierung von Schüler*in 3.1 betrachtet. Es ist zu erkennen, dass Schüler*in 3.1 das Wort „Elektrden“ erst nachträglich eingefügt hat. Es wird in der Codierung als ‚Elektroden‘ gelesen und somit eine fachsprachlich-falsche Formulierung klassifiziert. Es kann aus der Formulierung zunächst keine Folgerung für das Lernmaterial abgeleitet werden. Werden die weiteren Angaben in der Aufgabenstellung betrachtet, so zeigen diese vollständig fachsprachlich-korrekte

Formulierungen. Es wird daher an dieser Stelle ein Flüchtigkeitsfehler vermutet. Es mag auch sein, dass durch die verengte Schreibweise das Wort ‚Elektronen' als „Elektrden" gelesen wird.

Aufgabenstellung 3 erfordert von den Teilnehmenden eine Sprachaufnahme zur Erklärung der Reaktionsprozesse in der Magnesium-Silber-Zelle mithilfe einer Animation. Folgende fachsprachlich-falsche Formulierungen geben die Teilnehmenden an.

Aufgabenstellung: Unten ist eine Animation als Modell für die Reaktion in der Magnesium-Silber-Batterie. **Nimm** eine Audio-Aufnahme **auf**. **Erkläre** in der Audio-Aufnahme die chemische Reaktion.
„Die zwei der Elektronen der Magnesium-(unverständlich) werden jeweils einen der Silber-Ionen abgegeben. So entsteht eine chemische Reaktion." (Schüler*in 1.1)
„Zwei Magnesium (3) Elektronen gehen zu zwei Silber-Atomen und teilen sich da untereinander auf ..." (Schüler*in 8.1, Schüler*in 8.2)

Tabelle 70 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angaben der Teilnehmenden, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Aufgabe 3

In den Transkripten der Antworten sind zwei verschiedene fachsprachliche Fehler zu finden. Es ist zu erkennen, dass Schüler*in 1.1 die chemische Reaktion insoweit fachsprachlich-korrekt formuliert. Ein Teil der Audio-Aufnahme ist allerdings unverständlich. Es ist an dieser Stelle eine semantische Einheit zu vermuten und wird daher als fachsprachlich-falsch codiert. In der Betrachtung der Angabe ist jedoch festzustellen, dass Schüler*in 1.1 einen Zusatz hinter dem Wort Magnesium genannt hat. Dies mag eine fachsprachlich-korrekte Formulierung sein, kann an dieser Stelle jedoch nur vermutet werden.

In der Aussage von Schüler*in 8.1 und Schüler*in 8.2 ist zu erkennen, dass eine Person beide Audioaufnahmen gleichzeitig gesprochen hat. In der Erklärung wird eine kurze Pause zwischen den Wörtern ‚Magnesium' und ‚Elektronen' eingelegt. Es wird an dieser Stelle vermutet, dass Schüler*in 8.1/8.2 sich in dieser Situation korrigieren wollte, dies aber nicht angegeben hat bzw. keine neue Aufnahme durchgeführt hat. Sollte diese Vermutung zutreffend sein, so wäre die Aussage als fachsprachlich-korrekt zu bewerten. Es kann auch vermutet werden, dass Schüler*in 8.1/8.2 eine Wortfindungsstörung in der Situation hatte und nach der Aussprache des Wortes ‚Magnesium', das passende Wort ‚Elektronen' wieder mental aktiviert wurde. Aus beiden Aussagen können keine Weiterführungen für das Lernmaterial abgeleitet werden.

Es wird jedoch auch an diesem Knotenpunkt beobachtet, dass der überwiegende Teil der Angaben fachsprachlich-korrekt ist. So wird die Annahme weiter unterstützt, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

4.2.1.1.6. Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass Aufgabe 1 dieses Knotenpunktes eine Zuordnungskompetenz der Lernenden fordert und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

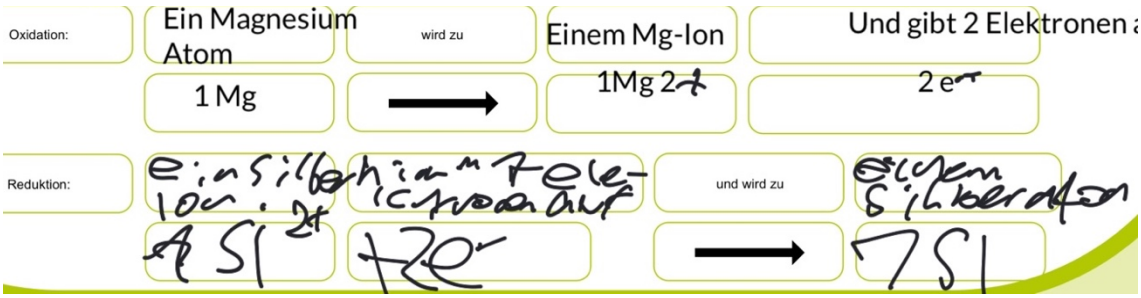
	Aufgabe 2
Schüler*in 1.1	korrekt
Schüler*in 1.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 2.1	korrekt
Schüler*in 2.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 3.1	fehlt
Schüler*in 3.2	fehlt
Schüler*in 4.1	korrekt
Schüler*in 4.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 5.1	fehlt
Schüler*in 5.2	fehlt
Schüler*in 6.1	korrekt
Schüler*in 6.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 7.1	korrekt
Schüler*in 7.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja
Schüler*in 8.1	falsch
Schüler*in 8.2	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 9.1	falsch
Schüler*in 9.2	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja
Schüler*in 10.1	falsch
Schüler*in 10.2	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein
Schüler*in 11.1	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt
Schüler*in 12.1	fehlt
Schüler*in 12.2	fehlt

*Tabelle 71 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe*

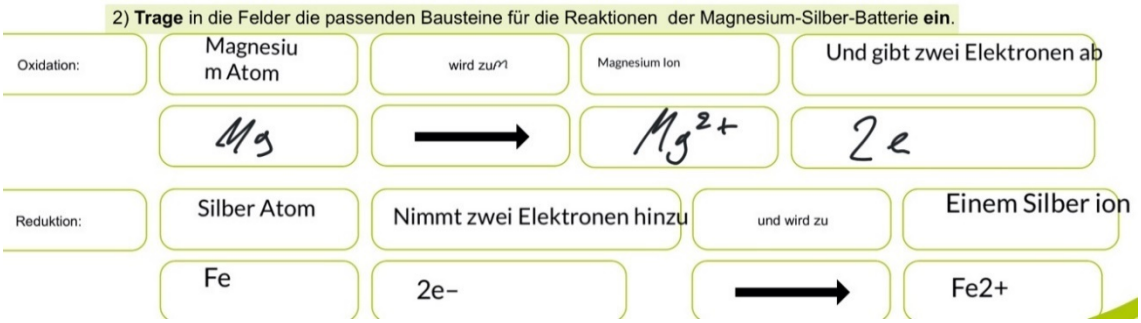
Der Auswertung der zweiten Differenzierungsstufe der Symbol-Ebene liegen 16 schriftliche Angaben vor. Fünf schriftliche Angaben werden als fachsprachlich-falsch bewertet, dies entspricht einem Anteil von 31,25 % und ist damit der höchste Wert in der Betrachtung aller Knotenpunkte.

Es werden auch in diesem Knotenpunkt alle fachsprachlichen Fehler aufgeführt, um eine differenzierte Betrachtung zu ermöglichen.

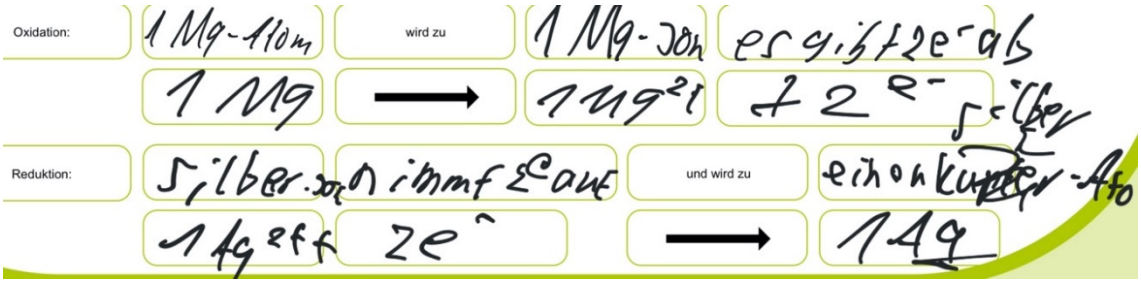
Aufgabenstellung: Trage in die Felder die passenden Bausteine für die Reaktion der Magnesium-Silber-Batterie ein.



(Schüler*in 8.1; Schüler*in 8.2 gibt inhaltlich die gleiche Antwort ab)



(Schüler*in 9.1, Schüler*in 9.2 gibt inhaltlich die gleiche Antwort ab.)



(Schüler*in 10.1)

*Tabelle 72 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Aufgabe 2, Schüler*in 8.1/8.2, Schüler*in 9.1/9.2, Schüler*in 10.1*

In der Betrachtung der Angaben der Teilnehmenden lassen sich fachsprachlich-falsche Angaben entdecken. Diese beziehen sich in dieser Ebenen erstmals nicht auf Vermischungen zwischen zwei Ebenen, sondern geben fachsprachlich-falsche Angaben innerhalb der Ebene an.

Auswertung der Forschungsfragen

Die Angaben von Schüler*in 8.1/8.2 und Schüler*in 9.1/9.2 lassen erkennen, dass den Teilnehmenden die Elementsymbole für ein Silber-Atom und ein Silber-Ion fehlen. Sie nutzen daher zum einen die Abkürzung „Si“ und zum anderen die Abkürzung ‚Fe‘. Die Abkürzung ‚Si‘ lässt vermuten, dass die Teilnehmenden in der Situation angenommen haben, dass dies aufgrund der gleichen Anfangsbuchstaben die Symbole für die Teilchen seien. Es ist nicht zu entnehmen, weshalb die Abkürzung ‚Fe‘ verwendet wird. In der Sichtung des Videomaterials gibt ein Teilnehmender an, dass ‚Fe‘ das Symbol für ein Silber-Atom sei. Diese Aussage wird nicht hinterfragt und in den Angaben genutzt.

Aus den Angaben lässt sich ableiten, dass den Schülerinnen und Schülern bewusst ist, dass von ihnen an dieser Stelle eine Symbolreaktionsgleichung gefordert ist. Sie nutzen Symbole, um diese auszudrücken, doch werden diese nicht richtig entnommen. Es wird für die Entwicklung der Lernumgebung abgeleitet, dass die Symbole für die Teilchen angegeben werden sollen.

Die Angaben von Schüler*in 10.1 sind in einer Teamsitzung thematisiert worden. Wie den Angaben entnommen werden kann, formuliert Schüler*in 10.1 seine Antwort Ebenen-spezifisch korrekt. Schüler*in 10.1 nutzt jedoch in der Wortreaktionsgleichung Elementsymbole als Abkürzung der Wörter. Da dies nicht den sprachlichen Ansprüchen der Konkretisierungsraster entspricht, ist dies als fachsprachlich-falsche Formulierung codiert worden. Es lässt jedoch die Annahme zu, dass Schüler*in 10.1 eine fachlich-richtige Vorstellung über die Nutzung der Symbole hat und aus diesem Grund diese als Vereinfachung des Schreibprozesses nutzt. Zudem ist zu erkennen, dass Schüler*in 10.1 verhältnismäßig groß schreibt. Es kann somit auch sein, dass Schüler*in 10.1 die Elementsymbole nutzt, um Platz in den Angaben zu sparen.

Ab diesem Knotenpunkt wird jedoch beobachtet, dass der überwiegende Teil der Angaben fachsprachlich-korrekt ist. So wird die Annahme weiter unterstützt, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

4.2.1.1.7. Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellung 2 dieses Knotenpunktes eine Zuordnungskompetenz der Lernenden fordert und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

	Aufgabe 1a	Aufgabe 1b	Sprinter
Schüler*in 1.1	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 1.2	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 2.1	korrekt	korrekt	fehlt
Schüler*in 2.2	korrekt	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja	
Schüler*in 3.1	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 3.2	falsch	fehlt	fehlt
Schüler*in 4.1	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 4.2	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 5.1	korrekt	korrekt	fehlt
Schüler*in 5.2	korrekt	korrekt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	
Schüler*in 6.1	korrekt	korrekt	falsch
Schüler*in 6.2	korrekt	korrekt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein	ja
Schüler*in 7.1	korrekt	korrekt	falsch
Schüler*in 7.2	korrekt	korrekt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	nein
Schüler*in 8.1	korrekt	korrekt	korrekt
Schüler*in 8.2	korrekt	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja	ja
Schüler*in 9.1	korrekt	falsch	korrekt
Schüler*in 9.2	korrekt	falsch	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	ja	
Schüler*in 10.1	korrekt	korrekt	falsch
Schüler*in 10.2	korrekt	korrekt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein	ja
Schüler*in 11.1	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.1	fehlt	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.2	fehlt	fehlt	fehlt

*Tabelle 73 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

Auswertung der Forschungsfragen

In der Auswertung zu diesem Knotenpunkt können 41 schriftliche Angaben berücksichtigt werden. Es werden in neun Angaben fachsprachlich-falsche Formulierungen codiert. Zur Auswertung dieser werden diese zunächst dargestellt.

Aufgabenstellung: 1a) Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Minus-Pol, die du bisher kennengelernt hast. Benutze dazu die Fachbegriffe: Atom, Ion und Elektron
„Die Stoffe geben 2. Elektronen ab und an der Stelle ist dann das s“ (Schüler*in 3.2)
Aufgabenstellung: 1b) Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Plus-Pol, die du bisher kennengelernt hast. Benutze dazu die Fachbegriffe: Atom, Ion und Elektron
„Wenn ein Atom, Elektronen abgibt wird es zum ion. Da es mehr p+ als e- gibt nennt man es plus pol.“ (Schüler*in 9.1/9.2)
Sprinteraufgabe: Erkläre, was passiert sein kann, wenn eine Batterie als leer bezeichnet wird.
„Der Stoff, der die Elektronen abgibt löst sich auf“ (Schüler*in 6.1/6.2)
„Dann hat die Batterie kein energie mehr und wird dadurch als leer bezeichnet.“ (Schüler*in 7.1/7.2)
„Das die Stoffe in der Batterie leer sind“ (Schüler*in 10.1/10.2)

Tabelle 74 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Aufgabe 1a, 1b und Sprinter-Aufgabe

In den Angaben von Schüler*in 3.2 zeigt sich eine sprachliche Vermischung zur makroskopischen Ebene. Schüler*in 3.2 nutzt ausschließlich den Fachbegriff Elektron aus der vorgegebenen Fachwortliste. Inwieweit Schüler*in 3.2 durch eine Nutzung der vorgegebenen Fachbegriffe die Erklärung fachsprachlich und fachinhaltlich-korrekt wiedergeben könnte, kann nicht abgeleitet werden. Es lässt sich jedoch sprachlich erkennen, dass Schüler*in 3.2 erfasst hat, dass die Abgabe von Elektronen ein Bestandteil der Reaktionen am Minuspol ist. Die Abgabe von zwei Elektronen lassen sich dadurch begründen, dass in der Lernumgebung ausschließlich Ionenbildungsreaktionen zu zweifach-positiv geladenen Ionen angeboten werden.

Die Angaben von Schüler*in 9.1 und 9.2 zeigen eine Vermischung zwischen der submikroskopischen und Symbol-Ebene. Die Teilnehmenden nutzen die Abkürzungen p+ und e- für ihre Erklärung. Der Einsatz dieser Symbole ist sowohl fachinhaltlich- als auch fachsprachlich-falsch. Es scheint in der Vorstellung der Teilnehmenden eine fachlich-falsche Vorstellung von der Bedeutung des Plus-Pols vorzuliegen. Dies erfordert für die Teilnehmenden den Einsatz der zusätzlichen Fachbegriffe ‚p+‘ bzw. ‚e⁻‘ für ‚Protonen‘ und ‚Elektronen‘. In einer Weiterentwicklung der Lernumgebung könnte der Hinweis gegeben werden, dass ausschließlich die angegebenen Fachbegriffe genutzt werden können.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass in den Aufgabenstellungen 1a und 1b keine sprachlichen Gerüste vorgegeben, sondern eine Sammlung von Fachbegriffen angegeben wird. Es soll dadurch überprüft werden, ob die Schülerinnen und Schüler dazu in der Lage sind, die sprachlichen Strukturen der vorherigen Ebenen zu übernehmen und in dieser Situation anwenden können. Dies gelingt in Bezug auf eine Ebenen-spezifische Sprache in einem überwiegenden Teil der gegebenen Antworten. Und auch in der Betrachtung der fachsprachlich-richtigen Antworten lässt sich die verallgemeinernde Struktur der Lernumgebung erkennen. Dies soll am Beispiel der Angaben von Schüler*in 6.1 und 6.2 in Aufgabe 1b verdeutlicht werden:

„Das Ion nimmt Elektronen auf und wird zu einem Atom“ (Schüler*in 6.1/6.2, Aufgabe 1b, Symbol-Ebene, 3.Differenzierungsstufe)

Es zeigt sich zum einen, dass fachinhaltlich der Transfer erreicht wird und zum anderen, dass die Schüler*in 6.1/6.2 fachsprachlich-korrekte Formulierungen in der Aufgabenstellung formulieren.

In den Aufgaben 1a und 1b zeigt sich erneut, dass ein überwiegender Anteil fachsprachlich-korrekt formuliert wird. Dies unterstützt weiterhin die Annahme, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

Wird die Sprinteraufgabe separat betrachtet, so sind in den zu bewertenden Angaben überwiegend fachsprachlich-falsche Äußerungen.

Die Angaben der Sprinteraufgaben lassen weitere Analysen zu. Diese können in zwei Kategorien eingeteilt werden. Die Angaben von Schüler*in 7.1/7.2 vermischen sowohl fachsprachlich als auch fachinhaltlich die makroskopische und submikroskopische Ebene. Schüler*in 7.1/7.2 nutzen alltägliche Begründungen für die Erklärung der Aufgabe. Es wird fachsprachlich nicht erkannt, dass die Begründung mit submikroskopischen Formulierungen geführt werden soll.

Die Formulierungen von Schüler*in 6.1/6.2 als auch 10.1/10.2 lassen eine inhaltliche Begründung erkennen, die durch eine präzisere Fachsprache als fachlich-richtig bezeichnet werden könnte. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass die Sprinter-Aufgabe keine fachsprachliche Unterstützungsmethoden anbietet. Die fachsprachlich-falschen Antworten könnten folglich damit begründet werden, dass die Animierung zu fachsprachlich-korrekten Formulierungen fehlt.

Diese mögliche Begründung als auch die überwiegend fachsprachlich-korrekten Formulierungen in den Aufgaben 1a und 1b unterstützen die Annahme, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

4.2.1.1.8. Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellungen dieses Knotenpunktes entweder eine Zuordnungskompetenz der Teilnehmenden fordert oder einzelne Begriffe bzw. Symbole eingesetzt werden müssen. Durch die Betrachtung der Antworten kann keine Aussage getroffen werden, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig fachsprachlich-korrekt schriftlich beantworten könnten.

In der Sichtung des Datenmaterials wird deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler in der dritten Aufgabenstellung, für die Erstellung der Redox-Spannungs-Reihe teilweise die Elementsymbole der Metalle oder die Wortnamen der Metalle notieren. Beide Varianten sind in dieser Situation als fachsprachlich-korrekt zu bewerten und werden daher nicht weiter betrachtet.

4.2.1.1.9. Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe

Tabelle 75 zeigt die Auswertung der Codierung der dritten Differenzierungsstufe der Beobachtungs-Ebene. Durch die zeitliche Begrenzung der Erprobung ist der größte Teil der Schülerinnen und Schüler nicht mehr dazu in der Lage die Aufgabenstellungen zu bearbeiten.

Es kann im Datenmaterial erkannt werden, dass auch in dieser Beobachtungs-Ebene alle Formulierungen fachsprachlich-korrekt sind. Dies unterstützt weiterhin die Annahme, dass die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst durch die Lernumgebung dazu animiert werden, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

	Aufgabe 1	Aufgabe 2
Schüler*in 1.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 1.2	korrekt (unvollständig)	fehlt
Schüler*in 2.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 2.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 3.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 3.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 4.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 4.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 5.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 5.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 6.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 6.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 7.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 7.2	korrekt (unvollständig)	korrekt (unvollständig)
Schüler*in 8.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 8.2	korrekt	korrekt

	Aufgabe 1	Aufgabe 2
Schüler*in 9.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 9.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 10.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 10.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 12.2	fehlt	fehlt

*Tabelle 75 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe*

4.2.1.2. Sicherungsknoten

Der Autor merkt an, dass die Aufgabenstellung 2 dieses Knotenpunktes eine Zuordnungskompetenz der Lernenden fordert und durch die Betrachtung der Antworten keine Aussage getroffen werden kann, inwieweit die Teilnehmenden die Aufgabenstellung eigenständig schriftlich beantworten könnten. Es wird zusätzlich angemerkt, dass die korrekte Umsetzung dieser Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 4.1.1) zugleich die fachsprachliche Erfassung durch die Lernenden erfordert und somit auch einen Hinweis auf das fachsprachliche Verständnis geben kann.

	Aufgabe 1	Aufgabe 3
Schüler*in 1.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 1.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 2.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 2.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	Ja
Schüler*in 3.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 3.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja
Schüler*in 4.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 4.2	fehlt	fehlt
Schüler*in 5.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 5.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja
Schüler*in 6.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 6.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 7.1	falsch	korrekt (unvollständig)
Schüler*in 7.2	falsch	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	Nein	

	Aufgabe 1	Aufgabe 3
Schüler*in 8.1	korrekt	korrekt
Schüler*in 8.2	korrekt	korrekt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	nein
Schüler*in 9.1	korrekt	falsch
Schüler*in 9.2	korrekt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	ja
Schüler*in 10.1	korrekt	falsch
Schüler*in 10.2	korrekt	falsch
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	nein	nein
Schüler*in 11.1	fehlt	fehlt
Schüler*in 11.2	fehlt	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?		
Schüler*in 12.1	falsch	fehlt
Schüler*in 12.2	falsch	fehlt
Antworten innerhalb der Gruppe identisch?	ja	

*Tabelle 76 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Sicherungsknoten*

Im Sicherungsknoten werden insgesamt 39 schriftliche Angaben codiert. Acht Angaben werden darunter als fachsprachlich-falsch klassifiziert. In den Angaben zeigen sich zwei Fehlerkategorien.

Schüler*in 7.1 und Schüler*in 7.2 nutzen in der Beschriftung einer Modellskizze eines Daniell-Elements die Begriffe ‚Zinksulfat' und ‚Kupfersulfat'. Es scheint kein differenziertes Verständnis zur Zinksulfat-Lösung und Kupfersulfat-Lösung zu bestehen. Zudem scheinen in den angebotenen Modellen, die wässrigen Lösungen vernachlässigt zu werden. Es werden ausschließlich die Teilchen berücksichtigt, welche für den Verständnisprozess einer Galvanischen Zelle benötigt werden. Für eine Weiterentwicklung des Materials könnte eine zusätzliche Information über den Lösevorgang angeboten werden. Um die Informationsdichte im Material jedoch nicht noch weiter zu erhöhen, wird empfohlen, dies möglichst in unterschiedlichen Lernmaterialien umzusetzen.

Die fachsprachlichen Fehler in Aufgabe 3 des Sicherungsknotens sind durch die falschen Verwendungen von Elementsymbolen zu beschreiben. Es lässt sich hieraus ableiten, wie bereits aus den Erkenntnissen der zweiten Differenzierungsstufe der Symbol-Ebene abgeleitet wurde, dass die zusätzliche Angabe der Symbol-Ebene der Teilchen eine angemessene fachsprachliche und fachinhaltliche Unterstützung darstellen können.

Abschließend sollen einzelne Aussagen der Betrachtungen zusammengefasst und diskutiert werden.

Werden die Angaben aller Beobachtungs-Ebenen betrachtet, so ist festzustellen, dass diese in allen Angaben fachsprachlich-korrekt sind. Daraus lässt sich ableiten, dass es den Schülerinnen und Schüler leichtfällt, auf der makroskopischen Ebene fachsprachlich-

korrekt zu formulieren. Dies kann durch den theoretischen Hintergrund dieser Arbeit ebenfalls angenommen werden, da innerhalb der Ebene reale Beobachtungen stehen.

Durch die überwiegenden fachsprachlich-korrekten Formulierungen lässt sich ableiten, dass das Lernmaterial die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst dazu animiert, fachsprachlich-korrekt zu formulieren.

Um diese weiter zu überprüfen, werden im Folgenden die vorherigen sprachlichen Kenntnisse der Schülerinnen und Schüler des Pre-Tests mit den fachsprachlichen Angaben des Post-Tests verglichen.

4.2.2. Subfrage 2.2 Inwiefern lässt sich ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?

Diese Subfragenstellung nutzt wie auch Subfragenstellung 1.2 den eingesetzten Pre-Post-Test (vgl. Kapitel 3.8.3). Im Folgenden wird der Fokus auf die fachsprachlichen Äußerungen der Schülerinnen und Schüler in den schriftlichen Angaben des Pre-Post-Designs gelegt.

Dieses Projekt nimmt an, dass eine fachliche Aussage nur korrekt sein kann, wenn diese auch fachsprachlich-korrekt ist. Jedoch kann eine fachsprachlich-korrekte Aussage fachlich-inhaltliche Fehler aufweisen. Tabelle 77 zeigt, dass Schüler*in 3.1 eine Vorstellung auf Ebene der kleinsten Teilchen beschreibt. Es findet keine Vermischung mit der stofflichen und/oder der symbolischen Ebene statt. Somit wird die Aussagenformulierung, gemessen an den Erwartungen an die Schülerinnen und Schüler, als fachsprachlich-korrekt eingeordnet. Sie ist jedoch fachinhaltlich unvollständig.

Aufgabenstellung Pre-Test	3. **Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.
Antwort Schüler*in 3.1	„In dem es ein/oder mehre Elektronen abgibt aneinanderes Atom.“

*Tabelle 77 schriftliche Antwort Pre-Test, Aufgabe 3, Schüler*in 3.1*

Der Autor merkt an, dass unter fachsprachlich-korrekt auch in dieser Subfrage die zu erwarteten Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler gemeint sind, gemessen an ihren Vorkenntnissen aus dem Schulunterricht. Die Erwartungen entsprechen den Formulierungen des Auswertebogens (vgl. Kapitel 4.1.1).

In diesem Projekt soll besonders die Fähigkeit der Ebenen-spezifischen Formulierungen betrachtet werden. Deshalb werden Abweichungen von grammatikalischen und orthografischen Anforderungen als fachsprachlich-korrekt angesehen, wenn nicht von inhaltstragenden Bestandteilen abgewichen wird.

Die Auswertung dieser Fragestellung soll sich in diesem Fall von Subfragenstellung 1.2 abgrenzen, indem betrachtet wird, ob die Teilnehmenden im Post-Test eine veränderte Verwendung der fachsprachlichen Äußerungen aufweisen. Insbesondere soll betrachtet werden, ob die Teilnehmenden in ihren Angaben Ebenen-spezifische Formulierungen vermischen.

Insoweit werden in der Auswertung dieser Fragestellung zunächst die Angaben der Schülerinnen und Schüler unter Berücksichtigung der fachsprachlichen Äußerungen klassifiziert und induktiv kategorisiert.

In einem weiteren Schritt werden die Angaben der Post-Tests den gebildeten Kategorien zugeordnet.

Die induktive Kategorienbildung wird durch einen Codierenden durchgeführt. Ein weiterer Codierender ordnet die Tests den formulierten Kategorien zu.

In der Sichtung des Materials sind besonders Veränderungen in den Aufgabenstellungen 3 und 4 - Items zur submikroskopischen Ebene - markiert worden. Dies ist durchaus angenommen worden, da die fachsprachlichen Äußerungen auf dieser Ebene, durch den Bezug auf nicht sichtbare Prozesse, präzise sein müssen. Vermischungen von Ebenen-spezifischen Formulierungen können in den weiteren Aufgabenstellungen kaum beobachtet werden. In der folgenden Darstellung der Ergebnisse werden aus diesem Grund ausschließlich die Veränderungen zu den Aufgabenstellungen 3 und 4 berücksichtigt.

Sollte eine Angabe der Schülerinnen und Schüler in der Auswertung ihrer Angaben als fachsprachlich-falsch bewertet worden sein oder fehlt eine Angabe, so ist dies in der gesamten Auswertetabelle zum Pre-Post-Design farblich markiert. Dies kann vollständig im Anhang III eingesehen werden.

Tabelle 78 führt die induktiv gebildeten Kategorien auf. Gleichzeitig wird den Kategorien ein Farbcode zugeordnet, welcher in der tabellarischen Auswertung der Ergebnisse einer übersichtlichen Einordnung der Daten dienen soll.

Definition Kategorie	Ankerbeispiel	Farbcode
Kategorie 1: Die Schüler*innen verwenden fachsprachliche Äußerungen nach dem formulierten Erwartungshorizont. Die Äußerungen stellen einen fachinhaltlichen Zusammenhang zur Aufgabenstellung her. Die fachinhaltlichen Angaben sind richtig. Die Angaben sind dieser Kategorie zusätzlich zuzuordnen, wenn einer der folgenden fachinhaltlichen Fehler auftreten. - die Abgabe und Aufnahme von Elektronen werden vertauscht. - die numerische Angabe von aufgenommenen oder abgegebenen Elektronen ist falsch.	„In dem es ein/oder mehre Elektronen abgibt aneinanderes Atom.“ (Schüler*in 3.1, Pre-Test, Aufgabe 3, S.1)	
Kategorie 2: Die Schüler*innen verwenden fachsprachliche Äußerungen, es werden ausschließlich Ebenen-spezifische Begriffe in der Antwort genutzt. Die formulierte Antwort ist fachinhaltlich falsch und weicht vom Erwartungshorizont ab.	„Ich glaube in dem die äußere Schale voll gemacht wird aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion. Elektronen sind aufgeladen.“ (Schüler*in 7.1, Pre-Test, Aufgabe 3, S.1)	
Kategorie 3: Die Schüler*innen vermischen in ihren Angaben makroskopische und submikroskopische Formulierungen.	„Wenn es mit einem anderen Element reagiert und Zink Elektronen abgibt oder aufnimmt.“ (Schüler*in 1.2, Pre-Test, Aufgabe 3, S.1)	
Kategorie 4: Die Aufgabenstellung wird durch die Schüler*innen nicht bearbeitet.		

Tabelle 78 Definition induktive Kategorienbildung - fachsprachliche Angaben im Pre-Post-Test

4.2.2.1. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Durch die Subfragenstellung soll beantwortet werden, ob ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegbar ist. Der Pre- und Post-Test der betrachteten Erprobung wird in Kapitel 4.2.2 vorgestellt. Zum Zeitpunkt der Durchführung ist noch kein standardisierter Sprachstandtest genutzt worden, dies wäre besonders vor der Begünstigung einer längeren Arbeitsphase mit der entwickelten Lernumgebung wichtig. Eine weitere Erhebungsmöglichkeit schließt sich durch die Corona-Pandemie aus. Somit kann keine valide Aussage aus den Ergebnissen getroffen werden und es wird kein Anspruch erhoben, dass eine Übertragbarkeit der Aussagen auf andere Lerngruppen möglich ist. Dennoch sollen aus den Ergebnissen Tendenzen abgeleitet werden, welche innerhalb der Lerngruppe erkennbar sind.

Im Folgenden wird die Auswertung der Kodierung vorgestellt. Die Daten werden aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, um somit eine differenzierte Analyse durchführen zu können.

	Pre A3	Pre A4	Post A3	Post A4	follow A3	follow A4
Schüler*in 1.1						
Schüler*in 1.2						
Schüler*in 2.1						
Schüler*in 2.2						
Schüler*in 3.1						
Schüler*in 3.2						
Schüler*in 4.1						
Schüler*in 4.2						
Schüler*in 5.1						
Schüler*in 5.2						
Schüler*in 6.1						
Schüler*in 6.2						
Schüler*in 7.1						
Schüler*in 7.2						
Schüler*in 8.1						
Schüler*in 8.2						
Schüler*in 9.1						
Schüler*in 9.2						
Schüler*in 10.1						
Schüler*in 10.2						
Schüler*in 11.1						
Schüler*in 11.2						
Schüler*in 12.1						
Schüler*in 12.2						
Summe Kategorie 1	4	7	21	20	12	11
Summe Kategorie 2	8	6	2	3	4	5
Summe Kategorie 3	7	6	0	0	2	2
Summe Kategorie 4	5	5	1	1	3	3

Tabelle 79 Auswertung der Kodierung der Pre-Post-Test, fachsprachliche Angaben

Tabelle 79 stellt die Auswertung der Kodierung für die fachsprachlichen Angaben der Schülerinnen und Schüler in den Aufgabenstellungen 3 und 4 der Pre- und Post-Tests dar.

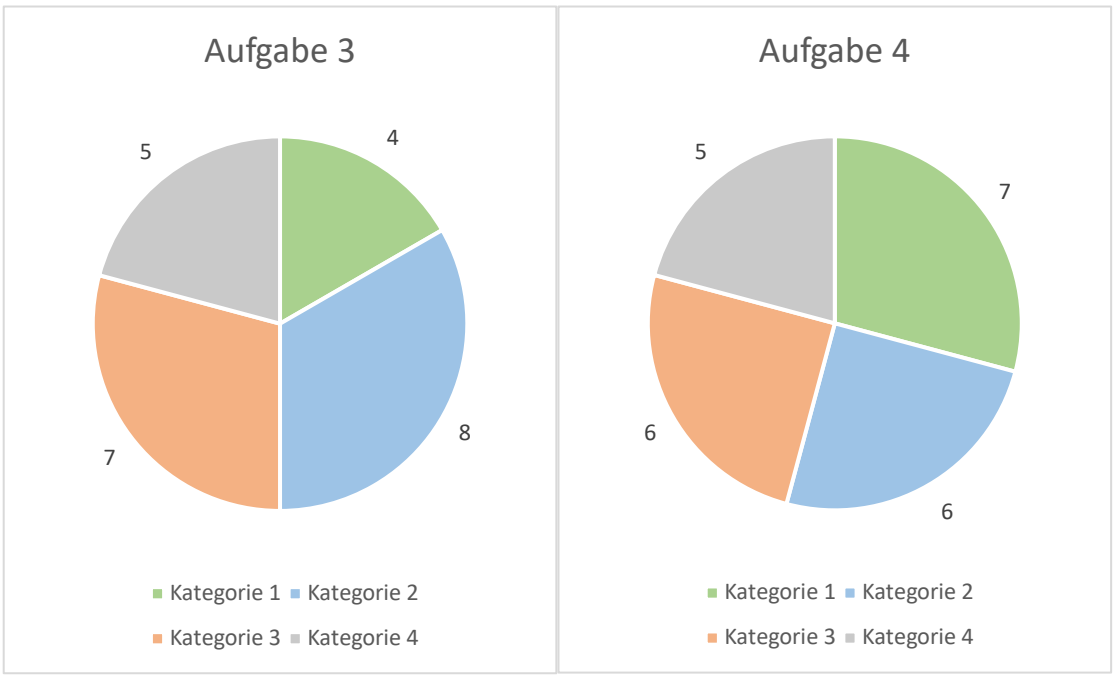


Abbildung 73 Verteilung der fachsprachlichen Kategorienzuordnung, Pre-Test, Aufgaben 3 und 4

Abbildung 73 zeigt die Verteilung der fachsprachlichen Kategorienzuordnung im Pre-Test in den Aufgaben 3 und 4. Es zeigt sich, dass bei der dritten Aufgabenstellung 12 Schülerinnen und Schüler die Anforderungen für eine Kategorisierung in fachsprachlich-korrekte Äußerungen erfüllen. Sie formulieren folglich ihre Aussagen mit dem Ebenen-spezifischen Sprachgebrauch der submikroskopischen Ebene. Sieben Teilnehmende vermischen in der genannten Aufgabe die makroskopische und die submikroskopische Ebene. Fünf Teilnehmende geben keine Antwort.

In Aufgabenstellung 4 formulieren 13 Schülerinnen und Schüler ihre Antworten bereits nach Ebenen-spezifischen Anforderungen ihre Antworten. Sechs Teilnehmende vermischen in ihren Angaben Formulierungen der submikroskopischen und makroskopischen Ebene.

Im Folgenden werden nun die Veränderungen der relativen Kategorienzuordnung für die gesamte Lerngruppe betrachtet.

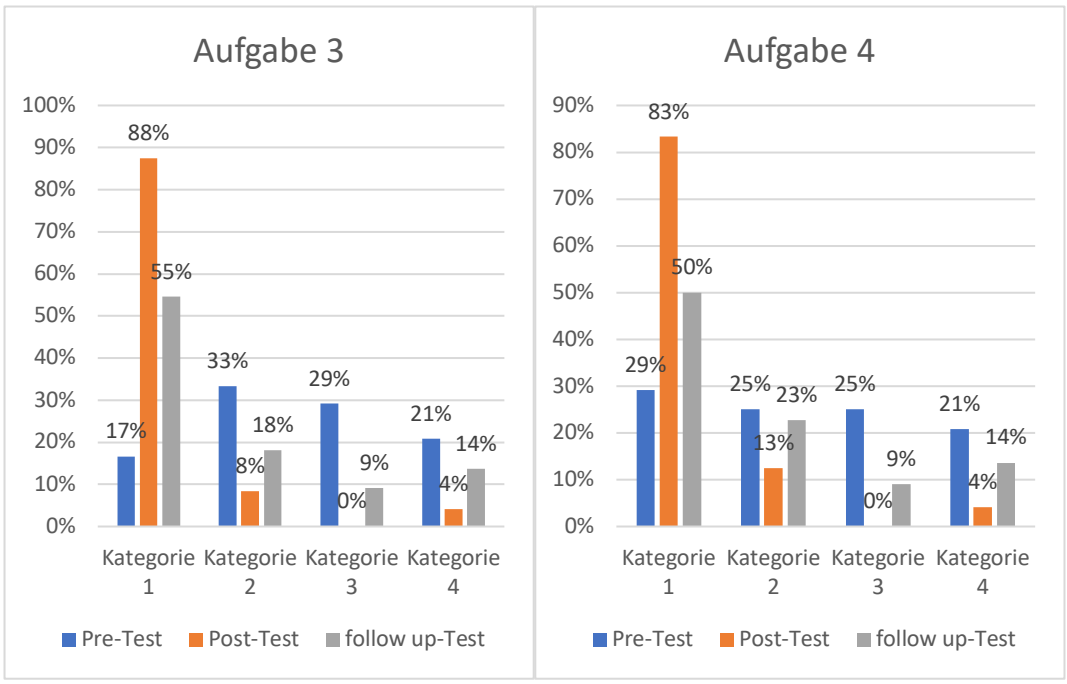


Abbildung 74 Vergleich der relativen Verteilung der fachsprachlichen Kategorienauswertung im Pre-, Post- und follow up-Test, Aufgaben 3 und 4

Abbildung 74 vergleicht in den Diagrammen die Veränderungen in der relativen Verteilung der Kategorienzuordnungen. Es ist erkennbar, dass die Teilnehmenden im Post-Test deutlich häufiger ihre Aussagen nach Kategorienzuordnung 1 formuliert haben. Werden Kategorie 1 und 2 gemeinsam als fachsprachlich gerechte Kommunikation unter Vernachlässigung von fachinhaltlichen Angaben betrachtet, so werden in der dritten und vierten Aufgabenstellung jeweils 96 % aller Aussagen der Schülerinnen und Schüler im Post-Test Ebenen-spezifisch formuliert. Es zeigt sich weiterhin, dass im Post-Test keine Teilnehmenden ihre Antworten durch eine Vermischung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene formulieren.

Die transparente und differenzierte Betrachtung der Ebenen nach Johnstone innerhalb der Lernumgebung zielt auf eine bewusste Trennung der Ebenen-spezifischen Formulierungen ab. Es ist durch Abbildung 74 und die oben genannte Beschreibung eine Tendenz zu erkennen, dass die Teilnehmenden nach der Durchführung der Lernumgebung Formulierungen anwenden, welche einem Ebenen-spezifischen Sprachgebrauch der submikroskopischen Ebene entsprechen. Es kann nicht entnommen werden, ob die Schülerinnen und Schüler dies bewusst anwenden oder nicht.

Dies zeigt sich insbesondere in der Betrachtung der Angaben der Teilnehmenden, welche im Pre-Test der Kategorie ‚Vermischung von Formulierungen der makroskopischen und submikroskopischen Ebene' zugeordnet sind.

Auswertung der Forschungsfragen

Folgende Vermischungen von makroskopischer und submikroskopischer Ebene sind den Pre-Tests zu entnehmen (vgl. Tabelle 80).

	Angabe Pre-Test	Angabe Post-Test
Aufgabe 3	„Wenn es mit einem anderen Element reagiert und Zink Elektronen abgibt oder aufnimmt.“ (Schüler*in 1.2)	„Das Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und dann heißt es Zink-Ion“ (Schüler*in 1.2)
	„Es muss um Zink-Atom zum Zink-Ion „atome“ an Kupfer oder einen anderen Stoff abgegeben werden.“ (Schüler*in 3.2)	„Es werden vom Zink-Atom 2 Elektronen weggenommen“ (Schüler*in 3.2)
	„Ein Zink-Atom wird ein Zink-Ion wenn der Zink-Atom mit einem anderen Stoff zusammen kommt das die Protonen abgibt damit beide Elemente in der Außenschale 8 Protonen haben.“ (Schüler*in 5.1)	„Das Zink-Atom lässt die elektronen aus der Äußerenschale ab so durch entsteht aus Zink-Atom ein Zink-Ion“ (Schüler*in 5.1)
	„Das Zink-Atom wird zu einem Zink-Ion wenn ein neuer Stoff beigefügt wird.“ (Schüler*in 5.2)	„ein Zink-Atom wird zu ein Zink-Ion wenn zwei Elektronen aubgegeben werden.“ (Schüler*in 5.2)
	„Wenn man ein Experiment mit den Zink-Atom und Zink-Ion macht, werden sie vielleicht erhitzt und teilen sich dann.“ (Schüler*in 7.2)	„Zink-Atom gibt 2 Elektronen ab und wird zu Zink-Ion“ (Schüler*in 7.2)
	„Das Zink-Atom reagiert mit einem anderen Atom wie z.b. Silicium und das Zink-Atom nimmt ein elektron um die Außenschale zu füllen.“ (Schüler*in 8.1)	„Das Zink-Atom gibt elektronen auf und wird zum Zink Ion.“ (Schüler*in 8.1)
	„Das Zink-Atom nimmt ein Elekton von einem anderen Element und wird dardurchen Zink-Lon weil es eine volsennnige schale hat. Aber es kann auch ein Elektron abgeben um ein Zink-Lon zu werden es mus nur eine volständige Schale haben.“ (Schüler*in 8.2)	„Das Zink-Atom gibt oder nimmt Elektronen damit zu eine kommplet Schalle hat.“ (Schüler*in 8.2)
Aufgabe 4	„Kupfer muss genauso wie Zink mit einem anderen Element reagieren, um Elektronen aufzunehmen oder abzugeben.“ (Schüler*in 1.2)	„Das Kuper-Ion nimmt zwei Elektronen auf und dann heißt es Kupfer-Atom.“ (Schüler*in 1.2)

	„genau anders herum :), weiß ich nicht.“ (Schüler*in 3.2)	„Es werden 2 Elektronen zum Kupfer-Ion dazugegeben und es entsteht Kupfer-Atom.“ (Schüler*in 3.2)
	„Ein Kupfer-Ion wird zu einem Kupfer-Atom wenn das Kupfer-Ion mit einem anderen Element in berührung kommt und die protonen abgiebt damit beide Elemente 8 Protonen in der Außenschale haben.“ (Schüler*in 5.1)	„Das Kupfer-Ion nimmt die elektronen vom Zink-Atom damit die Außenschale voll ist so entsteht ein Kupfer-Atom.“ (Schüler*in 5.1)
Aufgabe 4	„Das Kupfer-Ion wird zu ein Kupfer-Atom wenn ein Element mit einem Atom reagiert.“ (Schüler*in 5.2)	„Ein Kupfer-Ion wird zu ein Kupfer-Atom wenn elektronen aufgenommen werden.“ (Schüler*in 5.2)
	„Wenn man ein Kupfer-Ion und ein Kupfer-Atom vermischt entsteht eine Masse und aus der Masse wird etwas entnommen.“ (Schüler*in 7.2)	„Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen und wird zu Kupfer-Atom.“ (Schüler*in 7.2)
	„Wenn das Kupfer-Ion mit einem Anderen Atom das 1 elektron in der Außenschale hat wie z.b. Natrium nimmt das Kupfer Ion den elektron und wird wieder ein Atom.“ (Schüler*in 8.1)	„Das Kupfer Ion nimmt elektronen auf und wird zum Kupfer Atom.“ (Schüler*in 8.1)

Tabelle 80 Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen im Pre-Test, Aufgabe 3 und 4

Tabelle 80 zeigt die Angaben der Schülerinnen und Schüler, welche im Pre-Test der Kategorie 3 zugeordnet sind. Es lassen sich aus den Angaben der Teilnehmenden zwei verschiedene Ansichten ableiten.

Die Schüler*innen 1.2, 3.2, 5.2 und 7.2 vermischen in ihren Formulierungen Begriffe der makroskopischen und submikroskopischen Ebenen. Sie beschreiben in ihren Äußerungen einen experimentellen Vorgang. Zusammengefasst muss nach diesen Angaben ein Teilchen mit einem Element bzw. Stoff zusammengebracht werden. Dies lässt eine fachlich-falsche Vorstellung bei den Teilnehmenden vermuten.

In den Formulierungen von Schüler*innen 5.1, 8.1 und 8.2 lässt sich jeweils ein Strukturverständnis von Atomen und Ionen erkennen. Die Angaben zeigen, dass den genannten Teilnehmenden die sprachliche Differenzierung in der Ebene nicht bewusst ist: „mit einem Anderen Atom das 1 elektron in der Außenschale hat wie z.b. Natrium“ (Schüler*in 8.1, Pre-Test, Aufgabe 4). Aus der Formulierung wird interpretiert, dass Schüler*in 8.1 sprachlich nicht die Unterscheidung zwischen ‚Natrium‘ und einem ‚Natrium-Atom‘ kennt oder dies in der Situation nicht bewusst abgerufen hat. Ferner lässt sich erkennen, dass den genannten Teilnehmenden fachsprachliche Äußerungen in der

Situation fehlen oder nicht bekannt sind: „damit beide Elemente in der Außenschale 8 Protonen haben." (Schüler*in 5.1, Pre-Test, Aufgabe 3). Es ist zu vermuten, dass sich Schüler*in 5.1 ein Schalenmodell vorstellt, jedoch in der Situation der falsche Begriff ‚Element' für die Beschreibung genutzt wird. Es wird angenommen, dass Schüler*in 5.1 den korrekten Fachbegriff nicht kennt oder ihn in der Situation nicht abrufen konnte.

In den Angaben der Post-Tests der benannten Teilnehmenden ist zu erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler beider beschriebener Gruppen, in ihren Angaben Ebenen-spezifische Formulierungen wählen. Vielmehr wird deutlich, dass die Antworten strukturiert formuliert sind und die richtigen Bezeichnungen der submikroskopischen Ebene genutzt werden. Dies zeigt, dass durch die Bearbeitung der Lernumgebung entweder ein fachsprachlicher Zuwachs bei den benannten Teilnehmenden zu erkennen ist oder die fachsprachlichen Vorkenntnisse durch die Lernumgebung aktiviert wurden, so dass diese im Post-Test abgerufen werden konnten.

Im Folgenden soll nun explorativ dargestellt werden, welche Veränderungen im Post-Test zu erkennen sind.

In der Sichtung des Datenmaterials der Kategorie 1 im Post-Test zeigen sich verschiedene Formulierungen zu den Aufgabenstellungen, welche keinen Ursprung aus dem vorgegebenen Material der Lernumgebung hat.

„Ein Zink-Atom wird zu einem Zink-Ion wenn zwei Elektronen aubgegeben werden." (Schüler*in 5.2, Post-Test, Aufgabe 3)

„Das Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und dann heißt es Zink-Ion." (Schüler*in 1.2, Post-Test, Aufgabe 3)

„Das Zink-Atom gibt zwei Elektronen der äußersten Hülle ab und hat dann eine weniger, die dann aber gefüllt ist." (Schüler*in 9.1, Post-Test, Aufgabe 3)

„Zum Kupfer-Ion kommen Erlektronen hin (so das ein Neutrales Kupfer Atom) exestiert." (Schüler*in 9.2, Post-Test, Aufgabe 4)

Abbildung 75 Explorative Aussagen fachsprachliche Auswertung Post-Test, Aufgabe 3

Diese differenzierte Betrachtung zeigt tendenziell, dass die Schülerinnen und Schüler bewusst oder unbewusst einen Ebenen-spezifischen Sprachgebrauch wählen. Die Teilnehmenden können diese Aussagenformulierungen nicht aus dem Lernmaterial abgeschrieben haben, da ausschließlich im Knotenpunkt der Symbol-Ebene (1. Differenzierungsstufe) eine vorgegebene Verschriftlichung in Form einer Wortreaktionsgleichung der Gesamtreaktion vorliegt (vgl. Kapitel 3.5.9.7). Die Aussagen ähneln jedoch den verwendeten Redeformeln ‚Ein Atom wird zu einem Ion und gibt Elektronen ab' bzw. ‚Ein Ion nimmt Elektronen auf und wird zu einem Atom.'. Die Lernenden scheinen somit tendenziell durch die Lernumgebung dazu animiert worden zu sein, ihre Aussagen im Post-Test Ebenen-gerecht zu formulieren.

Das genutzte Pre-Post-Design entspricht, wie bereits in der Einleitung zu dieser Diskussion erwähnt, keinem standardisierten Sprachstandtest, somit kann keine Sprachvermögensveränderungen festgestellt werden. Es zeigt dennoch, dass nahezu alle Teilnehmenden nach der Bearbeitung der Lernumgebung eine Antwort mit Äußerungen auf Basis der submikroskopischen Ebene formulieren können. Daraus wird tendenziell abgeleitet, dass die Lernenden durch die Bearbeitung Lernumgebung einen bewussten oder unbewussten Gebrauch von fachgerechter Sprache anwenden. Es lässt sich zudem tendenziell erkennen, dass die Teilnehmenden diesen Gebrauch bei der Anwendung der Lernumgebung erlernen oder dieser – falls er vor Teilnahme an der Erprobung bereits vorhanden war – durch die Bearbeitung aktiviert wird.

Im follow-up-Test kann im Vergleich zum Post-Test festgestellt werden, dass zwei Teilnehmende (Schüler*in 1.1 und Schüler*in 4.1) eine Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen nutzen.

Aussagen Pre-Test Schüler*in 1.1, Aufgaben 3 und 4	„Ein Zink-Atom muss seine Elektronen aufnehmen, so entsteht ein Zink-Ion.“ „Ein Kupfer-Ion muss seine Elektronen abgeben.“
Aussagen Post-Test Schüler*in 1.1, Aufgaben 3 und 4	„Das Zink Atom gibt zwei Elektronen ab Sie fließen durch den elektrischen Leiter weiter.“ „Der Kupfer Ion nimmt die 2 Elektronen vom Kupfer Atom auf.“
Aussagen follow up-Test Schüler*in 1.1, Aufgaben 3 und 4	„Zink gibt seine Elektronen ab.” „Kupfer nimmt die Elektronen auf.”

*Tabelle 81 Explorative Aussage Schüler*in 1.1 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen*

Tabelle 81 benennt die Aussagen von Schüler*in 1.1, welche in allen drei Tests geschrieben sind. Es zeigt sich, dass Schüler*in 1.1 im Post-Test eine differenzierte Formulierung für ihre Vorstellungen der Ionenbildungs- bzw. Atombildungsreaktion verwendet. Im follow-up-Test ist dies rückläufig und führt durch eine vernachlässigte Differenzierung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene zu einer Aussage, welche mit dem beschriebenen Laborjargon (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018) vergleichbar ist.

Da unzureichende Angaben zum weiteren Unterrichtsverlauf nach der durchgeführten Erprobung bekannt sind, ist es nicht möglich Zusammenhänge zwischen den Entwicklungen zu ziehen. Dieser Vergleich unterstützt jedoch die Aussage, dass direkt nach der Bearbeitung ein Ebenen-differenzierter Sprachgebrauch für die submikroskopische Ebene aktiviert wird.

Aussagen Pre-Test Schüler*in 4.1, Aufgaben 3 und 4	„Ich glaube indem ein Kupfer-Atom ein Zink Atom etwas abgiebt und so wird es zum Zink-Ion." „Indem das Kupfer-Ion dem Kupfer-Atom etwas abgiebt."
Aussagen Post-Test Schüler*in 4.1, Aufgaben 3 und 4	„Indem Zink-Atom dem Kuper-Atom zwei Elektronen abgiebt so wird es zum Zink-Ion" „Indem das Kupfer-Ion zwei Elektronen das Zink-Atom abgibt, somit wird es zum Kupfer-Atom"
Aussagen follow up-Test Schüler*in 4.1, Aufgaben 3 und 4	„Ich glaube in dem man 1 Elektrode abgibt." „Indem 1 Elektrode aufgenommen wird."

*Tabelle 82 Explorative Aussage Schüler*in 4.1 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen*

In Tabelle 82 werden die Aussagen von Schüler*in 4.1 im Pre-, Post- und follow-up-Test zu den Aufgabenstellungen dargestellt. Es zeigt sich, dass Schüler*in 4.1 im follow-up-Test einen orthografischen Fehler macht, welcher eine semantische Veränderung der Aussage erzeugt. Durch die falsche Verwendung des Begriffs ‚Elektrode' werden diese Aussagen der Kategorie 3, der Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene, zugeordnet. Ob die Verwendung des Begriffs ‚Elektrode' bewusst oder versehentlich im follow-up-Test genutzt wird, kann nicht bestimmt werden. Durch die Aussagen im Pre- und Post-Test ist jedoch erkennbar, dass Schüler*in 4.1 verschiedene orthografische und grammatikalische Fehler notiert. Dies kann jedoch nur als Indiz für eine mögliche versehentliche Verwendung des Begriffs ‚Elektrode' verstanden werden.

Jedoch kann auch vermutet werden, da Schüler*in 4.2 den Begriff ‚Elektrode' in Aufgabe 3 und 4 im follow-up-Test verwendet, dass die Semantisierung des Begriffs ‚Elektrode' bei Schüler*in 4.1 fehlgeschlagen ist und mit diesem Begriff eine falsche Bedeutung verbunden wird.

In der Sichtung des Datenmaterials des follow up-Tests konnte die Aussage von Schüler*in 9.2 nicht den bestehenden Kategorien zugeordnet werden. Dies ist in der Auswertetabelle aus diesem Grund andersfarbig gekennzeichnet. Schüler*in 9.2 nutzt in ihren Formulierungen zu Aufgaben 3 und 4 im follow up-Test vermischende Aussagen zwischen der submikroskopischen und symbolischen Ebene.

Aussagen Pre-Test Schüler*in 9.2, Aufgaben 3 und 4	„Wenn Protonen und Elektronen durch die Verbindung von einem anderen Atom nicht mehr gleich sind, nännt man es z.B. Zink-Ion“ „Ein Kupfer-Ion ist, wenn z.B. ein Elektrn vom Atom entfernt wird und der Elektron zu einem anderen Atom hinzu geführt wird. Wenn das Kupfer-Ion Protonen und Elektronen wieder neutral hat, ist es wieder ein vollständiger Kupfer-Atom“
Aussagen Post-Test Schüler*in 9.2, Aufgaben 3 und 4	„Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird dadurch zu einem Zink-Ion.“ „Zum Kupfer-Ion kommen Erlektronen hin (so das ein Neutrales Kupfer Atom) exestiert.“
Aussagen follow up-Test Schüler*in 9.2, Aufgaben 3 und 4	„Zink-Atom: e- und p+ sind gleich. Zink-Ion = e- geht zum anderen Atom.“ „Kupfer Ion nimmt ein e- auf.“

*Tabelle 83 Explorative Aussage Schüler*in 9.2 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen*

In Tabelle 83 können die Angaben von Schüler*in 9.2 des Pre-, Post- und follow-up-Tests verglichen werden. Es ist zu erkennen, dass im Post-Test eine strukturierte Formulierung geführt wird. Die Sätze sind nicht in der Lernumgebung formuliert. Jedoch wird eine solche Formulierungsstruktur bei den Teilnehmenden durch die Aufgabenstellungen animiert. Es zeigt sich, dass Schüler*in 9.2 diese nach der Bearbeitung der Lernumgebung anwenden kann. Im follow-up-Test scheint Schüler*in 9.2 eine ähnliche Formulierung im Vergleich zum Pre-Test zu wählen, jedoch verwendet Schüler*in 9.2 im follow-up-Test die Symbole für Protonen und Elektronen, so dass in dieser Formulierung eine Vermischung mit der Symbol-Ebene erzeugt wird.

Dieses Beispiel unterstützt auch die Aussage, dass die Lernumgebung Ebenen-spezifische Formulierungen für die submikroskopische Ebene fördert.

Das Beispiel von Schüler*in 9.2 fordert eine konsequente Umsetzung des Lernmaterials, welches Ebenen-spezifische Formulierungen fördert.

Zusammenfassend kann durch das Pre-Post-Design keine valide und reliabele Aussage über einen fachsprachlichen Lernzuwachs nach der Bearbeitung der Lernumgebung getroffen werden. Es ist jedoch tendenziell zu erkennen, dass die Lernumgebung die Teilnehmenden nach der Bearbeitung aktiviert, im Bereich der submikroskopischen Ebene spezifische Formulierungen zu verwenden.

Im Folgenden wird die Forschungsfrage 2 durch eine weitere Subfrage differenziert betrachtet.

4.2.3. Subfrage 2.3 Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich-korrekte Formulierungen?

Bevor die Vorgehensweise der Beantwortung dieser Fragestellung beschrieben wird, soll begründet sein, weshalb ausschließlich der erste Knotenpunkt der Vorstellungsebene betrachtet wird. Die differenzierte Betrachtung von Sprache, insbesondere hinsichtlich der bedeutungstragenden Bestandteile in der Unterscheidung der Zuweisung zu den Ebenen nach Johnstone, ist ein elementarer Bestandteil des Projektes. Die erarbeitete Lernumgebung soll die Schülerinnen und Schüler in der Nutzung von fachsprachlichen Formulierungen fördern. In der Sichtung des Materials zeigt sich zudem, dass die Teilnehmenden in verschiedenen Facetten von Sprachregistern miteinander kommunizieren. Darunter ist insbesondere die Alltagssprache gemischt mit fachsprachlichen Äußerungen auffällig. Es zeigt sich zudem in der Sichtung des Materials, dass kaum Auffälligkeiten in einem fachlich nicht-Ebenen-spezifischen Sprachgebrauch, unter Berücksichtigung der Vorkenntnisse der Lernenden, in der Beobachtungs- und Symbol-Ebene zu verzeichnen sind. Insbesondere die Beobachtungs-Ebene wird durch die Verwendung der Alltagssprache unterstützt, die Äußerungen sind jedoch nicht als fachlich falsch zu bewerten.

Wie auch Barke et al. (2018) darstellen, ergibt sich insbesondere in der nicht differenzierten sprachlichen Betrachtung der submikroskopischen Ebene ein Laborjargon, der fachlich nicht eindeutig korrekte Formulierungen ausgibt. Daher wird die submikroskopische Ebene zu dieser Forschungsfrage genauer betrachtet. Da jedoch nicht alle Teilnehmenden alle Knotenpunkte in der Erprobungszeit bearbeiten konnten, beschränkt sich die Auswertung auf den ersten Knotenpunkt, welcher durch alle Teilnehmenden bearbeitet wurde.

Im Rahmen dieser Subfrage soll somit Folgendes erfasst werden: Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in ihrer verbalen Kommunikation in dem genannten Knotenpunkt Formulierungen, welche als fachsprachlich-korrekt betrachtet werden?

Der Autor merkt an, dass die Analyse dieser Subfrage in gemeinschaftlicher Kooperation mit der Erarbeitung der Masterarbeit von Albers (2021) durchgeführt worden ist. Die Analyse dieser Subfrage lässt sich beiden Arbeiten entnehmen.

Zur Beantwortung der Fragestellung wird eine mehrschrittige Auswertung durchgeführt, welche im Folgenden beschrieben wird.

Im ersten Schritt werden die Bearbeitungszeiten der einzelnen Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene (VE1) im Videomaterial codiert. Es wird für jede einzelne Aufgabenstellung der Zeitraum der Bearbeitung codiert. Die ersten sechs Aufgaben entsprechen dabei den einzelnen Animationen, gefolgt von den beiden Aufgabenstellungen

des Sicherungsbausteins innerhalb des Knotenpunktes. Abbildung 76 zeigt den zugehörigen Ausschnitt des Codiersystems.

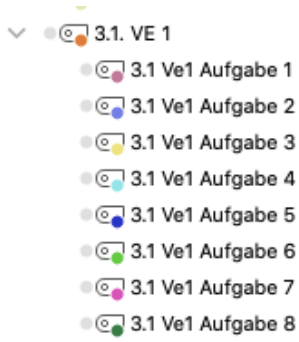


Abbildung 76 Codesystem der Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene, Auszug aus MAXQDA

In der Codierung der Bearbeitungszeit der Aufgabenstellung sind sogenannte off-task-Handlungen (Dellbrügge, 2020) nicht berücksichtigt worden. Unter off-task-Handlungen sind alle Tätigkeiten berücksichtigt, welche sich nicht auf die direkte Bearbeitung der Lernaufgabe beziehen. Dies können externe Ablenkungen aus der Umgebung sein oder technische Probleme mit dem zur Verfügung gestellten Material. Diese off-Task-Handlungen werden auch in der Betrachtung der dritten Forschungsfrage berücksichtigt, so dass diese separat codiert werden. In der Sichtung des Materials zeigt sich, dass einzelne Partnergruppen einen Verlust ihrer Antworten auf einem Tablet verzeichnen mussten. Sie haben teilweise die vorhandenen Antworten von dem einen Tablet auf das andere Tablet abgeschrieben. Dieser Zeitraum wird als Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung codiert. Abbildung 77 zeigt den Ausschnitt des Kategoriensystems zu den Ablenkungen.

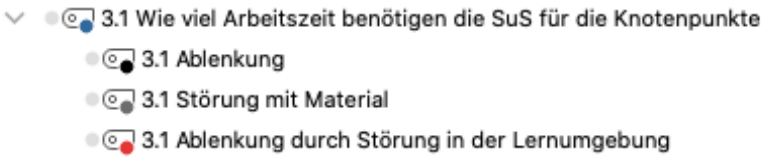


Abbildung 77 Codesystem für Ablenkungen in der Bearbeitung

Im weiteren Schritt wird die verbale Kommunikation der Schülerinnen und Schüler innerhalb der Partnergruppe betrachtet. Zur Beantwortung der Fragestellungen werden sinnzusammenhängende Kommunikationssequenzen im Videomaterial codiert, in denen sich die Teilnehmenden fachsprachlich-falsch ausdrücken. Es ist an dieser Stelle zu betonen, dass mit fachsprachlich-richtiger Ausdrucksweise nicht die ausschließliche Verwendung des Sprachregisters ‚Fachsprache' zu verstehen ist. Dieses würde zum einen den benannten Laborjargon beinhalten und dadurch eine sprachliche Vermischung der Ebenen als richtig legitimieren, zum anderen nutzen die Schülerinnen und Schüler auch andere Sprachregister, in denen fachlich-richtige Begriffe und Ausdrücke eingebettet werden. Diese werden im Rahmen des Lernprozesses zur Fachsprache in dieser Codierung als ‚fachsprachlich-richtig' betrachtet. In diesem Projekt wird der Begriff ‚fachsprachlich' als eine sprachlich und

fachlich korrekte Kommunikation verstanden, welche von den Schülerinnen und Schülern in der Lernsituation erwartet wird. Somit werden Aussagen als ‚fachsprachlich-falsch' codiert, wenn sie die Ebenen-spezifischen Anforderungen in der Bearbeitung nicht erfüllen. Dies ergibt sich in der submikroskopischen Ebene insbesondere durch die fehlende sprachliche Differenzierung zwischen Atomen und Ionen oder auch der Vermischung der Stoff- und Teilchen-Ebene. Auch die Nutzung der Elementsymbole, was eine Vermischung mit der Symbol-Ebene bedeutet, wird in diesem Code als ‚fachsprachlich-falsch' codiert.

Für die Codierenden ist dies wie folgt im Codierleitfaden definiert worden:

<table>
<tr><td rowspan="2">1</td><td colspan="2">Benennung</td><td colspan="2">Beispiel</td></tr>
<tr><td colspan="2">fachsprachlich falsche Kommunikation

Definition: Die Schüler*innen verwenden fachsprachlich falsche Formulierungen bei der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene.</td><td colspan="2">Ankerbeispiel:

Video 1.3 - Min. 12.27-13.03</td></tr>
<tr><td colspan="3">Indikatoren:
- Schüler*innen kommunizieren auf stofflicher Ebene (Beobachtungs-Ebene)
- Schüler*innen nutzen Symbole der chemischen Symbolsprache (z.B. Elementsymbole)
- Schüler*innen differenzieren nicht zwischen Atomen und Ionen</td><td colspan="2">Beispiele:
– Schüler*innen sprechen von Zink, Kupfer und Sulfat
– Schüler*innen sprechen von „Cu“</td></tr>
<tr><td colspan="5">die fachsprachlich falsche Kommunikation wird codiert als</td></tr>
<tr><td>Übergeordneter Code</td><td colspan="4">Subcodes</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.3</td><td rowspan="2">2.3.x</td><td>Schüler 1</td><td colspan="2">Definition: Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die erste Aufgabe der Vorstellungsebene 1</td></tr>
<tr><td>Schüler 2</td><td colspan="2">Definition: Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die erste Aufgabe der Vorstellungsebene 1</td></tr>
</table>

Tabelle 84 Kodierleitfaden Code 2.3 fachsprachlich-falsche Kommunikation

Das ‚x' des Subcodes markiert in diesem Beispiel die Nummerierung der Partnergruppe. Es wird innerhalb des Codes durch einen weiteren Subcode unterschieden, welcher Teilnehmende sich fachsprachlich-falsch geäußert hat.

Die fachsprachlich-falsch codierten Äußerungen werden in einem weiteren Schritt analysiert. Diese sollen den folgenden Kategorien eingeordnet werden.

(1) Die Schülerinnen und Schüler differenzieren nicht zwischen den Teilchen.

(2) Die Schülerinnen und Schüler kommunizieren auf der makroskopischen Ebene.

(3) Die Schülerinnen und Schüler verwenden Elemente der Symbol-Ebene.

In der Sichtung des Materials wird zudem vereinzelt eine metasprachliche Kommunikation der Schülerinnen und Schüler über Formulierungen innerhalb der Vorstellungs-Ebene beobachtet. Diese ist durch die geringe Anzahl der Äußerungen nicht gruppenspezifisch codiert. Es können dadurch abschließend einzelne, fachsprachliche Hürden erschlossen werden, aus

denen sich eventuell weiterer Förderungsbedarf ableitet. Tabelle 85 zeigt die Vorgaben für die Codierenden aus dem Codierleitfaden.

<table>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene</td><td>Ankerbeispiel:</td></tr>
<tr><td>Definition: Die Schüler*innen verbalisieren im Rahmen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene metasprachliche Äußerungen.</td><td>Video 11.4 Min. 11:45-12:07</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen diskutieren auf einer Metaebene über die Verwendung von Fachbegriffen
- Schüler*innen kommunizieren über Strukturen der chemischen Fachsprache
- Schüler*innen bewerten Strukturen der chemischen Fachsprache</td><td>Beispiele:
– Schüler*innen diskutieren darüber, ob Außenelektron ein Fachbegriff ist.
– Schüler*innen fragen einander, wie ein bestimmter Fachbegriff heißt.
– Schüler*innen äußern, dass es ihnen leichtfällt/schwerfällt, zwischen den Teilchen zu differenzieren</td></tr>
<tr><td colspan="3">die Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene wird codiert als</td></tr>
<tr><td>Übergeordneter Code</td><td colspan="2">Subcode</td></tr>
<tr><td>2.3</td><td colspan="2">Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene</td></tr>
</table>

Tabelle 85 Codierleitfaden Code 2.3 Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene

Der Autor merkt an, dass im Rahmen des Codierungsprozesses der beschriebenen Codes durch die zeitlich-kurzen, sinnzusammenhängenden Einheiten einzelne, nicht vollständige Übereinstimmungen der Codierenden entstanden sind. Auch der angestrebte Wert von 95 % in der Intercoder-Übereinstimmung konnte durch Abweichungen von Bruchteilen einer Sekunde in einzelnen Sequenzen nicht erreicht werden. Alle festgestellten zeitlichen Differenzen wurden durch eine Teamsitzung einzeln betrachtet und geprüft. Es wurde in dieser Prüfung durch weitere Codierende beurteilt, ob die gleiche sinnzusammenhängende Kommunikation codiert werden sollte und nur Start- und Endpunkte der Sequenz eine zu große Abweichung aufweisen, dass die Intercoder-Übereinstimmung nicht höher als 95 % liegt, oder ob unterschiedliche Kommunikationssequenzen betrachtet wurden. Ist in der Prüfung festgestellt worden, dass die gleiche sinnzusammenhängende Kommunikationssequenz codiert werden sollte, so wurden die Start- und Endpunkte der Codesequenz in einem Datenmaterial angepasst, um die Intercoder-Übereinstimmung zu erhöhen. Alle Entscheidungen zu Änderungen der Start- und Endpunkte einer Videosequenz sind in Anlage VIII dokumentiert.

4.2.3.1. Auswertung der codierten Daten

Um eine Antwort auf die formulierte Fragestellung zu geben, werden die erhaltenen Ergebnisse in eine Beziehung zueinander gesetzt. Die Betrachtung der Fähigkeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen soll in dieser Subfrage im Fokus stehen. Die fachsprachlich-richtige Kommunikation wird durch die oben beschriebenen Codes berechnet. Es wird in dieser Betrachtung die Bearbeitungszeit der Schülerinnen und Schüler genutzt und davon die Zeit von Ablenkungen und fachsprachlich-falscher Kommunikation subtrahiert. Das Ergebnis der Subtraktion wird als Zeitspanne angesehen, in der sich die Teilnehmenden fachsprachlich-korrekt äußern und somit nach den Ebenen-spezifischen Sprachanforderungen kommunizieren (Vgl. Tabelle 86).

Berechnung	Bearbeitungszeit einer Aufgabe (gesamt) - Zeit für Ablenkungen und Störungen - Zeit für fachsprachlich-falsche Äußerungen = Zeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen

Tabelle 86 Berechnung der absoluten Zeit einer Partnergruppe mit fachsprachlich-korrekten Äußerungen

Um dies in einer Relation zur gesamten Kommunikation auswerten zu können, wird von der codierten Bearbeitungszeit die Zeit der Ablenkungen subtrahiert, um die tatsächliche Bearbeitungszeit zu erhalten. Die Zuordnung von fachsprachlich-korrekten Formulierungen zu der tatsächlichen Bearbeitungszeit gibt die relative Zeit an, in der sich die Schülerinnen und Schüler fachsprachlich-korrekt äußern (vgl. Tabelle 87). Diese Berechnung wird für jede Partnergruppe als auch jede Aufgabenstellung durchgeführt.

Berechnung	absolute Zeit der fachsprach-korrekten Äußerungen Absolute Bearbeitungszeit – absolute Zeit von off-task-Handlungen	=	relative Zeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen

Tabelle 87 Berechnung der relativen Zeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen

4.2.3.2. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Der erste Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene in der beschriebenen Lernumgebung ist durch alle 12 Partnergruppen bearbeitet worden. Durch einen technischen Ausfall der Videografie kann leider die Bearbeitung der Aufgaben 1 bis 7 in Partnergruppe 11 nicht nachvollzogen werden. Diese Gruppe wird folglich in der Berechnung von Relationen zu den Aufgaben 1 bis 7 nicht berücksichtigt.

Tabelle 88 zeigt die durchschnittliche, tatsächliche Bearbeitungszeit der acht Aufgabenstellungen in Minuten. Alle off-task-Handlungen sind in diesen Zeiten abgezogen worden. Diese soll dargestellt sein, um einen möglichen Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Bearbeitungszeit einer Partnergruppe im Vergleich zur durchschnittlichen Arbeitszeit ableiten zu können.

Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 5	Aufgabe 6	Aufgabe 7	Aufgabe 8
04:27,8	04:11,7	04:21,6	02:10,0	02:38,2	03:02,0	06:47,1	06:26,2

Tabelle 88 Durchschnittliche tatsächliche Bearbeitungszeit der Aufgabenstellungen in Minuten (Min:Sek)

Um die relative Zeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen innerhalb der einzelnen Partnergruppen als auch der einzelnen Aufgabenstellungen auswerten zu können, ist es notwendig, die tatsächliche Bearbeitungszeit der einzelnen Gruppen zu betrachten. Tabelle 89zeigt die tatsächliche Bearbeitungszeit einer Partnergruppe für eine Aufgabenstellung sowie die Relation der fachsprachlich-richtigen Kommunikation innerhalb einer Partnergruppe zur tatsächlichen Bearbeitungszeit.

	A 1a	A 1b	A1c	A 1d	A1e	A 1f	A 2	A 3	Arithm. Mittel
Gruppe 1	04:37,2	08:50,8	06:16,9	02:55,4	06:50,8	03:19,5	07:25,1	02:19,5	
	100 %	100 %	85,6 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	98,2 %
Gruppe 2	03:38,7	04:28,1	03:05,8	01:08,2	01:57,2	02:06,3	08:10,6	07:16,5	
	92,9 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	96,0 %	100 %	98,6 %
Gruppe 3	04:10,6	07:37,5	06:15,1	07:14,2	01:53,4	02:50,4	04:39,4	06:24,9	
	98,6 %	94,8 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	97,1 %	98,8 %
Gruppe 4	06:12,9	03:43,3	02:02,2	01:35,8	01:52,7	01:36,7	05:31,9	08:05,9	
	91,8 %	91,6 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	97,0 %	97,6 %
Gruppe 5	04:19,0	03:40,7	04:26,1	01:07,0	02:26,1	03:14,7	08:56,8	09:05,3	
	100 %	81,4 %	90,9 %	100 %	91,3 %	100 %	100 %	94,8 %	94,8 %
Gruppe 6	03:22,9	03:09,1	02:01,8	02:13,5	01:55,4	02:06,0	10:28,3	06:54,0	
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	96,6 %	98,5 %	99,4 %
Gruppe 7	05:08,0	01:01,0	01:10,8	00.21,7	01:32,6	04:15,6	03:35,0	02:20,2	
	97,5 %	79,7 %	100 %	100 %	100 %	100 %	94,3 %	100 %	96,4 %
Gruppe 8	04:02,9	02:06,5	02:59,3	01:02,2	01:30,0	00:51,1	03:51,6	08:20,4	
	95,5 %	89,3 %	100 %	100 %	94,7 %	100 %	100 %	88,1 %	96,0 %
Gruppe 9	02:25,4	02:38,7	02:52,6	00:51,2	00:54,0	01:19,1	05:02,5	08:45,3	
	88,1 %	95,2 %	100 %	100 %	100 %	92,7 %	98,8 %	100 %	96,9 %
Gruppe 10	05:17,2	04:14,0	02:31,4	02:41,0	02:10,4	02:31,7	05:51,3	05:45,6	
	87,8 %	100 %	94,6 %	100 %	78,3 %	100 %	100 %	99,7 %	95,0 %
Gruppe 11	05:51,1	04:39,3	14:16,1	02:39,4	05:57,2	09:11,3	11:05,3	04:17,7	
	100 %	96,6 %	100 %	100 %	100 %	100 %	99,4 %	100 %	99,5 %
Gruppe 12								07:39,1	
	--	--	--	--	--	--	--	100 %	
Arithm. Mittel aller Gruppen	95,7 %	93,5 %	97,4 %	100 %	96,8 %	99,93 %	98,6 %	97,9 %	
	In der Berechnung der Aufgaben 1 bis 7 wird Gruppe 12 nicht berücksichtigt.								

Tabelle 89 Gesamtübersicht der absoluten, tatsächlichen Bearbeitungszeit der Aufgabenstellungen in Min. und der relativen, fachsprachlich korrekten Äußerungen der Teilnehmenden-Kommunikation in Prozent.

Auswertung der Forschungsfragen

Um die Betrachtung der berechneten Ergebnisse zu erleichtern, werden in Tabelle 90 vier Prozentsequenzen und der Prozentwert 100 % farblich unterschiedlich kenntlich gemacht. Diese Bereiche sind nach der Berechnung festgelegt worden und folglich so gewählt, dass die Ergebnisse möglichst übersichtlich wahrgenommen werden können.

	Relativer Anteil der fachsprachlich-korrekten Kommunikation der Schüler*innen in Prozent				
Farbliche Markierung des Sequenzbereichs					
Sequenzbereich	< 85 %	85,1 % - 90,0 %	90,1 % - 95,0 %	95,1 % - 99,9 %	100 %
Absolute Anzahl der codierten Sequenz	3	5	12	12	57
Relative Häufigkeit der codierten Sequenz	3,4 %	5,6 %	13,5 %	13,5 %	64,0 %

Tabelle 90 Farbliche Kategorisierung der relativen, fachsprachlich-korrekten Kommunikation der Schülerinnen und Schüler

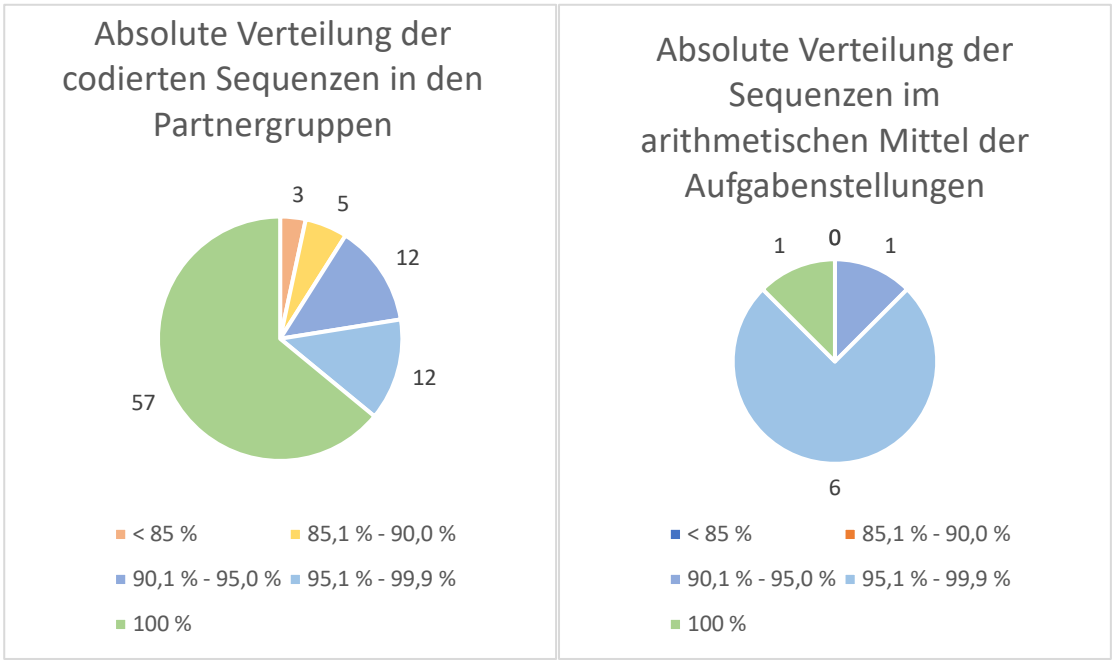


Abbildung 78 Absolute Verteilung der codierten Sequenzen in den codierten Sequenzen der Partnergruppen und im arithmetischen Mittel der Aufgabenstellungen

Den berechneten Werten kann entnommen werden, dass die Schülerinnen und Schüler aller Lerngruppen – unter Vernachlässigung von Gruppe 12 – einen sehr hohen Anteil vollständig, fachsprachlich-korrekter Äußerungen in ihrer verbalen Kommunikation führen. In der verbalen Kommunikation sind bei 57 der insgesamt 89 bearbeiteten Aufgaben (64,0 %) eine vollständig fachsprachlich-korrekte Kommunikation der Teilnehmenden codiert worden. Die Prozentsequenzen zwischen 95,1 % bis 99,9 % und 90,1 % bis 95 % sind bei jeweils 12 Aufgabenstellungen festgestellt worden. Bei fünf Aufgabenbearbeitungen kommunizieren die Lernenden in einem relativen Anteil von 85,1 % - 90,0 %. Unterhalb eines Prozentwerts von 85 % sind drei Aufgabenbearbeitungen festgestellt worden (vgl. Abbildung 78 - links).

Wird der Anteil der fachsprachlich-korrekten Äußerungen im arithmetischen Mittel der einzelnen Aufgabenstellungen betrachtet (vgl. Abbildung 78 – rechts), ist zu erkennen, dass innerhalb der Aufgabenstellung 1d von allen Partnergruppen – ausgenommen Gruppe 12 – keine fachsprachlich-falsche Kommunikation codiert wurde. Aufgabenstellung 1d fordert die Beschreibung der Bestandteile der Kupfer-Halbzelle. Ein Grund dafür mag sein, dass den Teilnehmenden durch den gleichen Arbeitsauftrag in Aufgabenstellung 1b – der Beschreibung der Bestandteile einer Zink-Halbzelle – und der Berücksichtigung, dass sie in dieser Aufgabenstellung die Animation zum vierten Mal in einem anderen Fokus betrachten, diese Aufgabe sehr leichtfiel. Die Anforderungen der Aufgabenstellung sind auf einen reinen Beschreibungsprozess von Bestandteilen reduziert. Auch die durchschnittliche, aktive Bearbeitungszeit von 2:10 Min. dieser Aufgabenstellung unterstützt die Annahme, dass den Teilnehmenden die Anforderung an diese Aufgabenstellung leichtfiel. Im Vergleich zu den anderen Aufgabenstellungen ist dies die kürzeste durchschnittliche Bearbeitungszeit.

Es ist weiterhin zu erkennen, dass innerhalb von sechs Aufgabenstellungen mit einer relativen Zeit zwischen 95,1 % und 99,9 % fachsprachlich-korrekt zwischen den Schülerinnen und Schülern kommuniziert wurde. Aufgabenstellung 1b ist mit einem durchschnittlichen relativen Anteil von 93,5 % fachsprachlich-korrekter Kommunikation innerhalb einer Partnergruppe der geringste Werte der codierten Sequenzen. Aufgabenstellung 1b fordert die Teilnehmenden zur Beschreibung der Bestandteile der Zink-Halbzelle auf.

Die dargestellten Zeiten verdeutlichen einen durchschnittlich sehr hohen Anteil an fachsprachlich-korrekter Kommunikation. Es wird an dieser Stelle nochmals betont, dass mit der Betrachtung keine vollständige Verwendung der Fachsprache zu verstehen ist, sondern dass die zu erwartenden fachsprachlichen Äußerungen gemessen an dem Ebenenspezifischen Sprachgebrauch betrachtet werden. Unter fachsprachlich-korrekter Kommunikation wird die Zeit bemessen, welche nicht fachsprachlich-falsche Äußerungen beinhaltet. Somit werden in dieser Zeit auch alltagssprachliche Formulierungen oder schweigende Phasen codiert, welche den relativen Anteil fachsprachlich-korrekter Formulierungszeiten erhöhen.

Unter dieser Berücksichtigung ist dennoch festzuhalten, dass die Teilnehmenden in der verbalen Kommunikation über die Bearbeitung der Lernaufgaben dazu aktiviert werden, Ebenen-spezifisch und fachgerecht untereinander zu kommunizieren.

Werden die Aufgabenstellung 1c und 1e betrachtet, welche eine durchschnittliche relative Zeit von 97,4 % bzw. 96,8 % fachsprachlich-korrekter Kommunikation aufweisen, so kann die Kommunikation zu diesen Aufgabenstellungen mit den Anforderungen in den Aufgaben 3 und 4 des Pre-Tests verglichen werden. Beide Aufgabenstellungen fokussieren die Ionenbildungsreaktion von einem Zink-Atom zu einem Zink-Ion bzw. die Atombildungsreaktion von einem Kupfer-Atom zu einem Kupfer-Ion.

In der schriftlichen Kommunikation zu den Anforderungen sind im Pre-Test 50 % (12 Teilnehmende) in Aufgabe 3 und 54,1% (13 Teilnehmende) in Aufgabe 4 dazu in der Lage gewesen, ihre Vorstellungen von den benannten Reaktionen in einer fachlich-korrekten Kommunikation zu beschreiben. Im Vergleich der Aufgabenstellungen ist festzustellen, dass die Schülerinnen und Schüler diese Fähigkeit zu einem großen Anteil auch in der verbalen Kommunikation abrufen können. Es ist auch zu erkennen, dass beide Teilnehmenden der 2. Partnergruppe die Aufgabenstellungen im Pre-Test schriftlich nicht bearbeitet haben. In der verbalen Kommunikation ist festzustellen, dass diese Partnergruppe im Vergleich zur verbalen Kommunikation der Aufgabenstellungen 1c und 1e jeweils zu 100 % fachsprachlich-korrekt kommuniziert hat. Dies unterstützt die Tendenz, welche bereits in der Diskussion der Subfrage 2.2 beschrieben wird, dass die Lernumgebung die benannten Lernenden dazu animiert bzw. aktiviert, fachgerecht zu kommunizieren. Diese Fähigkeiten könnten bereits vor der Bearbeitung der Lernumgebung vorhanden sein. Es zeigt sich jedoch, dass diese Kenntnisse am Material abgerufen werden können, was in der reinen Formulierung der Aufgabenstellung des Pre-Tests nicht möglich war.

Ferner ist in dem Vergleich zu berücksichtigen, dass 29,1 % (7 Teilnehmende) in Aufgabe 3 und 25 % (6 Teilnehmende) in Aufgabe 4 des Pre-Tests fachsprachlich-falsche Äußerungen getroffen haben.

Wird in diesem Zusammenhang explorativ Partnergruppe 8 betrachtet, so haben beide Teilnehmenden im Pre-Test Ebenen-vermischende Formulierungen in ihren Angaben gewählt. In der dargestellten Diskussion der vorherigen Subfrage zeigt sich, dass bei beiden Lernenden bereits eine Strukturvorstellung von Materie vermutet werden kann, ein sprachliches Vermögen in den Formulierungen jedoch nicht abgerufen werden konnte oder nicht vorhanden war. Wird der Anteil der fachsprachlich-korrekten verbalen Kommunikation dieser Partnergruppe betrachtet, so ist zu erkennen, dass diese mit einem vergleichsweise geringeren Wert (95,5 % und 89,3 %) startet und sich dann steigert. In Aufgabe 1c wird keine fachsprachlich-falsche Kommunikation codiert. Diese Aufgabe entspricht dem beschriebenen Äquivalent des Pre-Tests und unterstützt die Annahme, dass die Lernumgebung die benannten Teilnehmenden dazu aktiviert, fachsprachlich-korrekt zu sprechen oder sie durch die Lernumgebung fachsprachlich-korrekte Formulierungsweisen erlernen.

Wird der relative Anteil der Kategorie ‚Ebenen-vermischende Formulierungen' des Pre-Tests mit dem relativen Anteil fachsprachlich-falscher Kommunikation in den Aufgaben 1c und 1e verglichen, so ist festzustellen, dass der Anteil fachsprachlich-falscher Kommunikation während der Bearbeitungszeit deutlich unter den fachsprachlich-falschen Angaben des Pre-Tests liegt.

Auch wenn die Betrachtung des relativen Anteils fachsprachlich-falscher verbaler Kommunikation während der Bearbeitung der Lernumgebung und dem Anteil fachsprachlich-falscher Äußerungen im Pre-Test eine Verbesserung andeuten, kann dies keine Schlussfolgerung auf die Lernumgebung zulassen.

In der oben dargestellten Codierung sind insgesamt 56 Sequenzen codiert worden, welche eine fachsprachlich-falsche Verbalkommunikation beinhalten. Im Rahmen der Beantwortung der Subfragenstellung sind in einem folgenden Schritt die codierten Sequenzen der fachlich-falschen verbalen Kommunikation betrachtet worden. Es werden folglich alle Sequenzen erneut betrachtet, in denen sich die Schülerinnen und Schüler fachsprachlich falsch ausdrücken und sich damit die Anforderungen in der verbalen Kommunikation in der submikroskopischen Ebene nicht erfüllt haben. Dies beinhaltet nach den Vorgaben des Codierleitfadens alle Situationen, in denen die Teilnehmenden

(1) keine Teilchen benennen,

(2) auf der makroskopischen Ebene kommunizieren,

(3) oder sich auf der symbolischen Ebene verständigen.

Es wird angenommen, dass die fachsprachlich-falsche Kommunikation in diese Kategorien eingeteilt werden kann. Durch die Auswertung soll der Zusammenhang zwischen der Bearbeitung der Lernumgebung und den fachsprachlich-falschen Äußerungen analysiert werden.

Es ist in der Auswertung des Datenmaterials zu erkennen, dass alle angenommenen Fehlerkategorien vorzufinden sind. Tabelle 91 zeigt die absolute Verteilung in den codierten Sequenzen.

fehlende Benennung/Differenzierung von Teilchen	Vermischung zwischen makroskopischer und submikroskopischer Ebene	Vermischung zwischen submikroskopischer und Symbol-Ebene	weitere Fehlerquellen
37	6	2	11

Tabelle 91 absolute Verteilung der codierten Fehlersequenzen zu den Fehlerkategorien

Wird die fehlende Benennung bzw. Differenzierung zwischen den Teilchen im Datenmaterial betrachtet, so sind darunter die Äußerungen der Teilnehmenden gemeint, welche die beschriebenen Teilchen in der Situation nicht benennen, sondern nur den Stoffnamen verwenden. Tabelle 92 zeigt ein Ankerbeispiel für diese Kategorie.

A1 Video 8.3	1	[0:00:00]
	2	#0:05:09.7#
	3	S1: Kupfer (markiert auf dem Tablet)
	4	[0:05:11] S2: Achso (4) (unverständlich) Ja ok (6)
	5	[0:05:23] S1: Dann höchstwahrscheinlich auch Zink (.) Zink (markiert auf dem Tablet)
	6	[0:05:28]

Tabelle 92 Ankerbeispiel ‚fehlende Benennung/Differenzierung von Teilchen' – Partnergruppe 8, Bearbeitung Aufgabe 3

Die Lernenden bearbeiten in der benannten Situation die dritte Aufgabenstellung. In dieser sollen sie Fachwörter in einem Suchsel finden. Schüler*in 8.1 findet das Wort ‚Kupfer' und äußert anschließend, dass vermutlich auch der Begriff ‚Zink' zu finden ist. Schüler*in 8.1 benennt in dieser Situation nicht die gesuchten Teilchen. Es kann aus dieser Betrachtung nicht entnommen werden, ob Schüler*in 8.1 in dieser Situation an die Elemente Kupfer und Zink gedacht hat oder ob die Bezeichnung der Teilchen vergessen wurde. Die Codierung dieses Fehlerbausteins ist im Datenmaterial zum größten Teil in der Bearbeitungszeit von Aufgabe 3 zu finden. Wird dies mit den Auswertungen der endgültigen schriftlichen Angaben der Schülerinnen und Schüler verglichen, ist zu erkennen, dass sie im Laufe der Bearbeitungszeit die Teilchen nachträglich gekennzeichnet und benannt haben.

Diese zweischrittige Kommunikation ist durch einen Vergleich zu differenzierten Wortschätzen der Sprachforschung begründbar.

Die Sprachforschung unterscheidet zwischen einem aktiven und einem passiven Wortschatz. Der aktive Wortschatz beschreibt die Wörter, welche in einem Kontext in der Produktion von Sprache durch den Sprechenden eingesetzt werden können. Der passive Wortschatz beinhaltet Wörter, die im Hör- oder Leseprozess wahrgenommen und verstanden werden, jedoch im aktiven Sprachgebrauch nicht verwendet werden können. Die Wortschätze können durch intentionales und inzidentelles Lernen erweitert werden. Sie sind individuell und jede Person hat aufgrund eigener persönlicher Erfahrungen und Sprechsituationen eine Rangfolge der Wörter im Wortschatz (Bohn, 1999).

Die Begriffe Zink und Kupfer werden im Unterricht eher eingeführt und auch durch den Alltagssprachgebrauch der Schülerinnen und Schüler semantisiert. Wird unter dieser Annahme die beschriebene Situation betrachtet, so kann davon ausgegangen werden, dass die Begriffe Zink und Kupfer, als Begriffe in einem höheren Rang der persönlichen Wortschätze stehen und daher eher von den Schülerinnen und Schülern in dem Suchsel erkannt werden.

Als Konsequenz für das Lernmaterial wird in der Sprachforschung vorgeschlagen, dass Wörter bewusst im Lernprozess eingesetzt werden sollen. Dies kann auch in einer Metakommunikation umgesetzt werden. Zusätzlich ist ein regelmäßiger Gebrauch der Begriffe notwendig, um im individuellen Wortschatz einen höheren Rang zu erfahren (Bohn, 1999).

Diese Analyse lässt ableiten, dass im Lernmaterial in der Bearbeitung des Suchsel keine Hürde für die Lernenden vorhanden ist. Das Suchsel soll in der Anwendung zu dem beschriebenen Lernprozess des Fachwortschatzes beitragen. Da in den Auswertungen der schriftlichen Angaben der Teilnehmenden nur bei Schüler*in 2.2 eine falsche Bearbeitung festgestellt wurde, wird abgeleitet, dass das Suchsel die gewünschte Funktion ‚den Erweiterungsprozess des Fachwortschatzes' zu unterstützen, erfüllt. Die codierten Fehlersequenzen werden in diesem Zusammenhang als Lernschritt betrachtet.

Die zweite Fehlerkategorie ‚Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene in der verbalen Kommunikation' wird im Videomaterial insgesamt sechsmal codiert. Tabelle 93 soll ein Ankerbeispiel für diese Fehlersequenz darstellen.

A2 Video 10.2	1	[0:00:00]
	2	#0:09:16.0#
	3	S2: Die Zink-Halbzelle löst sich auf. (.) Haste gesehen?
	4	[0:09:20] S1: Ja das geht weg (6)
	5	[0:09:28] S2: Und beim Kupfer kommt eine Zelle dazu.
	6	[0:09:30] S1: Aber die wandert doch rüber. [S2: Nein]
	7	[0:09:33] S2: Ja von der Zink zur Kupfer und vom Kupfer (.) geht wieder eine rüber.
	8	[0:09:41]

Tabelle 93 Ankerbeispiel ‚Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene in der verbalen Kommunikation', Partnergruppe 10, Bearbeitung Aufgabe 1a

In der dargestellten Situation bearbeiten die Schüler*in 10.1 und Schüler*in 10.2 die Aufgabenstellung 1a des Knotenpunktes. In dieser Aufgabenstellung sehen die Teilnehmenden die erste Animation zur modellhaften Darstellung der Reaktionsprozesse im Daniell-Element. Schüler*in 10.2 spricht in dieser Situation davon, dass sich die Zink-Halbzelle auflöst. Es kann hier angenommen werden, dass Schüler*in 10.2 mit Zink-Halbzelle in dieser Situation die Zink-Elektrode aus dem durchgeführten Experiment assoziiert. Diese Annahme wird durch die darauffolgende Aussage unterstützt, in der Schüler*in 10.2 sagt: „Und beim Kupfer kommt eine Zelle dazu." (Schüler*in 10.2, Video 10.2 [0:09:28]). In dieser Situation beschreibt Schüler*in 10.2 den Vorgang erneut auf makroskopischer Ebene.

Die benannte Fehlerkategorie ist zum größten Teil in Aufgabenstellung 1a codiert. Es wird vermutet, dass in dieser ersten Übergangsphase von der Beobachtungs-Ebene zur Vorstellungs-Ebene der Wortschatz der Beobachtungs-Ebene noch sehr aktiv ist. Zugleich wird angemerkt, dass durch diese erste Animation die Kommunikation in den Sprachgebrauch der submikroskopischen Ebene eingeleitet wird. Da alle Schülerinnen und Schüler in den schriftlichen Angaben der Aufgabe 1a fachsprachlich-korrekte Formulierungen wählen und die Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene nur sechsmal codiert wird, wird abgeleitet, dass das beabsichtigte Ziel des Lernmaterials zur aktiven, sprachlichen Trennung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene, erreicht wird.

Die dritte Fehlerkategorie ‚Vermischung von submikroskopischer und Symbol-Ebene in der verbalen Kommunikation' ist ausschließlich in zwei Fehlercodesequenzen klassifiziert worden.

A3 Video 6.4	1	[0:00:00]
	2	#0:00:44.0#
	3	S1: Cu ist doch Kupfer, ne?
	4	[0:00:46] S2: Mhm (zustimmend)
	5	[0:00:49]

Tabelle 94 Ankerbeispiel ‚Vermischung von submikroskopischer und Symbol-Ebene in der verbalen Kommunikation' Partnergruppe 6, Bearbeitung Aufgabe 3

Im aufgeführten Beispiel (vgl. Tabelle 94) bearbeiten die Teilnehmenden Aufgabe 3. In dieser Aufgabenstellung sollen sie in einem Suchsel Fachwörter finden. Aus der dargestellten Kommunikation kann abgeleitet werden, dass sich Schüler*in 6.1 bei Schüler*in 6.2 versichert, dass ‚Cu' die symbolische Abkürzung für Kupfer ist. Es ist ersichtlich, dass Schüler*in 6.1 vermutet, dieses Fachwort im Suchsel gefunden zu haben bzw. es zu finden. Daraus kann abgeleitet werden, dass Schüler*in 6.1 in dieser Situation nicht bewusst ist, dass das Elementsymbol ‚Cu' im Rahmen dieser Ebenen-spezifischen Kommunikation kein Fachwort der submikroskopischen Ebene darstellt. Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Fehlerkategorie 1 und dieser zusätzlichen Codierung ergibt sich für diese Aufgabenstellung, dass die zu suchenden Wörter angegeben werden sollen. Dies könnte das intentionale Lernen des Fachwortschatzes der submikroskopischen Ebene zusätzlich unterstützen.

In dieser Partnergruppe ist jedoch auch festzustellen, dass die Aufgabenstellung 3 vollständig richtig gelöst wurde. Somit wird das Erreichen der Intention dieser Aufgabenstellung ‚die Förderung des Wortschatzes um die versteckten Wörter' weiter gestärkt.

In der Betrachtung der Fehlersequenzen lassen sich allerdings elf Sequenzen nicht den deduktiv gebildeten Kategorien zuordnen. Werden diese Sequenzen einzeln bewertet, so lassen sich daraus drei weitere Kategorien induktiv ableiten.

In fünf codierten Sequenzen wird festgestellt, dass die Schülerinnen und Schüler in ihrer Verbalkommunikation alternative Bezeichnungen für die dargestellten Teilchen nutzen. In diesen Kommunikationen werden die Begriffe ‚Atom', ‚Ion' und ‚Elektron' durch umgangssprachliche Äußerungen ‚Dingens', ‚kleine Punkte', ‚Dings', ‚Zellen' oder ‚Elektro-Zellen' benannt. Tabelle 95 zeigt eine Beispielsituation in der Bearbeitung der Aufgabenstellung 2. In dieser sollen die Schülerinnen und Schüler fehlerhafte Sätze korrigieren.

A4 Video 2.3	1	[0:00:00]
	2	#0:13:39.9#
	3	S1: Ein Kupfer-Atom nimmt doch ähm zwei Zellen/ Elektro-Zellen an. Also ist es das Fehler.
	4	[0:13:48]

Tabelle 95 Ankerbeispiel 'alternative Benennung von Teilchen', Partnergruppe 2, Aufgabe 2

Schüler*in 2.1 befasst sich in der Aufgabe mit dem zweiten, falschen Satz der Aufgabenstellungen: „Ein Zink-Atom nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Zink-Ion." (Aufgabe 2b, Vorstellungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe). Schüler*in 2.1 erfasst die falsche Aussage richtig und erläutert eine mögliche Lösung durch die Beschreibung des Reduktionsprozesses. In dieser Beschreibung wird der Begriff ‚Elektronen' jedoch nicht abgerufen, sondern nutzt den zitierten Begriff ‚Elektro-Zellen'. Solche sprachlichen Abweichungen sind in der verbalen Kommunikation üblich und stellen einen Wortfindungsprozess für die schriftliche Antwort dar. Die schriftliche Antwort von Schüler*in 2.1 ist fachsprachlich-korrekt, so dass diese alternative Benennung nicht in die Verschriftlichung übernommen wird.

Es ist in allen codierten Sequenzen dieser Fehlerkategorie zu beobachten, dass die alternativen Benennungen nicht in die Verschriftlichungen übernommen werden. So wird dies jeweils als Wortfindungsprozess interpretiert.

In den codierten Fehlersequenzen ist bei zwei Teilnehmenden auffällig, dass sie den Begriff ‚Ion' falsch verbalisieren. Dieser wird von den zwei Teilnehmenden als [lo:n][2] ausgesprochen. Die beiden Teilnehmenden sind in verschiedenen Partnergruppen. Tabelle 96 beschreibt eine codierte Situation.

A5 Video 8.2	1	[0:00:00]
	2	#0:11:59.7#
	3	S1: Zink-Atom oder -Lon? Lon, oder?
	4	[0:12:04]

Tabelle 96 Ankerbeispiel 'Falsche Verbalisierung des Begriffs 'Ion'', Partnergruppe 8, Aufgabe 1b

In der dargestellten Situation bearbeiten die Teilnehmenden die Aufgabe 1d, in welcher sie die Reaktion der Zink-Halbzelle beschreiben sollen. Schüler*in 8.1 vergewissert sich bei Schüler*in 8.1 nach der richtigen Beschreibung. Der Begriff ‚Lon' wird von Schüler*in 8.1 nicht hinterfragt. Es ist auffällig, dass Schüler*in 8.1 auch bereits im Pre-Test ‚Zink-[lu:n] und ‚Kupfer-[lu:n] notiert hat. Es kann daraus abgeleitet werden, dass in dem Material eine serifenlose Schriftart verwendet wird und das kleine *L* nicht vom großgeschriebenen *I* unterschieden werden kann. Daher ist anzunehmen, dass Schüler*in 8.1 den Begriff ‚Ion' nicht im aktiven Wortschatz besitzt.

[2] Lautschrift für „Lon"

Auswertung der Forschungsfragen

In der weiteren Sichtung des Videomaterials wird beobachtet, dass Schüler*in 8.2 die falsche Verbalisierung zwar durch die eigene korrekte Verbalisierung verbessert, Schüler*in 8.1 notiert jedoch jeweils ‚lon' in den Verschriftlichungen. Es ist außerdem festzustellen, dass Schüler*in 8.1 in der späteren Bearbeitung der Lernumgebung auf die Bearbeitung der Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, zurückwechselt und die Fehler in den schriftlichen Angaben korrigiert (vgl. Abbildung 79). Es wird vermutet, dass durch ständige Wiederholung des Begriffs ‚Ion' in der Vorstellungs-Ebene und in den Wortreaktionsgleichungen der Symbol-Ebene, Schüler*in 8.1 zu der Korrektur angeregt wird.

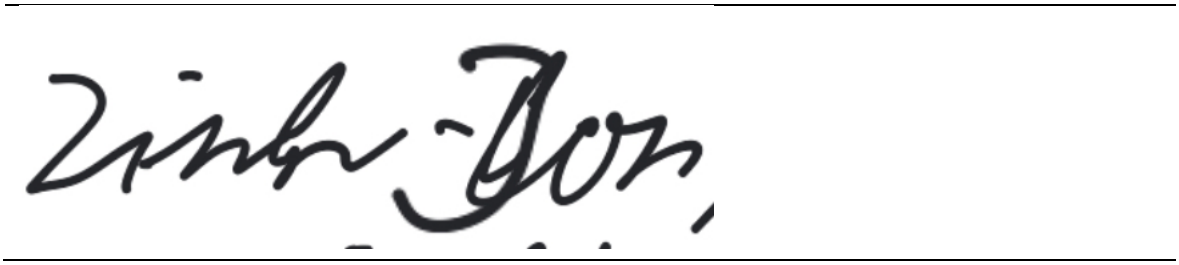


Abbildung 79 Berichtigung der Formulierung 'Zink-Lon' zu 'Zink-Ion'

Aus dieser Kategorie lässt sich ableiten, dass für die beiden Teilnehmenden eine Serifenschrift eindeutiger gewesen wäre oder die Schreibweise Zinkion bzw. Kupferion Missverständnisse vermeiden könnte.

Die Sprachforschung empfiehlt jedoch für den sprachsensiblen Fachunterricht serifenlose Schriften und unterstützt die möglichen Trennungen von Wortkomposita durch Bindestriche in ihre Wortglieder (Butler & Goschler, 2019).

Es muss in der Betrachtung dieses Fehlercodes zudem berücksichtigt werden, dass die Schülerinnen und Schüler keine Kommunikation von außen bekommen haben. So ergibt sich in dieser Situation keine Verbalisierungsverbesserung durch eine Lehrkraft. Diese Situationen wären in einem Schuleinsatz im Chemieunterricht anders. Zur Verbesserung für die Durchführung innerhalb eines geschlossenen Lernsettings könnten zusätzlich verbalisierte Inhalte – beispielsweise durch vertonte Animationen – unterstützend wirken. Im Rahmen der Konzeptionierung der Lernumgebung wurde davon jedoch zunächst Abstand genommen, um durch das Abspielen einer vertonten Animation kein Ablenkungspotential für andere Lerngruppen zu schaffen.

Ein weiterer Fehlercode kann in zwei codierten Sequenzen entdeckt werden. In den markierten Bereichen nutzen die Schülerinnen und Schüler entweder die Farbe des Modells oder die Farbe des Elements für ihre Erklärungen auf der Vorstellungs-Ebene. Tabelle 97 zeigt beispielhaft eine der beiden Sequenzen.

A6 Video 2.4	1	[0:00:00]
	2	#0:00:27.9#
	3	S2: Ich schreib: Rot nimmt zwei Elektronen auf.
	4	[0:00:31]

Tabelle 97 Ankerbeispiel ‚Farbigkeit bei submikroskopischen Erklärungen, Partnergruppe 2, Aufgabe 2

In der zitierten Sequenz bearbeiten die Teilnehmenden die zweite Aufgabenstellung, in welcher sie fehlerhafte Aussagen korrigieren sollen. Schüler*in 2.2 befasst sich mit der falschen Aussage ‚Ein Kupfer-Atom nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Kupfer-Ion.' Schüler*in 2.2 kann in der codierten Situation den Fehler nicht erfassen und schlägt als korrigierte Variante ‚Rot nimmt Elektronen auf' vor. Das ‚rot' kann sich nicht auf eine farbige Darstellung der Modelle beziehen. In der Modellerstellung ist in den Darstellungen der Teilchen bewusst von der Farbe des Stoffs auf makroskopischer Ebene abgewichen worden, um eine Vermischung von makroskopischen Beobachtungen und submikroskopischen Erklärungen zu vermeiden. Es wird daher vermutet, dass Schüler*in 2.2 in dieser Situation mit ‚Rot' die Farbe der Kupfer-Elektrode assoziiert. Wird die schriftliche Angabe von Schüler*in 2.2 im Lernmaterial betrachtet, so zeigt sich, dass im weiteren Arbeitsprozess eine fachsprachlich-korrekte Antwort formuliert wird: „Ein Kupfer-Atom nimmt zwei Elektronen auf." Es ist ein fachlicher Fehler in der Aussage vorhanden, aber Schüler*in 2.2 wechselt von der falschen Bezeichnung in die richtige Formulierung. So kann festgestellt werden, dass sie durch die Lernsituation zur richtigen Formulierung aktiviert wird.

Im letzten Schritt der Auswertung sind 13 Sequenzen codiert, in denen die Schülerinnen und Schüler in einer Metaperspektive über die Fachsprache des Knotenpunktes der ersten Vorstellungs-Ebene kommunizieren.

Mithilfe der codierten Sequenzen sollen Hinweise über Funktion der Lernumgebung im Lernprozess der fachsprachlich-korrekten Kommunikation herausgearbeitet werden.

In der Codierung von fünf Sequenzen lässt sich erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler nach dem richtigen Fachbegriff suchen. Tabelle 98 zeigt ein Beispiel für diese Sequenzen.

MK9 Video 11.6	1	[0:00:00]
	2	#0:16:50.4#
	3	S2: Wie heißen diese/Wie heißen diese Atom-Dinger noch mal?
	4	[0:16:54] S1: Elektronen. (9) Meinst du das ganz ganz ganz ganz Kleine? Das ganz Kleine? (zeigt auf die Animation)
	5	[0:17:06] S2: Ja das ganz Kleine [S1: Elektronen]
	6	[0:17:08]

Tabelle 98 Ankerbeispiel Metakommunikation 'Austausch über Fachbegriffe'

Die Partnergruppe erarbeitet in diesem Beispiel die Beschreibung der Reaktionsprozesse. Schüler*in 11.2 ist nicht dazu in der Lage den korrekten Fachbegriff abzurufen und fragt aus diesem Grund bei Schüler*in 11.1 nach. Schüler*in 11.1 vergewissert sich nach dem zu suchenden Begriff durch das Zeigen in der Animation. Schüler*in 11.2 bestätigt die Anzeige und Schüler*in 11.1 benennt den richtigen Fachbegriff.

Es zeigt sich in dieser beschriebenen Situation, dass Schüler*in 11.2 die richtige Verwendung des Fachbegriffs wichtig ist und darum bemüht ist den richtigen Fachbegriff zu nutzen, um die Anforderungen der Aufgabenstellung der Vorstellungs-Ebene zu erfüllen. Gleichzeitig wird aus dieser Sequenz abgeleitet, dass Schüler*in 11.1 mithilfe der Lernumgebung dazu in der Lage ist, die korrekte Fachbegriffssuche zu unterstützen.

In diesem Beispiel zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schülern in der Bearbeitung der Lernumgebung dazu animiert werden, eine fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu wählen. Es zeigt sich weiter, dass die Lernumgebung auch dazu genutzt wird, die fachsprachlich-korrekten Formulierungen zu finden bzw. zu bestätigen.

Eine weitere Sequenz ergänzt dies. In diesem Beispiel (vgl. Tabelle 99) findet kein Austausch innerhalb der Partnergruppe statt.

MK3 Video 4.3	1	[0:00:00]
	2	#0:15:36.5#
	3	S1: Zink-/ Scheißee jetzt weiß ich nicht/ nein Zink-Ionen waren das, ne? (rhetorische Frage) (S1 sucht in der Animation)
	4	[0:15:42]

Tabelle 99 Ankerbeispiel Metakommunikation 'Suche nach Fachbegriffen'

Schüler*in 4.1 sucht in der Situation nach dem passenden Fachbegriff. Durch den Kraftausdruck wird deutlich, dass Schüler*in 4.1 in der Situation bewusst ist, dass der Begriff ‚Zink' nicht die Anforderungen der Aufgabenstellung erfordert und eine Differenzierung zu Atomen oder Ionen notwendig ist. Schüler*in 4.1 formuliert dies in einer rhetorischen Frage, erhält auf diese Äußerung keine Rückmeldung von Schüler*in 4.2 und sucht eigenständig in der Lernumgebung nach einer Lösung. Schüler*in 4.1 notiert in der schriftlichen Angabe den korrekten, fachsprachlichen Begriff.

Dieser Ausschnitt unterstützt die Annahme, dass die Lernenden durch die Aufgabenstellungen dazu aktiviert werden, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu wählen. Den Teilnehmenden ist die Verwendung von fachsprachlichen Formulierungen bedeutend, da sie aktiv nach der korrekten Äußerung suchen. Sie sind dazu in der Lage, diese Ebenen-spezifisch für die submikroskopische Ebene zu finden und von makroskopischen Formulierungen zu unterscheiden.

Die Annahme der Funktionsweise kann auch durch das weitere Beispiel verdeutlicht werden. Tabelle 100 zeigt eine transkribierte Situation der Partnergruppe 11.

MK7 Video 11.4	1	[0:00:00]
	2	#0:10:45.5# S2: Sind Außenatome(.)/zwei Außenat-/Waren das Außenatome?
	3	[0:10:51] S1: Das waren Elektronen.
	4	[0:10:52] S2: Nein zwei Außenatome sind aber (.) weggegangen.
	5	[0:10:57] S1: Meinst du diese kleinen blauen Kügelchen? Das sind Elektronen.
	6	[0:11:01] S2: Nein [S1: Doch] das sind Außenatome (6) (schaut auf die Animation)
	7	[0:11:09] S1: Guck Elektronen (zeigt etwas in der Animation)
	8	[0:11:12] S2 (liest laut vor): (..) Außenelektronen
	9	[0:11:16]

Tabelle 100 Ankerbeispiel 'Austausch über Fachbegriffe'

Die Teilnehmenden beschreiben in der Situation die Reaktionsprozesse einer Halbzelle. Schüler*in 11.2 sucht in der dargestellten Sequenz nach dem Begriff ‚Außenelektronen' beziehungsweise ‚Elektronen'. Es zeigt sich, dass Schüler*in 11.2 unsicher in der Verwendung des Fachbegriffs ist. Schüler*in 11.1 korrigiert Schüler*in 11.2 und nutzt die Lernumgebung um Schüler*in 11.2 den richtigen Fachbegriff zu zeigen. Schüler*in 11.2 liest diesen dann selbst laut vor.

Auch diese Situation sowie die weiteren, codierten Sequenzen beschreiben, dass die Lernumgebung die Teilnehmenden dazu animiert, die fachlich-korrekten Begriffe in ihren Beschreibungen zu nutzen. Es zeigt sich zudem, dass die Lernenden die Lernumgebung dazu nutzen, um die Fachbegriffe zu finden. Dies bestätigt die Ziele der Gestaltung der Lernumgebung und gibt Hinweise über die Lernprozesse mit dem Material.

Werden die codierten Sequenzen der metasprachlichen Kommunikation weiter betrachtet, so ist in zwei Sequenzen festzustellen, dass sich die Teilnehmenden über den Umgang mit Fachbegriffen austauschen.

MK10 Video 11.9	1	[0:00:00]
	2	#0:13:21.4#
	3	S2: Über den elektrischen (.) Leiter/ den Leiter. Das irritiert mich die ganze Zeit. Ich versteh, dass es richtig ist, aber das irritiert mich.
	4	[0:13:30]

Tabelle 101 Ankerbeispiel 'Umgang mit Fachbegriffen' - Metakommunikation

Die Partnergruppe 11 bearbeitet in der beschriebenen Situation Aufgabe 1f. In dieser soll die Funktion des elektrischen Leiters für das Daniell-Element erklärt werden. Schüler*in 11.2 äußert in dieser Situation eine Irritation über den Fachbegriff ‚elektrischer Leiter'. Die Irritation scheint in dieser Situation davon bestärkt zu werden, da der alltägliche

Begriff ‚Leiter' für einen Gegenstand zum Überwinden von Höhenunterschied genutzt wird. Die Teilnehmenden würden in der alltäglichen Verwendung des Begriffs folglich Satzbausteine wie folgt formulieren: ‚... über die Leiter gehen ...'. Es ist somit festzustellen, dass Schüler*in 11.2 in der Situation den Begriff ‚der elektrische Leiter' korrekt erfasst und auch hier einen Unterschied zum alltäglichen Begriff versteht. Diese Situation kann als Beispiel für einen Baustein des Lernprozesses neuer Fachbegriffe verstanden werden. Die konsequente Nutzung der Fachbegriffe und die Aufforderung der Teilnehmenden, diese in ihren Formulierungen zu verwenden, unterstützt die Lernenden, diese Begriffe in den aktiven Wortschatz zu übernehmen.

Eine weitere Sequenz zeigt ebenfalls die Bedeutung der Lernumgebung für den Lernprozess.

MK5 Video 5.2	1	#0:16:28.9#
	2	S1: So ich schreib das jetzt so wie du auf [S2 (beginnt zu formulieren): Das Zink-Atom gibt aus der äußeren Schale (12) zwei Atome (.) ne?]
	3	[0:16:53] S1: Das sind nicht Atome, oder? (..) Wie nennt man das? [S2: Ah Ionen, ne?] (S1 hat die Animation in der Bilddarstellung eingeblendet)
	4	[0:16:58] S1 (besserwissend): Elektronen.
	5	[0:17:00]

Tabelle 102 Ankerbeispiel 'Austausch über Fachbegriffe'

Die Partnergruppe 5 bearbeitet in dieser Situation die Aufgabenstellung 1d. In dieser beschreiben sie die Reaktionsprozesse in der Zink-Halbzelle. Schüler*in 5.1 beginnt die schriftliche Antwort zu formulieren und stößt dann auf die Problematik eines fehlenden Fachbegriffs. Schüler*in 5.1 tauscht sich mit Schüler*in 5.2 aus, blendet zugleich die Animation ein. Schüler*in 5.1 erkennt in der Animation den richtigen Fachbegriff und nutzt diesen für die Formulierung der schriftlichen Antwort.

Es zeigt sich an dieser Sequenz, dass Schüler*in 5.1 sehr schnell dazu in der Lage ist eine fachbegriffliche Information aus der Lernumgebung zu entnehmen. Die Lernumgebung wird zudem auch zur Bestätigung in der Austauschphase der Teilnehmenden genutzt.

Zwei weitere Sequenzen zeigen beispielhaft die Funktion des Suchsels (Aufgabe 3) zur Einbettung der verwendeten Fachbegriffe in den aktiven Wortschatz.

MK4 Video 4.4	1	[0:00:00]
	2	#0:02:39.3#
	3	S1: Halbzelle ist das ein Fachwort? [S2: Mh?] Halbzelle? Ja, ne?
	4	[0:02:44]

Tabelle 103 Ankerbeispiel Metakommunikation ‚Suchen von Begriffen Suchsel', MK4

Die Teilnehmenden suchen in der dargestellten Sequenz nach Fachbegriffen in dem Sicherungsbaustein der Lernumgebung. Schüler*in 4.1 möchte einen gefundenen Fachbegriff durch Schüler*in 4.2 bestätigen lassen. Durch die fragende Ausdrucksweise lässt sich eine Unsicherheit interpretieren. Das Suchsel soll an dieser Stelle der Lernumgebung die verwendeten Begriffe des Bausteins aufgreifen und durch aktives Suchen weiter im aktiven Wortschatz festigen. Da Schüler*in 4.1 das Wort im Suchsel gefunden hat, gibt dies einen Hinweis darauf, dass der Fachbegriff durch die Lernumgebung erfahren wurde. Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass der Begriff ‚Halbzelle' eine Wortkomposition darstellt. Der Begriff ‚Zelle' hätte durch Schüler*in 4.1 auch einzeln betrachtet werden können. Es kann daher interpretiert werden, dass der Begriff ‚Halbzelle' als bekannter Begriff aktiv aufgefunden werden kann.

Die folgende Sequenz unterstützt diese Annahme und lässt eine Ergänzung zu.

MK6 Video 5.4	1	[0:00:00]
	2	#0:00:09.0#
	3	S2: Leiter (...)
	4	[0:00:13] S1: Äh (..) (zeigt auf das *Suchsel*) elektrischer Leiter. (4) Leiter ist ja kein Fachbegriff, oder? (rhetorische Frage)
	5	[0:00:23]

Tabelle 104 Ankerbeispiel Metakommunikation ‚Suchen von Begriffen Suchsel', MK6

Die Partnergruppe sucht in der dargestellten Sequenz nach Fachbegriffen im Suchsel. Schüler*in 5.2 findet das Wort ‚Leiter'. Schüler*in 5.1 ergänzt und zeigt im Suchsel den Begriff ‚elektrischer Leiter'. Schüler*in 5.1 gibt an, dass ‚Leiter' alleinstehend keinen Fachbegriff darstellt.

Die Sequenz beschreibt, dass Schüler*in 5.1 durch die Arbeit in der Lernumgebung den Begriff ‚elektrischer Leiter' in den aktiven Wortschatz aufgenommen hat. Es wird zudem deutlich, dass Schüler*in 5.1 eine Unterscheidung zwischen der alltäglichen Definition für ‚Leiter' und der kontextbezogenen Situation der Aufgabenstellung unterscheiden kann und damit ‚Leiter' als alleinstehendes Wort für die Situation als Fachwort ausschließt. Das Ziel des Suchsels zur aktivierenden Wortschatzarbeit kann somit auch durch diese Situation bestätigt werden. Gleichzeitig findet in der kooperativen Arbeit der beiden Teilnehmenden der Austausch über die Fachbegriffe statt, so dass eine gegenseitige Korrektur von Fehlern möglich ist.

4.2.4. Zusammenfassende Auswertung und Diskussion zu Forschungsfrage 2

Im Folgenden sollen die Auswertungen und Diskussionen der drei Subfragen zusammengefasst betrachtet und diskutiert werden, um eine Antwort der Forschungsfrage ‚In welcher Weise werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?' ableiten zu können.

Die oben dargestellten, qualitativen Auswertungen der schriftlichen Antworten in der Lernumgebung, als auch im Pre-Post-Design sowie die qualitative Betrachtung der verbalen Kommunikation zeigen zu einem großen Anteil, dass die Teilnehmenden während und nach der Bearbeitung der Lernumgebung dazu in der Lage sind, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu verschriftlichen und zu verbalisieren. Es wird im Verlauf der Auswertung insbesondere der Bereich der submikroskopischen Ebene betrachtet. Die Teilnehmenden können größtenteils die Ebenen-spezifischen Sprachanforderungen erfüllen. Eine Auswertung von Metakommunikationen lassen zudem Schlussfolgerungen zu, welchen Einfluss die Lernumgebung innerhalb der Lernprozesse bei den Schülerinnen und Schülern initiiert und unterstützt. Es lässt sich daher die Annahme ableiten, dass die konsequente sprachliche Trennung der Ebenen nach Johnstone im Lernmaterial einen entscheidenden Anteil in der fachsprachlichen Formulierung von schriftlichen Antworten und der verbalen Kommunikation einnimmt.

In Subfragenstellung 1 wird dargestellt, dass in einem überwiegend hohen Anteil die schriftlichen Angaben der Teilnehmenden den fachsprachlichen Anforderungen der bearbeiteten Ebenen entspricht. Die qualitativen Darstellungen belegen, dass die Schülerinnen und Schüler überwiegend dazu in der Lage sind, zwischen makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Ebene zu unterscheiden. Sie sind dazu in der Lage, die angebotenen Fachbegriffe in der Lernumgebung aufzugreifen und in einem korrekten Ebenenspezifischen Kontext zu verwenden. Die sehr geschlossenen Aufgabenstellungen der Lernumgebung fordern von den Teilnehmenden präzise Ebenen-spezifische Formulierungen. Die Lernenden sind, wie dargestellt, dazu in der Lage diese Anforderungen zu erfüllen. Somit kann festgestellt werden, dass die Lernumgebung bei den Teilnehmenden eine fachsprachliche Trennung in die Ebenen initiiert. Diese Bewertung lässt sich auch in den höheren Differenzierungsstufen der Lernumgebung erkennen. Eine umfassende Beurteilung ist allerdings nicht möglich, da nur wenige Gruppen diese Aufgaben schriftlich beantwortet haben.

Werden die Angaben der ersten Differenzierungsstufe betrachtet – welche mit den Erkenntnissen der beiden weiteren Subfragen verglichen werden können –, so zeigt sich, dass ausschließlich neun Abweichungen von Ebenen-spezifischen Formulierungen in der submikroskopischen Ebene zu erkennen sind. Dies soll den geringen Anteil fachsprachlich-falscher schriftlicher Abweichungen verdeutlichen. Zudem kann festgestellt werden, dass

sich diese Abweichungen auf fünf Teilnehmende aufteilen. Zwei Teilnehmende haben jeweils eine fachsprachlich-falsche Formulierung verschriftlicht.

Alle fachsprachlich-falschen Formulierungen sind zudem auf Vermischungen zwischen der makroskopischen und submikroskopischen Ebene und auf die Beschreibung von Reaktionsprozessen begrenzt, da sie entweder bei der Beschreibung der Reaktionsprozesse in den Animationen oder in der Korrektur der falschen Aussagen in der zweiten Aufgabenstellung der ersten Vorstellungsebene auftreten. Die qualitativen Auswertungen der Angaben zeigen – wie dargestellt-, dass bei zwei Teilnehmenden (Schüler*in 1.1 und Schüler*in 1.2) die Antworten keine Differenzierung zwischen den makroskopischen Begriffen ‚Zink' und ‚Kupfer' und den submikroskopischen Begriffen ‚Zink-Atom/-Ion' und ‚Kupfer-Atom/-Ion' aufweisen.

Zwei weitere Teilnehmenden (Schüler*in 4.1 und Schüler*in 4.2) beschreiben auf der makroskopischen Ebene Prozesse des Experiments. Es wird bei diesen Teilnehmenden vermutet, dass in der Bearbeitung der Aufgabenstellung fachlich-falsche Vorstellungen von den Reaktionsprozessen nicht verändert werden können.

Bei einer weiteren Person (Schüler*in 6.1) wird die fachsprachlich-falsche Formulierung codiert, da in der Auflistung der Teilchen der Zink-Halbzelle die Formulierung ‚Sulfat-(Ion)' nach dem Bindestrich abgebrochen wird. Es ist durch die anderen fachsprachlich-korrekten Angaben anzunehmen, dass diese Situation einen Flüchtigkeitsfehler beschreibt.

Es wird somit zusammengefasst abgeleitet, dass die Teilnehmenden zu einem überwiegenden, großen Anteil verstehen, welche sprachlichen Anforderungen an sie durch die Aufgabenstellungen gestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler sind im gleichen Umfang dazu in der Lage diese Anforderungen zu erfüllen. Es wird somit bei den Schülerinnen und Schülern durch die sprachliche Differenzierung mithilfe Ebenen-spezifischer Formulierungen sowie durch die getrennte Darstellung eine bewusste oder unbewusste Anforderung von fachsprachlich-korrekten Formulierungen erweckt.

Wird dies mit den dargestellten Auswertungen der fachsprachlich-korrekten Formulierungen des Vergleichs im Pre-Post-Design verglichen, so kann eine Übertragbarkeit festgestellt werden.

Alle abgegebenen, schriftlichen Antworten im Post-Test sind fachsprachlich-korrekt formuliert. Durch einen Vergleich zu den Angaben des Pre-Tests lässt sich erkennen, dass die Teilnehmenden, welche im Pre-Test Ebenen-vermischende Formulierungen genutzt haben, nach der Bearbeitung der Lernumgebung im Post-Test fachsprachlich-korrekte Formulierungen verwenden. Es wird daraus abgeleitet, dass durch die Arbeit in der Lernumgebung ein bewusster Ebenen-spezifischer Sprachgebrauch erkannt wird und dieser nach der Bearbeitung der Lernumgebung angewandt werden kann.

Auswertung der Forschungsfragen

Die Auswertung der verbalen Kommunikation unterstützt die oben dargestellten Annahmen. Wird die verbale Kommunikation in der tatsächlichen Bearbeitungszeit der ersten Vorstellungs-Ebene betrachtet, werden nur wenige Sequenzen codiert, die fachsprachlich-falsche Formulierungen erkennen lassen. In der qualitativen Betrachtung der Sequenzen und der Auswertung in Fehlerkategorien zeigt sich zudem, dass die fachsprachlich-falschen Formulierungen Teil des Lernprozesses von Fachbegriffen darstellen und in der abschließenden Verschriftlichung einer Aufgabenstellung eine fachsprachlich-korrekte Formulierung genutzt wird.

Es zeigt sich in der Betrachtung der metasprachlichen Kommunikation, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Aufgabenstellungen der Lernumgebung dazu aktiviert sind, fachsprachlich-korrekte Formulierungen zu verwenden. Zudem wird in der oben dargestellten Auswertung ausführlich differenziert, wie die Teilnehmenden insbesondere Bestandteile der Animationen für die Suche oder Bestätigung von fachsprachlich-korrekten Formulierungen nutzen.

Aus den dargestellten Auswertungen lassen sich zwei verallgemeinerte Annahmen ableiten.

1) Wenn die Schülerinnen und Schüler bereits fachsprachlich-korrekte Formulierungen vor Bearbeitung der Lernumgebung zeigen, so sind diese auch in der Bearbeitung der Lernumgebung zu erkennen. Es wird daraus abgeleitet, dass die Lernumgebung die Schülerinnen und Schüler in den einzelnen Aufgabenstellungen aktiviert fachsprachlich-korrekte Äußerungen zu verbalisieren und zu verschriftlichen.
2) Wenn die Schülerinnen und Schüler vor der Lernumgebung keine oder fachsprachlich-falsche Formulierungen zeigen, so ist eine positive Entwicklung durch die Angaben im Post-Test, die schriftlichen Angaben zu den einzelnen Aufgabenstellungen und in der verbalen Kommunikation erkennbar. Es wird daraus abgeleitet, dass die Lernumgebung die Schülerinnen und Schüler durch die transparente Darstellung der Ebenen, die konsequenten Ebenen-spezifischen, fachsprachlichen Formulierungen und die geschlossenen Aufgabenstellungen dazu animiert, fachsprachlich-korrekte Äußerungen zu verbalisieren und zu verschriftlichen.

Alle Annahmen werden in den Subfragen durch die differenzierten Darstellungen der Auswertungen begründet. Diese Annahmen müssten durch folgende Forschung bestätigt oder widerrufen werden. Dies könnte im Rahmen einer Vergleichsstudie umgesetzt werden und sollte die Faktoren der transparenten Darstellung der Ebenen durch Farben und Icons, die konsequente Trennung der fachsprachlichen, Ebenen-spezifischen Formulierungen und die geschlossenen Aufgaben, welche einen geringen, dafür fachsprachlich-korrekten Sprachgebrauch initiieren, überprüfen. Zudem sollte ein standardisierter Sprachstandtest eingesetzt werden, um die fachsprachlichen Fähigkeiten der Teilnehmenden zu erfassen und eine mögliche Veränderung reliabel darstellen zu können.

4.3. Forschungsfrage 3: In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt?

In diesem Kapitel wird die Datenauswertung und -analyse zur dritten Forschungsfrage beschrieben. Dazu werden die Auswertungsgrundlagen, wie Auswertebögen und Codierleitfäden transparent dargelegt und die daraus resultierenden Ergebnisse verschieden aufbereitet dargestellt. Die Beantwortung dieser Forschungsfrage wird in der Auswertung durch die Differenzierung in vier Subfragen erarbeitet:

3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte?

3.2 Welche Zeit verwenden die Schülerinnen und Schüler auf die optionalen Elemente (Hilfebausteine, Animationen, Informationstexte, Bedienhilfen)?

3.3 In welcher Weise werden Ergebnisse innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet?

3.4 Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabestellungen eigenständig bearbeiten?

Die Subfragen werden einzeln ausgewertet. In ihrer Zusammenfassung geben sie die Antwort auf die dritte Forschungsfrage.

Alle Teilnehmenden bekamen für die Bearbeitung der Lernumgebung ein Tablet zur Verfügung gestellt. Zudem teilten sie sich selbst in Partnergruppen ein. Die benötigten Materialien und Chemikalien standen den Lernenden am Arbeitsplatz zur Verfügung. Die Schülerinnen und Schüler bekamen während der Erarbeitungszeit keine aktiven, zusätzlichen Informationen von außen.

Im Rahmen der dritten Forschungsfrage wird die Arbeit mit der Lernumgebung deskriptiv ausgewertet, um allgemeine Aussagen über die Arbeitsweise der Teilnehmenden mit der Lernumgebung ableiten zu können.

Die Codierung des Videomaterials aller Subfragestellungen wurde durch zwei Codierende getrennt voneinander durchgeführt. Wenn beide Codierende im Rahmen des Codierungsprozesses eine unterschiedliche Einschätzung abgegeben haben, ist die entsprechende Videosequenz in einer Teamsitzung besprochen und klassifiziert worden. Im Rahmen der Teamsitzung wird mit mindestens einem weiteren Codierenden eine konsensuelle Entscheidung über die Sequenz getroffen.

Auswertung der Forschungsfragen

Der Autor merkt an, dass durch technische Probleme während der Erprobung in der Videografie einzelne Sequenzen nicht codiert werden können. Es wird aus dem Kontext entnommen, dass dies die Bearbeitung der folgenden Knotenpunkte betrifft:

Gruppe	Knotenpunkt
5	Symbol-Ebene (1.Differenierungsstufe) – Aufgabe 3,4,5 Beobachtungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe) – Aufgabe 1, 2
6	Beobachtungs-Ebene (2. Differenzierungs-Stufe) – Aufgabe 1,2,3,4,5
8	Beobachtungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe) – Aufgabe 7,8,9,10 Vorstellungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe), Aufgabe 2
12	Beobachtungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe) Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe) – Aufgabe 1, 2

Tabelle 105 nicht-codierbare Videosequenzen

4.3.1. Subfrage 3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte?

Die Schülerinnen und Schüler haben auf den Tablets die Lernaufgaben in Knotenpunkten bearbeitet. Die Knotenpunkte sind durch einen Lernpfad miteinander verbunden, der idealerweise von den Lernenden durchgeführt wird.

Die Auswertung der Bearbeitungszeit der Knotenpunkte soll den zeitlichen Aufwand der einzelnen Ebenen und Differenzierungsstufen darstellen. Gleichzeitig soll durch die Subfrage beschrieben werden, in welchem zeitlichen Rahmen Störungen auftraten. Inwieweit Stolpersituationen in der Lernumgebung oder im weiteren Material dazu geführt haben, dass die Lernenden die Aufgabenstellung nicht eigenständig lösen konnten, wird in Subfragestellung 3.4 ausgewertet.

Die Auswertung des Knotenpunktes erfolgt durch die Analyse des Videomaterials anhand des folgenden Codierleitfadens.

1	**Benennung** **Ablenkung** *Definition:* Die Schüler*innen sind durch nicht-inhaltliche Gespräche oder sonstige Situationen von außerhalb abgelenkt, sodass die Arbeit an der Lernumgebung und der aktive Lernprozess unterbrochen werden	**Beispiel** *Ankerbeispiel:* Video 6.10 - Min. 0.24-1.27
Indikatoren: - Der Arbeitsprozess wird für eine andere Handlung unterbrochen - Der Lernprozess wird offensichtlich unterbrochen	*Beispiele:* - Nicht-inhaltliche Gespräche innerhalb der Partnergruppe oder mit anderen, die den Arbeits- und Lernprozess unterbrechen - Langes Wegschauen - Weglegen der Stifte - „Malen“ in der Lernumgebung	
2	**Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung** Definition: Die Schüler*innen sind durch eine Störung in der Lernumgebung so abgelenkt, dass der aktive Lernprozess unterbrochen wird	*Ankerbeispiel:* Video 4.8 - Min. 4.02-4.50
Indikatoren: - Der Arbeitsprozess wird maßgeblich dadurch unterbrochen, dass in der Lernumgebung eine Störung auftritt - Häufig schmales Zeitfenster - Langes Zeitfenster, wenn ganze Abschnitte der Bearbeitung gelöscht wurden und erneut aufgeschrieben (i.d.R. abgeschrieben) werden	*Beispiele:* Die Schüler*innen können durch eine Störung in der Lernumgebung - Nicht mehr schreiben - Elemente nicht bewegen - Löschen einen Teil ihrer Bearbeitung (erneutes Schreiben gehört zur Störung)	
3	**Störung mit Material** *Definition:* Durch eine Störung mit dem für die Experimente zur Verfügung gestellten Material wird der Arbeits- und Lernprozess unterbrochen	*Ankerbeispiel:* Video 1.1 - Min. 10.44-14.42
Indikatoren: - Die Schüler*innen warten auf Ersatz oder neue Teile, ohne dabei den Lernprozess weiter zu gestalten - Es wird nicht selbstständig nach eigenen Lösungen oder alternativen Handlungsmöglichkeiten gesucht	*Beispiele:* - Nicht funktionierende Elektromotoren, LEDs, - Fehlende Salzlösungen, Austauschen der Lösungen durch betreuende Personen - Einstellungsfehler der Voltmeter	
4	**BE – VE – SE – Sicherungsknoten** *Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Lernumgebung, führen inhaltliche Gespräche oder suchen aktiv Lösungen zu Problemen	*Ankerbeispiel:* Video 5.11 - Min. 7.46-17.34 (Sicherungsknoten)
Indikatoren: - Die Schüler*innen bearbeiten die Aufgaben schriftlich - Die Schüler*innen führen experimentelle Handlungen durch	*Beispiele:* - Die Schüler*innen bearbeiten die drei Aufgaben zum Sicherungsknoten	

- Die Schüler*innen führen Gespräche mit inhaltlichem Bezug, erklären sich einzelne Aspekte und finden Problemlösungen - Ggf. sehr lange Passagen oder durch Ablenkungen unterbrochen	- Die Schüler*innen bearbeiten die experimentellen Aufgaben der Beobachtungsebene 1

Tabelle 106 Kodierleitfaden Subfrage 3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte?

Das Videomaterial wird in der Arbeitszeit in vier Kategorien eingeteilt (vgl. Tabelle 106): (1) Ablenkungen. Ablenkungen können durch die Teilnehmenden selbst erzeugt werden, in dem sie nicht aktiv am Lernmaterial arbeiten. Dies wird bei nicht-inhaltlichen Gesprächen oder Aktivitäten codiert. (2) Ablenkungen durch Störungen in der Lernumgebung. Die Lernumgebung kann vereinzelte Störungen hervorrufen. Dies kann durch eine fehlerhafte Benutzung einzelner Werkzeuge der App geschehen oder durch technische Ursachen in der Appsoftware hervorgerufen werden. Der Autor merkt an, dass in vereinzelten Phasen ganze Arbeitsinhalte von Lernenden verloren gegangen sind. Teilweise haben die Teilnehmenden Arbeitszeiten dafür verwendet, ihre Ergebnisse von einem Tablet auf das andere zu übertragen. Da dies keine aktive Arbeitszeit mit der Lernumgebung darstellt, wird dies der Kategorie 2 zugeordnet. (3) Weitere Störungen. Analog zu möglichen Störungen in der Lernumgebung sollen alle weiteren Störungen erfasst werden. Diese werden in den Experimentdurchführungen erwartet und können durch technische Störungen der benutzten Gerätschaften hervorgerufen werden. (4) Aktive Arbeitszeit. Die vierte Kategorie beinhaltet die aktiven Arbeitszeiten der Teilnehmenden in den einzelnen Aufgabenstellungen. Es werden die Arbeitszeiten der Knotenpunkte erfasst.

Die Codierung der Ablenkungsphasen soll in dieser Subfragestellung nicht qualitativ betrachtet werden. Durch die Markierung der Sequenzen, in denen die Teilnehmenden nicht aktiv an der Lernumgebung gearbeitet haben, wird die aktive Arbeitszeit in der Lernumgebung genauer bestimmt. Zudem wird die Codierung für die Betrachtung von möglichen Stolpersteinen durch das Lernmaterial in Subfragestellung 3.4 betrachtet.

Die Arbeitsphasen der Partnergruppen werden durch Codelines dargestellt. Eine Codeline stellt einen differenzierten Zeitstrahl dar. Auf diesem Zeitstrahl wird durch verschiedene Farben die festgelegte Kategorie angezeigt. Für die Auswertung der Codelines gilt folgende Farbzuordnung.

Kategorie	Farbcode
Ablenkung	
Ablenkung durch Störung des Materials	
Arbeitszeit Beobachtungs-Ebene (3.Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Vorstellungs-Ebene (3. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Vorstellungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Symbol-Ebene (1. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Beobachtungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe)	

Kategorie	Farbcode
Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	
Arbeitszeit Sicherungsknoten	
Arbeitszeit Symbol-Ebene (3. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Symbol-Ebene (2. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Beobachtungs-Ebene (2. Differenzierungsstufe)	
Arbeitszeit Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe)	

Tabelle 107 Farbcodierung Arbeitszeiten – Codeline

4.3.1.1. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Tabelle 108 zeigt die summierten Zeitsequenzen für die beschriebenen Kategorien. Leere Felder entsprechen entweder einem technischen Problem durch das Aufzeichnungsmedium, wie es bereits benannt wurde. Oder die Teilnehmenden haben den Knotenpunkt nicht bearbeitet. Zur Berechnung der Durchschnittzeiten sind diese Gruppen nicht einberechnet worden.

In der Tabelle werden Abkürzungen verwendet, welche folgende Bedeutung tragen:

BE – Beobachtungs-Ebene

VE – Vorstellungs-Ebene

SE – Symbol-Ebene

Die Zahl hinter der Ebenen-Benennung gibt die jeweilige Differenzierungsstufe an.

Codesystem	**Gruppe 1**	**Gruppe 2**	**Gruppe 3**	**Gruppe 4**	**Gruppe 5**	**Gruppe 6**	**Gruppe 7**	**Gruppe 8**	**Gruppe 9**	**Gruppe 10**	**Gruppe 11**	**Gruppe 12**	**arithm. Mittel**
(1) Ablenkung	17:15.4	40:40.3	27:56.6	48:14.7	09:27.5	34:33.9	23:49.6	43:31.1	43:01.1	34:20.5	1:03:13.9	30:24.3	34:42
(2) Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	08:23.3	14:11.0	05:15.0	06:11.0	03:31.2	09:51.3	12:57.2	04:46.3	11:10.0	04:55.4	10:12.4	02:12.2	07:48

Codesystem	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7	Gruppe 8	Gruppe 9	Gruppe 10	Gruppe 11	Gruppe 12	arithm. Mittel
(3) Störung mit Material	06:33.8			05:55.6	01:08.8		06:13.6						04:58
3.1 Sicherungsknoten	14:42.1	08:11.4	10:44.1	07:47.9	00:15.6	13:31.3	12:51.8	06:42.8	07:02.6	12:20.0	00:32.2	08:17.4	08:01
3.1 BE 3	00:11.2	00:43.2	00:34.8	00:46.6	03:06.6		06:13.0	09:40.2	07:52.9	01:39.3	nicht bearbeitet	00:22.0	03:07
3.1 SE 3	01:12.9	08:20.1		00:45.2	12:23.4	07:31.4	22:09.5	04:48.2	08:43.5	07:09.4	nicht bearbeitet	nicht bearbeitet	08:07
3.1 VE 3	02:45.2	08:50.1	03:50.7	01:17.8	11:07.2	07:34.4	05:16.4	05:30.2	07:32.8	06:25.3	nicht bearbeitet	nicht bearbeitet	05:30
3.1 SE 2	14:30.6	11:15.4	08:37.4	11:46.2	03:28.4	12:50.4	07:06.2	11:46.7	08:48.5	09:22.3	nicht bearbeitet	nicht bearbeitet	09:05
3.1 VE 2	18:41.9	15:54.9	11:51.2	06:00.6	06:03.0	06:31.8	04:59.5	04:27.2	07:43.4	14:24.2	nicht bearbeitet	0:09:00.	09:36
3.1 BE 2	28:58.6	13:49.6	34:02.0	15:50.0	13:51.9	13:21.1	19:10.9	16:37.8	13:37.0	29:06.4	08:37.5	24:51.4	19:19
3.1 SE 1	08:28.3	06:17.4	05:17.5	02:32.7	04:48.8	10:49.9	05:18.4	02:50.5	11:32.5	07:49.5	06:31.0	04:30.5	06:24
3.1 VE 1	31:26.4	19:14.0	38:05.7	29:33.5	37:20.6	17:12.5	16:11.2	17:13.0	24:59.0	19:38.4	40:43.4	07:50.8	26:31
3.1 BE 1	18:59.3	18:53.2	22:03.3	14:02.6	22:58.6	16:44.7	20:07.5	15:29.1	14:44.8	20:24.6	16:39.5		18:17

Tabelle 108 Zeitcodierung Knotenpunkte

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Teilnehmenden im Durchschnitt die längste aktive Zeit im Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe) gearbeitet haben. Die durchschnittliche Zeit beträgt 26:31 Min.

Es ist weiter zu erkennen, dass für die Knotenpunkte der Beobachtungs-Ebene der 1. Differenzierungsstufe durchschnittlich 18:17 Min. und für die 2. Differenzierungsstufe 19:19 Min. benötigt wurden. Die weiteren Knotenpunkte werden mit einer durchschnittlichen, aktiven Arbeitszeit unter 10 Minuten zeitlich deutlich weniger bearbeitet.

Durchschnittlich werden die Teilnehmenden 34:42 Min. von der aktiven Arbeitszeit, durch allgemeine Ablenkungen, wie nicht-inhaltliche Gespräche, organisatorische Durchführungen oder Ähnliches, abgehalten.

07:48 Min. Ablenkungszeit erzeugen im Durchschnitt technische Probleme innerhalb der Lernumgebung. Zu dieser Auswertung soll angemerkt werden, dass die Teilnehmenden teilweise einen Verlust der angegebenen Daten durch eine unbeabsichtigte Handhabung der App erzeugt haben. Innerhalb einer Partnergruppe wurden in der Regel die vorhandenen Ergebnisse vom anderen Partner übernommen. Diese Übertragungszeit wird auch als Ablenkungszeit durch Störungen in der Lernumgebung codiert, da diese keine aktive Auseinandersetzung mit den Lernaufgaben darstellt.

04:58 Min. ist die durchschnittliche Ablenkungszeit aufgrund anderer Probleme mit dem Material. In welcher Weise diese Ablenkungen zu Stolpersituationen für die Lernenden führten und ob diese von den Teilnehmenden eigenständig gelöst werden konnten, wird in Subfragestellung 3.4 analysiert.

Die durchschnittliche, aktive Arbeitszeit beträgt 1:53:58 Std.

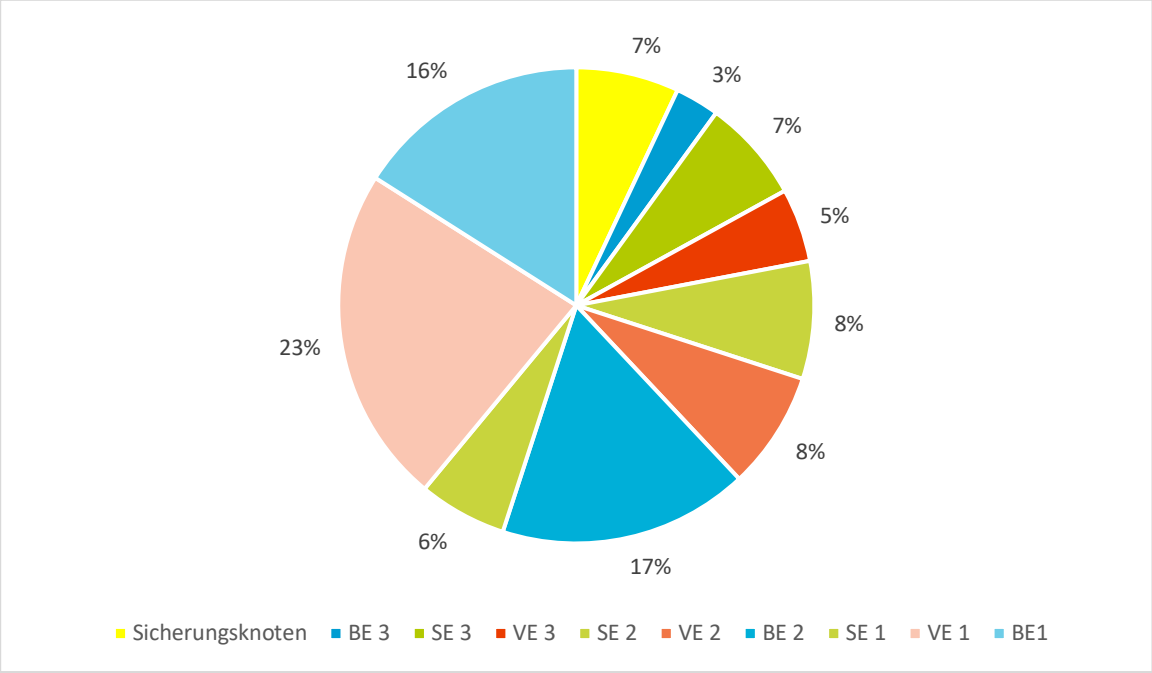


Abbildung 80 Relativer Anteil der aktiven Arbeitszeit der Knotenpunkte

Abbildung 80 zeigt die relative Verteilung der aktiven Bearbeitungszeit der Knotenpunkte. Auch in dieser Abbildung ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden für die Bearbeitung des ersten Knotenpunkts der Vorstellungs-Ebene im Durchschnitt fast ein Viertel der gesamten Arbeitszeit aufgewandt haben.

Auswertung der Forschungsfragen

Aus der Dauer der Knotenpunkte lässt sich keine Aussage über die Qualität der Aufgabenbearbeitung schließen. Diese Auswertung ist durch die fachlich-inhaltliche Auswertung in Forschungsfrage 1 berücksichtigt worden. In Bezug auf den ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene zeigt sich jedoch, dass die Teilnehmenden im Durchschnitt bereitwillig sind, die Aufgaben zu bearbeiten. Da sie nicht nach kurzer Zeit zu einer weiteren Aufgabenstellung wechseln, scheint das Lernmaterial in dem Knotenpunkt verständlich zu sein bzw. zu einer Auseinandersetzung anzuregen.

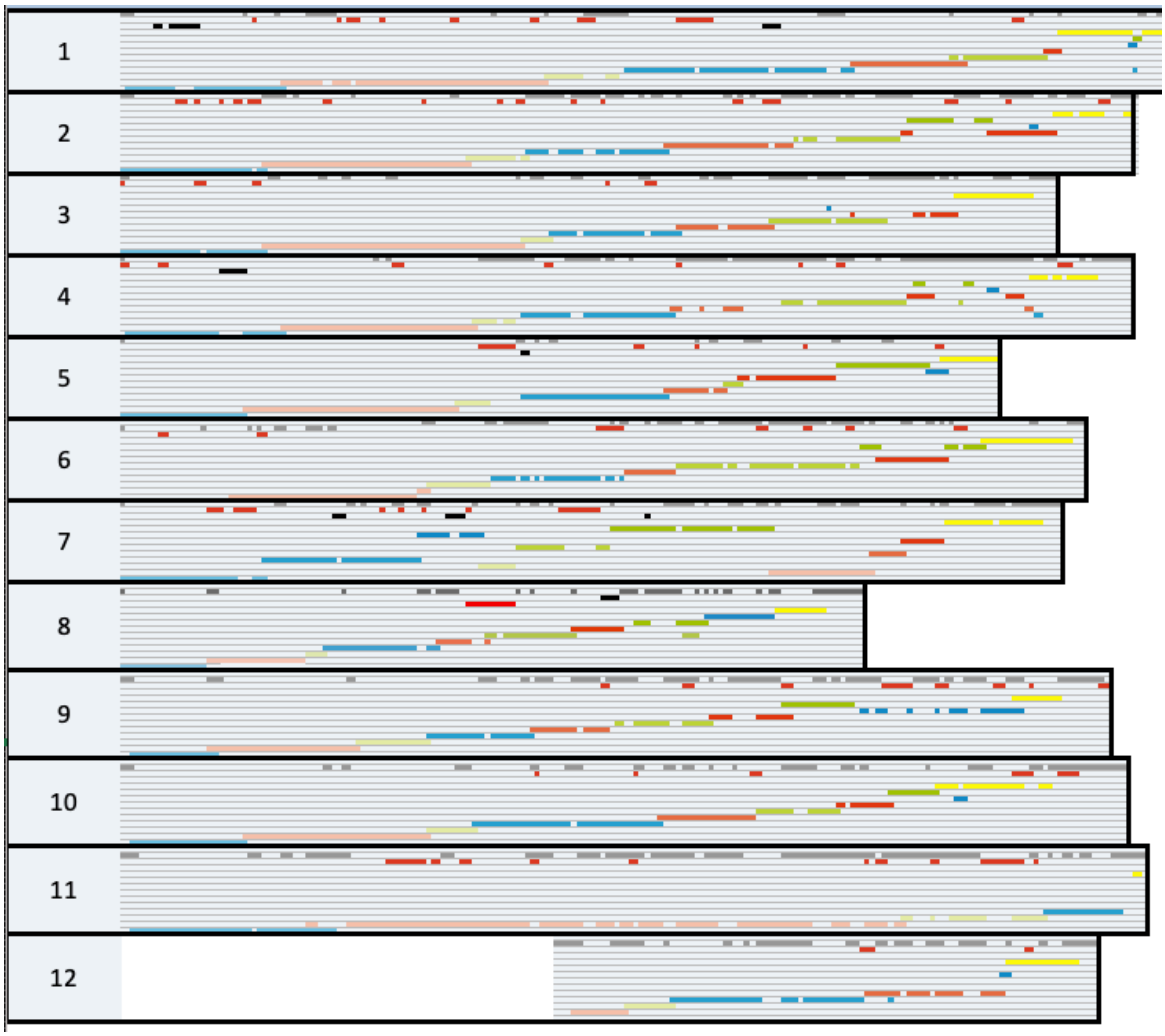


Abbildung 81 Codeline Bearbeitung Knotenpunkte

Abbildung 81 zeigt die Codelines der Partnergruppen. Aus den Codelines kann entnommen werden, dass die Gruppen den vorgesehenen Bearbeitungsweg umgesetzt haben, ausgenommen Gruppe 7. Partnergruppe 7 hat zunächst die Knotenpunkte der Beobachtungs-Ebene, dann die Knotenpunkte der Symbol-Ebene und abschließend die Knotenpunkte der Vorstellungs-Ebene bearbeitet. Diese wurden jeweils von der ersten zur dritten Differenzierungsstufe bearbeitet. In der Sichtung des Videomaterials ist kein Grund erkennbar, weshalb sich die Teilnehmenden nicht an den vorgeschlagenen Lernpfad halten.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die Änderungen in der Darstellung des Lernpfades erfolgreich sind und der Lernpfad erkannt wird.

4.3.2. Subfrage 3.2: Welche Zeit verwenden die Schülerinnen und Schüler auf die optionalen Elemente (Hilfebausteine, Animationen, Informationstexte, Bedienhilfen)?

In der Lernumgebung stehen den Teilnehmenden verschiedene optionale Elemente zur Verfügung, die sie als Unterstützung zur Bearbeitung der Lernumgebung nutzen können. Dies sind zum einen aktive Hilfestellungen, als auch weitere Animationen, Informationstexte und Bedienhilfen. Die optionalen Bausteine sollen die Eigenständigkeit in der Bearbeitung der Lernumgebung erhöhen, indem die Teilnehmenden selbst weitere Unterstützung dem Lernmaterial entnehmen können.

Die Auswertung dieser Subfragestellung soll in den Fokus setzen, ob ein optionales Element in einem Knotenpunkt in Anspruch genommen wurde und ob die Teilnehmenden durch die Nutzung dieses Bausteins ihren Arbeitsprozess direkt fortsetzen konnten.

Zur Codierung der Videosequenzen wird daraus folgender Kodierleitfaden abgeleitet.

<table>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>Benennung</td><td>Beispiel</td></tr>
<tr><td>Nutzen
Die Hilfe wird angeschaut und der Arbeitsprozess kann/wird nach der Betrachtung direkt fortgesetzt</td><td>Ankerbeispiel:
Video 2.1 – Min. 6.42–7.17</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- optionale Bestandteile sind Hilfestellungen, Bedienhilfen, Hinweisinformationen am Rand der Knotenpunkte
- die Schüler*innen nehmen in Erklärungen Bezug auf die optionalen Bestandteile
- Die Schüler*innen haben ein Problem und finden in der Lernumgebung die Lösung</td><td>Beispiele:
- Die Schüler*innen schauen die Hilfe 3.2 Hinweis – Redoxreihe – SE 3 an und können dann die Aufgabe der Einordnung der Metalle lösen.
- Die Schüler*innen nutzen die Hilfen auf der Beobachtungsebene um einen Stolperstein beim Versuchsaufbau zu überwinden.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>Kein Nutzen</td><td>Ankerbeispiel:</td></tr>
<tr><td>Definition:
Die Hilfe wird angeschaut, hat allerdings keinen ersichtlichen Mehrwert für die weiterführende Aufgabenbearbeitung.</td><td>Video 3.1 – Min. 6.10-6.25</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Die Schüler*innen schauen sich eine Hilfestellung an, die nicht zu der aktuellen Aufgabe passt
- Die Schüler*innen finden nicht die benötigten Informationen zur Weiterbearbeitung der Aufgabe</td><td>Beispiele:
– Die Schüler*innen schauen sich Hilfen, wie zum Beispiel Versuchsabbildungen an, nachdem sie das Experiment aufgebaut haben.
– Die Schüler*innen schauen sich als Hilfe das Periodensystem an, aber nutzen die Informationen nicht.</td></tr>
</table>

Tabelle 109 Kodierleitfaden Subfragestellung 3.2 - Nutzen optionaler Bestandteile

Auswertung der Forschungsfragen

Jeder optionale Baustein wird einzeln nach dem Kodierleitfaden betrachtet. Wenn eine Partnergruppe einen optionalen Baustein in der Bearbeitungszeit anschaut, wird der Nutzen des Bausteins für die Partnergruppe bewertet. Dies kann zum einen sein, dass die Partnergruppe ein aktives Problem hat und einen optionalen Baustein findet, der ihnen zur Weiterarbeit verhilft. Es wird weiterhin als Nutzen codiert, wenn die Partnergruppe sich bei einer Problemlösung durch Erklärungen auf einen optionalen Baustein beziehen.

Im Gegensatz wird kein Nutzen bewertet, wenn die Partnergruppe durch den Baustein keine Lösung zu ihrem vorliegenden Problem erhalten oder sie sich einen Baustein anschauen, der keine Unterstützung zu ihrer aktuellen Situation geben kann. Dies könnte Hinweise auf weitere benötigte Hilfebausteine geben oder eine andere Platzierung der Bausteine in der Lernumgebung erfordern.

Es werden alle Bausteine tabellarisch aufgelistet und die absoluten Häufigkeiten der Nutzung pro Partnergruppe dargestellt. Dabei wird eine Differenzierung vorgenommen, ob der Baustein für die weitere Bearbeitung der Lernumgebung genutzt werden konnte oder nicht. Der weitere Nutzen wird in der Tabelle durch die Abkürzung ‚n' dargestellt. Die Abkürzung ‚nk' repräsentiert die Häufigkeiten, in denen der Baustein keinen weiteren Nutzen erbrachte. Es wird jede Nutzung codiert, so dass auch wiederholende Nutzen der Elemente gezählt werden.

4.3.2.1. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

optionaler Baustein		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7	Gruppe 8	Gruppe 9	Gruppe 10	Gruppe 11	Gruppe 12	Summe
BE 1 – Hinweis – Begriffserklärung Elektrode	n													
	nk		2											
BE 1 – Hilfestellung. – Anschließen Elektromotor	n	2	1			2	2	2		1	1	3		14
	nk				1									
BE 1 – Hilfestellung – Anschließen Summer	n		1							1		2		4
	nk				1			1						2
BE 1 – Hilfestellung – Anschließen LED	n	2	2			1						2		7
	nk				1			1						2
BE 1 – Hilfestellung – Anschließen Voltmeter	n		1					2		1		2		6
	nk													
VE 1 – Hilfestellung - Satzanfänge	n				1									1
	nk				1									1
VE 1 – Hilfestellung – Erklärung Elektronenaufnahme/-abgabe	n				5									5
	nk				2									2

optionaler Baustein		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7	Gruppe 8	Gruppe 9	Gruppe 10	Gruppe 11	Gruppe 12	Summe
BE 2 – Hilfestellung – Versuchsaufbau Magnesium-Kupfer-Zelle	n		3	2	1			1		3		2	6	18
	nk									3				3
BE 2 – Hilfestellung – Versuchsaufbau Magnesium-Silber-Zelle	n		1				1	1						3
	nk													
SE 2 – Hilfestellung - Periodensystem	n	1			1		3	2						7
	nk	1	1	1	2		1			1				7
SE 3 – Hinweise – Redoxreihe	n		2				3	6		5				16
	nk													
SE 3 – Hilfestellung - Periodensystem	n		1			5				1	4			11
	nk													
BE 3 – Bedienhilfe – Foto einfügen	n													
	nk					1				1			1	3
BE 3 – Hinweis – Batterieentsorgung	n								1					1
	nk							1						1

Tabelle 110 Absolute Verteilung Nutzung von optionalen Elementen

Tabelle 110 zeigt die absolute Verteilung der Nutzung von optionalen Elementen. Es werden nur die Elemente aufgeführt, welche durch die Teilnehmenden während der Bearbeitungszeit betrachtet werden. Die nicht aufgeführten, optionalen Elemente sind durch die Teilnehmenden nicht genutzt worden. Daraus lässt sich nicht ableiten, ob die Teilnehmenden die Elemente nicht benötigen oder ob sie diese nicht gefunden haben.

In der Auswertung der optionalen Elemente zeigt sich, dass die Elemente eher selten verwendet werden.

Es ist zudem zu erkennen, dass gehäuft die Hilfestellungen der Beobachtungs-Ebene genutzt werden. Diese unterstützen die Teilnehmenden beim Experimentaufbau.

In der Sichtung des Videomaterials ist außerdem beobachtbar, dass Partnergruppe 4 zu Beginn der ersten beiden Knotenpunkte einen Überblick über den überwiegenden Teil der dort vorhandenen Hilfestellung erfasst. Dadurch wird die Anzahl begründet, in denen die optionalen Elemente der Gruppe keine Unterstützung bieten konnten.

Aus den vorhandenen Daten lässt sich nicht ableiten, weshalb die optionalen Elemente nicht häufiger genutzt werden. Es wird vermutet, dass die Teilnehmenden durch das Hineinzoomen zu einer Aufgabenstellung die optionalen Elemente nicht im direkten Blickfeld haben. In der Auswertung des Videomaterials zeigt sich auch, dass die Teilnehmenden vereinzelt, inhaltliche Fragen an die Lehrkraft stellen. Diese verweist die Lernenden nicht

immer wieder zurück auf die Lernumgebung, sondern gibt unterstützende Hinweise. Dadurch werden die optionalen Elemente teilweise obsolet.

Aus der geringen Nutzung wird abgeleitet, dass in einer Handreichung für Lehrkräfte ein Hinweis auf die optionalen Bestandteile formuliert wird. Dieser soll die Lehrkräfte dazu aktivieren, die Lernenden zunächst an das Lernmaterial zurückzuverweisen, um die Eigenständigkeit im Lernprozess zu erhöhen. Zudem wird ein Hinweis an eine Lernaufgabe eingepflegt, falls für diese ein elementarer Baustein vorhanden ist.

Aus dem geringen Nutzen wird nicht abgeleitet, dass die optionalen Elemente überflüssig sind. Da durch diese Erprobung kein Anspruch auf die Übertragbarkeit auf eine andere Lerngruppe gegeben ist.

Vielmehr gibt die geringe Nutzung einen ersten Hinweis, dass die Teilnehmenden keinen weiteren Unterstützungsbedarf benötigt haben und die Lernumgebung eigenständig lösen konnten. Inwieweit sie Hilfestellungen von außen erfragt haben, wird in Subfragestellung 3.4 ausgewertet.

4.3.3. Subfrage 3.3 In welcher Weise werden Ergebnisse innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet?

Die Teilnehmenden erarbeiten die gestellten Lernaufgaben in selbstgewählten Partnergruppen. Durch die Erarbeitung in Partnergruppen soll ein gemeinschaftlicher Lernprozess initiiert werden. Im Rahmen dieser Subfragestellung wird ausgewertet, in welcher Weise die Ergebnisse der Aufgabenstellungen innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet wurden. Es wird betrachtet, ob die Lernenden untereinander interagieren und in welcher Weise sie dies tun.

Alle Aufgabenbearbeitungen jedes Knotenpunktes werden in drei verschiedene Kooperationsformen codiert. Es ist anzunehmen, dass diese drei Kooperationsformen alle möglichen Arbeitsformen darstellen können. Die Differenzierung in die Arbeitsweisen (1) kollaborierendes Arbeiten, (2) kooperativ-helfendes Arbeiten und (3) einzelnes, nebeneinanderher Arbeiten, sind an die beobachteten Arbeitsweisen im Projekt choice2explore (Rott, 2018) angelehnt.

Ziel ist eine breite Auswertung der Arbeitsweisen in den Ebenen, um daraus charakterisierende Merkmale ableiten zu können.

Die Arbeitsweisen werden, wie folgt, differenziert:

(1) kollaborierende Zusammenarbeit

Es soll beobachtet werden, ob die Schülerinnen und Schüler kollaborierend zusammenarbeiten. Unter kollaborierend ist eine gemeinsame Arbeit zu verstehen. Die Arbeitsweise zeichnet sich durch gleichwertiges, gemeinsames Handeln in der Bewältigung der Lernaufgabe aus. Naujok, Brandt und Krummheuer beschreiben die Arbeitsform durch eine sehr intensive Interaktion, „die Beziehungsstruktur der Beteiligten ist symmetrisch und sie fokussieren eine gemeinsame Aufgabe“ (Naujok, Brandt, & Krummheuer, 2000, S. 793).

Für die Codierung dieser Arbeitsweise wird folglich auf eine gleichberechtigte Vorgehensweise in einer Lernaufgabe geachtet. Diese zeichnet sich insbesondere durch den Beitrag beider Teilnehmenden zur Bearbeitung der Lernaufgabe aus.

(2) kooperativ-helfende Zusammenarbeit

Im Vergleich zur kollaborierenden Zusammenarbeit steht die kooperativ-helfende Zusammenarbeit. Diese unterscheidet sich durch ein Ungleichgewicht in der Bearbeitung der Aufgabenstellung. Dies kann zum einen dadurch erzeugt werden, dass ein Lernender die Lernaufgabenstellung nicht bearbeiten kann und durch den anderen Beteiligten eine Unterstützung erfährt. Es mag auch sein, dass die Teilnehmenden einer Partnergruppe bewusst die Aufgabenstellungen in Teilbereiche differenzieren und untereinander aufteilen. Diese Aufgabenteilung wird dann im weiteren Arbeitsverlauf innerhalb der Partnergruppe weitergegeben. Horstkemper und Tillmann (2000) beschreiben dies auch als „kooperativ-ergänzend“ (Horstkemper & Tillmann, 2000, S. 285).

Auswertung der Forschungsfragen

Innerhalb der Kategorie soll zudem festgehalten werden, in welche Richtung der helfende Prozess zu beobachten ist. Es wird differenziert, ob Schüler*in 1 → Schüler*in 2 hilft oder umgekehrt.

(3) nebeneinanderher Arbeiten

Abschließend soll beobachtet werden, ob Teilnehmende die Lernaufgaben vollkommen eigenständig bewältigen, ohne die Vorgehensweise mit dem weiteren Lernenden der Gruppe abzustimmen.

Aus den dargestellten Arbeitsweisen leitet sich folgender Kodierleitfaden ab.

<table>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>Benennung</td><td>Beispiel</td></tr>
<tr><td>Kollaborativ
Definition:
Die Schüler arbeiten symmetrisch an einer Aufgabenstellung</td><td>Ankerbeispiel:

Video 13.6 - Min. 0.30-17.34</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- gegenseitiges Unterstützen, Aushandlungen, Diskussionen, SuS beziehen sich aufeinander
- sehr intensive Kooperation
- beide Schüler*innen tragen zum gemeinsamen Lernprozess bei</td><td>Beispiele:
typische Handlungen:
- Gegenseitiges Erklären (nicht abgucken bzw. abschreiben)
- vergleichen
- erfragen
- Metakooperieren</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>Helfend
Definition:
Die Schüler*innen unterstützen sich, arbeiten dabei allerdings in einem asymmetrischen Verhältnis zusammen</td><td>Ankerbeispiel:

Video 2.10 - Min. 7.18- 9.04</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Relativ intensive Kooperation, kann aktiv aber auch passiv sein
- abgucken als passive Selbsthilfe
- der Kompetentere hat die Kontrolle über den Weisungsverlauf,
- Asymmetrische Beziehung (S arbeiten ggf. getrennte Aufgabenteile und fügen sie anschließend zusammen),
- Rollen: Potentielle-Helfer und Potentielle-Hilfe-Nehm</td><td>Beispiele:
- Ein*e Schüler*in gibt eine Lösung vor.
- Ein*e Schüler*in schreibt eine Lösung ab.
Typische Kooperationshandlungen sind:
Erklären, vergleichen, Aufgabenteilung
Es wird immer der*die Schüler*in als S1 betrachtet, der*die zu Anfang der Videografie die Kamera tägt.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td>Einzeln/Nebeneinanderher
Definition:
S1 und S2 führen nebeneinanderher (ohne intensive Kooperation) eine lernimpulsbezogene Handlung durch</td><td>Ankerbeispiel:

Video 1.11 - Min. 4.30 - 7.13</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Geringe Intensität der Kooperation, wenn überhaupt
- Interaktionen sind bedeutungslos für die Bearbeitung</td><td>Beispiele:
- Die Schüler*innen arbeiten parallel an der gleichen Aufgabe ohne zu kooperieren.
- Die Schüler*innen bearbeiten verschiedene Aufgaben.</td></tr>
</table>

- Schüler*innen führen eigenständig lernimpulsbezogene Handlungen durch, der Lernprozess findet in der alleinigen Bearbeitung statt	- Die Schüler*innen führen nacheinander die gleiche lernimpulsbezogene (experimentelle) Handlung durch (ohne Zuschauen innerhalb der Partnergruppe).

Tabelle 111 Kodierleitfaden Arbeitsweisen - Subfrage 3.3

Der dargestellte Codierleitfaden wird auf alle durchgeführten Lernaufgaben angewandt. Es wird nicht berücksichtigt, ob die Lernenden eine abschließende schriftliche Antwort gegeben haben oder wie umfangreich sie die Aufgabenstellung bearbeitet haben. Es wird die zu beobachtende Arbeitsweise nach den dargestellten Merkmalen bewertet. Da diese Beobachtung sehr subjektiv wahrgenommen werden kann, wird nach den Kriterien der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz eine Codierung durch zwei Personen getrennt voneinander codiert. Ist im Vergleich der Angaben keine Überschneidung zu finden, so wird diese Sequenz in einer Teamsitzung mit zwei weiteren Codierenden besprochen und eine konsensuelle Entscheidung getroffen.

Die Auswertung wird für jede Aufgabenstellung und Partnergruppe tabellarisch dargestellt. Zur vereinfachten Übersicht wird jeder Kategorie ein Farbcode zugewiesen. Der Farbcode ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

kollaborierende Arbeitsweise	kooperativ-helfende Arbeitsweise	nebeneinanderher Arbeiten

Tabelle 112 Farbcodierung Arbeitsweisen - Subfrage 3.3

Zusätzlich zum Farbcode wird der Kategorie ‚kooperativ-helfende Arbeitsweise' markiert, ob die helfende Handlung von Schüler*in 1 oder 2 ausgeht. Dies wird markiert als ‚S1' für ‚Schüler*in 1 hilft Schüler*in 2' und ‚S2' ‚Schüler*in 2 hilft Schüler*in 1'.

Wie bereits in der Einleitung zu dieser Forschungsfrage beschrieben wird, sind vereinzelte Bearbeitungen durch technische Probleme während der Aufzeichnung nicht codierbar. Die entsprechenden Aufgabenfelder werden in der Darstellung durchgestrichen. Wenn Aufgaben durch Partnergruppen nicht bearbeitet werden, so wird das Feld leer dargestellt.

4.3.3.1. Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

Knoten-punkt	Aufgabe	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7	Gruppe 8	Gruppe 9	Gruppe 10	Gruppe 11	Gruppe 12	kollaborierend	helfend S1→S2	helfend S1→S2	nebeneinanderh.
BE 1	1													11			
	2													11			
	3													11			
	4							S2				S1		8	1	1	1
	5													11			
	6							S2	S2	S2		S2		4		4	3
VE 1	1	S2						S2			S1	S2		5	1	3	2
	2					S1					S1			7	2		2
	3	S2							S2			S1		9	1	2	
SE 1	1		S2			S1			S2	S2		S1		3	2	3	3
	2											S1	S1	6	2		2
	3	S2	S2						S2			S1		4	1	3	1
	4	S2	S2						S2			S1		4	1	3	1
	5	S2	S2						S2			S1		4	1	3	1
BE 2	1													10			
	2													10			
	3	S2												10		1	
	4													11			
	5		S2											10		1	
	6													12			
	7													11			
	8													11			
	9									S2				10		1	
	10					S1					S2			9	1	1	
	11	S2		S1		S1			S2				S1	5	3	2	1
VE 2	1	S2					S2						S1	6	1	2	2
	2	S2		S1						S2	S1		S1	3	3	2	1
	3					S1			S2					2	1	1	3
SE 2	1		S2			S1			S2	S2	S1				2	3	4
	2		S2						S2	S2	S1			2	1	3	3
VE 3	1		S2						S2	S2	S1			2	1	3	3
	2			S1	S1				S2	S2	S1			3	3	2	2
	Sprinter								S2	S2	S1			2	1	2	1

SE 3	1		S2								S1			2	1	1	3
	2										S1			6	1		
	3													4			3
	4								S2					3		1	2
	Sprinter								S2	S2	S1			1	1	2	
BE 3	1								S2	S2	S1			2	1	2	
	2													2			
Siche-rungs-knoten	BE			S1							S1			7	2		2
	VE						S1							8	1		2
	SE		S2							S2	S1			4	1	2	3
kollaborierend		15	28	23	25	30	13	32	17	27	23	16	17	266			
helfend S1→S2				4	1	6	1				15	7	4		38		
helfend S2→S1		9	10				1	3	16	12	1	2				54	
nebeneinanderher		11	1	7	1		19		5	4	3						51

Tabelle 113 Absolute Verteilung Arbeitsweisen - Subfrage 3.3

Tabelle 113 zeigt die absolute Verteilung der codierten Arbeitsweisen zu den einzelnen Aufgabenstellungen, differenziert nach Partnergruppen. Insgesamt sind 408 Aufgabenbearbeitungen codiert worden. In 266 Fällen wird eine kollaborierende Arbeitsweise zwischen den Teilnehmenden einer Gruppe bewertet. In insgesamt 91 Fällen wird eine kooperativ-helfende Arbeitsweise festgestellt. 51 Codierungen ist zu entnehmen, dass die Lernenden nebeneinanderher arbeiten.

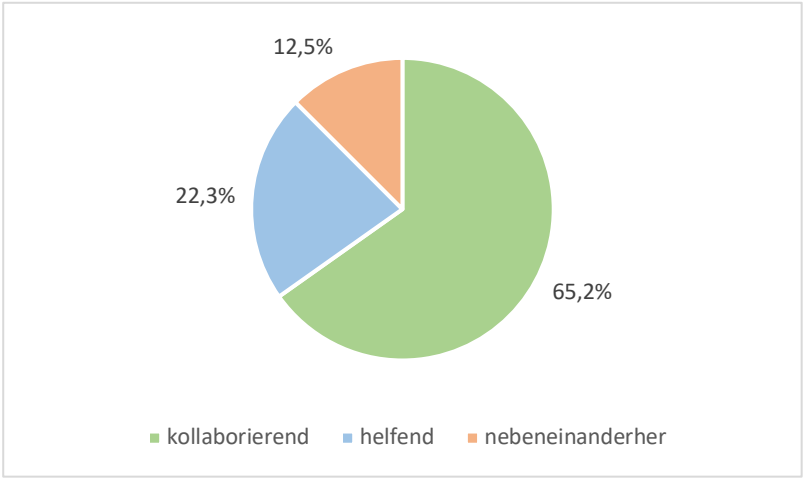


Abbildung 82 relative Verteilung der Arbeitsweisen - Subfrage 3.3

Abbildung 82 verdeutlicht, durch die absoluten Zahlen zu erkennen, dass der überwiegende Teil der Aufgabenbearbeitung kollaborierend umgesetzt wird. Die Schülerinnen und Schüler arbeiten gleichberechtigt an einer Lernaufgabe. 22,3 % der Teilnehmenden bearbeiten die Aufgabenstellung gegenseitig helfend. Auch dies stellt eine gemeinsame Arbeitsweise dar. Somit hat die Lerngruppe die Aufgabenstellungen zu 87,5 % in

gemeinschaftlicher Arbeit durchgeführt. Es kann abgeleitet werden, dass die Entscheidung, die Lernumgebung in Partnergruppen erarbeiten zu lassen, von den Teilnehmenden angenommen wird. Außerdem ist abzuleiten, dass in der Lernumgebung gemeinschaftliche Arbeiten möglich sind und auch zu einem überwiegenden Teil von den Teilnehmenden genutzt wurde.

Im Folgenden sollen die Arbeitsweisen in den einzelnen Ebenen verglichen werden. Da die Aufgabenstellungen der dritten Differenzierungsstufen nur von etwa der Hälfte der Partnergruppen bearbeitet wurden, werden diese in der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt.

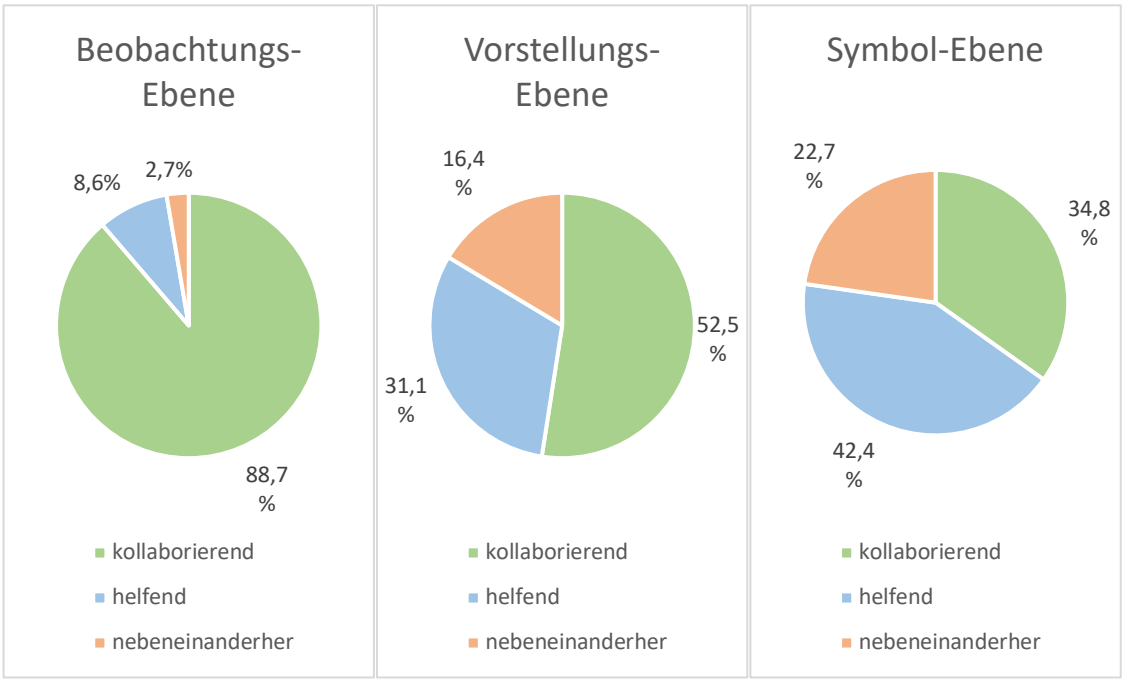


Abbildung 83 relativer Vergleich Arbeitsweisen - Differenzierung der Ebenen - Subfrage 3.3

Abbildung 83 stellt den relativen Vergleich der Arbeitsweisen in den drei Ebenen differenziert dar. Zu erkennen ist, dass in der Beobachtungs-Ebene innerhalb einer Gruppe überwiegend kollaborierend zusammengearbeitet wurde. Es wird angenommen, dass insbesondere die Durchführung von Experimenten die kollaborierende Arbeitsweise initiiert.

8,6 % der Arbeitsweisen finden untereinander helfend statt. Der Analyse der absoluten Verteilung der Arbeitsweisen ist zu entnehmen, dass ein überwiegender Anteil der nichtkollaborierenden Arbeitsphasen in den Sicherungsbausteinen der Knotenpunkte stattfanden. In diesen Phasen haben sich die Teilnehmenden zu gleichen Teilen gegenseitig geholfen und kollaborierend zusammengearbeitet.

In der Betrachtung der Vorstellungs-Ebene ist zu erkennen, dass weiterhin der Hauptanteil der Aufgabenbearbeitungen kollaborierend durchgeführt wird. Es ist aber auch ein deutlicher Anstieg der relativen Anteile der helfenden Arbeitsweise und des nebeneinander Arbeitens gegenüber der Beobachtungs-Ebene zu sehen. Aus der absoluten Verteilung ist kein Muster zu erkennen, was diesen Anstieg in Bezug auf die Aufgabenstellungen

zuordnen lässt. Aufgrund der Ausgangslage der Teilnehmenden wird vermutet, dass die subjektiven Anforderungen der submikroskopischen Ebene deutlich höher liegen als gegenüber den Anforderungen der makroskopischen Ebene. Diese werden insbesondere im Verständnis für Modelle und die Vorstellungen über submikroskopische Prozesse erzeugt.

Es wird beobachtet, dass die Lernenden die Aufgabenstellung nicht untereinander aufteilen, sondern das eine Person der anderen Person die Aufgabenstellung erklärt. In diesen Situationen ist erkennbar, dass das Lernmaterial als Unterstützung genutzt wird.

Das folgende Transkript soll dies exemplarisch darstellen:

Partnergruppe 5 bearbeitet Aufgabenstellung 3 des zweiten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene. Sie sollen die Reaktionsprozesse in einer Magnesium-Silber-Zelle mithilfe einer Animation erklären.		
Video 5.8	[00:00:00]	
	#00:04:07#	
	1	S5.1: Achso ich check‘s/guck/ (zoomt in die Animation) (4)
	2	S5.1: Magnesium-Atom hat zwei Elektronen / Außenelektronen in der Außenschale (zeigt in der Animation auf die Außenschale) S5.2: ja (zustimmend)
	3	S5.1: Aber das Silber-Ion braucht jeweils nur ein (unterstreicht Silber-Ion in der Animation) (..) pro (tippt auf die Außenschale der Silber-Ionen).
	4	S5.1: Deshalb gibt das Magnesium- /äh/ (2)Atom, jeweils ein Silber-(2) (zeichnet Verlaufslinien in die Animation) Ion /S5.2: Ein Magnesium- ../ S5.1: ein Elektron / sodurch wird das Silber-Ion zu einem .. S5.2: Ja, das musst du jetzt aufnehmen.

Tabelle 114 Transkript exemplarisches Beispiel helfende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe)

Das Transkript beschreibt, wie die Teilnehmenden mit der Lernumgebung interagieren. Schüler*in 5.1 nutzt die Lernumgebung aktiv für den Erklärungsprozess der Elektronenübertragungsreaktion. Schüler*in 5.1 zeigt mehrfach auf die Animation oder zeichnet zusätzlich etwas hinein. Es zeigt sich auch, dass die Teilnehmenden durch diese Lernaufgabe in einen fachsprachlichen Kommunikationsanlass gelangen. Durch die Verbalisierung der Erklärung festigt sich die bestehende Vorstellung.

In der Auswertung der absoluten Verteilung ist außerdem zu erkennen, dass insbesondere die Teilnehmenden der Partnergruppen 3 und 6 in der Vorstellungs-Ebene nebeneinanderher arbeiten. Es wird vermutet, dass die Phasen des nebeneinanderher Arbeitens aufgrund eines Unverständnisses zur Aufgabenstellung durch beide Teilnehmenden vorliegt und kein gemeinsamer Anknüpfungspunkt zur Lernaufgabe gefunden wird.

Auch in der Betrachtung der relativen Verteilung der Arbeitsweisen in der Symbol-Ebene zeigt sich ein erhöhter Anteil der helfenden Arbeitsweise und des nebeneinanderher Arbeitens gegenüber den anderen beiden Ebenen. Es ist in der relativen Verteilung der Arbeitsweisen zu erkennen, dass in der Symbol-Ebene zum größten Anteil die kooperativ-helfende Form gewählt wird. In der Auswertung der Videosequenzen ist zu sehen, dass die

Teilnehmenden in diesen Phasen nicht die Aufgabenstellungen untereinander aufteilen, sondern dass die Erarbeitung von einem Lernenden erklärt wird.

In dieser Arbeitsphase wird auch angenommen, dass die Ausgangslage der Lerngruppe ein möglicher Grund für einen erhöhten Unterstützungsbedarf durch einen vermeintlich leistungsstärkeren Teilnehmenden einer Gruppe darstellt.

Diese Annahme wird zusätzlich unterstützt, wenn die absolute Verteilung der kooperativ-helfenden Arbeitsweise betrachtet wird. Es ist auffällig, dass die Hilfe zu einem überwiegenden Anteil immer von der gleichen Person einer Gruppe ausgeht.

Zudem ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden der 6. Partnergruppe die Hauptursache für den Anteil des nebeneinanderher Arbeitens darstellen. Es wird analog zur Vermutung zur Vorstellungs-Ebene abgeleitet, dass die Lernenden keinen gemeinsamen Anknüpfungspunkt zur Aufgabenstellung finden können und die Lernaufgaben daher getrennt bearbeitet werden.

In der Auswertung der relativen Verteilung der Arbeitsweisen ist zu erkennen, dass in allen drei Ebenen gemeinschaftliche Arbeitsweisen einen überwiegenden Anteil der Vorgehensweise ausmachen. Es wurde daraus bereits abgeleitet, dass die Lernumgebung diese gemeinschaftliche Arbeit unterstützt und zulässt. Im Bereich der Beobachtungs-Ebene sind insbesondere die Experimentdurchführungen als Hauptbestandteil für kollaborierende Arbeitsweisen zu benennen. Die Interaktion zwischen der Lernumgebung und dem Aufbau und der Durchführung eines Experimentes zwingt die Teilnehmenden indirekt zu einer kollaborierenden Arbeitsweise. Es ist in der Regel zu sehen, dass ein Teilnehmender die Vorgehensweise aus der Lernumgebung beschreibt und der andere Teilnehmende diese in den Experimentaufbau umsetzt.

In der Auswertung der weiteren Ebenen lässt sich auch erkennen, in welcher Weise die Lernumgebung zur gemeinschaftlichen Arbeitsweise genutzt wird. Dies soll anhand von zwei Beispielen exemplarisch verdeutlicht werden.

Die Teilnehmenden der Partnergruppe bearbeiten in dem folgenden Transkript die Aufgabenstellung 1a und b des ersten Knotenpunktes der Symbol-Ebene. Sie sollen die Wortgleichungen zu den Teilreaktionen im Daniell-Element notieren.

Video 10.4	[0:00:00]	
	#0:02:49#	
	1	**S10.2:** (Liest Aufgabenstellung inklusive Wortgeländer vor). (4) Also ein Zinkatom gibt zwei Elektronen ab (..) und das wird (.) ein Zinkion.
	2	**S10.1:** Andersrum (..), oder?
	3	**S10.2:** Nein. Ein Atom gibt/
	4	**S10.1:** Na, aber das war/ war das nicht?
	5	**S10.2:** Nein, ein Ion gibt ab. Ein Ion gibt ab.
	6	**S10.1:** Da war das doch so, das Zinkion hat doch äh/
	7	**S10.2:** Ion/
	8	**S10.1:** Ne, das Atom.
	9	**S10.2:** Nein.
	10	**S10.1:** Nein. Hä, bin ich grad dumm? Warte.
	11	**S10.2:** Ein Atom hat acht/
	12	**S10.1:** Wir gucken nochmal nach. Ich guck nochmal nach. Ich würd' das Video nochmal/ (schaut sich kurz Video 2 VE1 an)
	13	**S10.2:** Hallo. Ein Zinkion/ Schreib hin. Ein Zinkion/ Oh, nein warte mal (..) Ein Zinkion gibt (.) zwei Elektronen ab.
	14	**S10.1:** Ja, doch. Du hast recht. (kurze Pause)
	15	**S10.2:** Warte mal. Ein Zinkion gibt zwei Elektronen am (..) Ähm ne, warte mal. Ein Zinkion gibt zwei Elektronen (.) zum Zinkatom ab. Ne, warte mal. Das ist kein deutsch (...)
	16	**S10.1:** Gibt zwei Elektronen ab (..) und wird (14) Nein ein/ da ist das glaub' ich Zinkatom wird zum Zinkion, weil bei Kupfer war das genau andersrum.
	17	**S10.2:** Nein (.), weil guck mal. Ion/
	18	**S10.1:** Nein. Das is' ja eigentlich/ Ion ist ja schon fertig (..)
	19	**S10.2:** Ja (..)
	20	**S10.1:** Ist das nich' da genau andersrum? Ich bin mir/ Ich mein bei Kupfer/
	21	**S10.2:** Es kommt drauf/ (.)
	22	**S10.1:** Ich glaub da ist das so (.) Atom, Ion (zeigt auf Aufgabe 1a SE1). Und da ist das so (zeigt auf Aufgabe 1b SE1). Bei Kupfer war das doch so. Der Kupfer hat/ äh war schon ein Ion. Dann lass das mal ändern. Ich/ ich glaub ich bin da richtig. (10.4, Pos. 16-24)

Tabelle 115 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 10, Symbol-Ebene (1.Differenzierungsstufe)

Auswertung der Forschungsfragen

Das Beispiel zeigt auf, dass die Teilnehmenden der Gruppe eine gleichberechtigte Diskussion über die Wortgleichung der Oxidation eines Zink-Atoms zum Zink-Ion führen. Schüler*in 10.2 gibt zunächst die richtige Antwort. Schüler*in 10.1 ist einer anderen Meinung und beide Lernenden tauschen sich aus. Zur Auflösung der unterschiedlichen Ansichten wird dann die Animation der Lernumgebung hinzugezogen. Dies gibt zum einen ein Hinweis zur Nutzung der Knotenpunkte untereinander, verdeutlicht aber zum anderen, dass die Teilnehmenden die Lernumgebung zur Auflösung von verschiedenen Vorstellungen und als Argumentationsgrundlage nutzen.

Die Teilnehmenden bearbeiten in diesem Transkript die Aufgabenstellung 2 des dritten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene. Sie sollen Aussagen bewerten, ob diese wahr oder falsch sind. Es wird folgende Aussage betrachtet: Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme.		
Video 5.9	[0:00:00]	
	#0:10:04 #	
	1	S5.1: Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme. Wahr oder Falsch?
	2	S5.2: Nein, das ist falsch.
	3	S5.1: wie kommst du dadrauf?
	4	S5.2: Das hatten wir, dass das eine- das ist ne Reduktion oder nicht? Oxidation ist doch das mit (S5.1 zoomt in Ebene SE1)
	5	S5.1: Hier steht's nochmal (S5.1 zeigt auf die Wortreaktionsgleichung, in dem der Fachbegriff Oxidation zugeordnet wurde)
	6	S5.2: Also wahr.
	7	S5.1: Hä warte. Ja. (S5.1 zoomt zurück in Ebene VE3)
	8	S5.2: Also hab ich richtig gesagt.
	9	S5.1: Falsch. (S5.1 zoomt in Ebene SE1) Wenn ein Kupfer-Ion zwei Elektronen aufnimmt und dann zu einem Kupfer-Atom wird, nennt man das Oxidation?
	10	S5.2: Nein. / S5.1: Warum?
	11	S5.2: Weil das ne Reduktion ist.

Tabelle 116 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (3.Differenzierungsstufe)

Das Transkript beschreibt die Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung des dritten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene. Die beiden Lernenden diskutieren, ob der Fachbegriff ‚Oxidation' für die Elektronen-Aufnahme steht. Sie nutzen zur Bewertung der Aussage den ersten Knotenpunkt der Symbol-Ebene als Hilfsmittel. Auch nach einer weiteren unklaren Beurteilung wird erneut der Knotenpunkt der Symbol-Ebene geöffnet und zur Argumentation genutzt. Es zeigt sich auch in diesem Beispiel, dass die Teilnehmenden die Lernumgebung zur Auflösung ihrer inhaltlichen Diskussion nutzen. Insbesondere hier zeigt sich, dass die durchgeführte Partnerarbeit zum Vorteil für beide Lernenden ist. Beide führen

eine fachsprachliche Kommunikation durch und lernen dadurch die semantische Verwendung der Fachbegriffe. Die Lernumgebung wird als Unterstützungsprozess für diese Arbeitsweise genutzt.

Die Auswertung stellt dar, dass die Lernumgebung zu einem überwiegenden Teil in gemeinschaftlichen Arbeitsformen durchgeführt wird. Die Lernumgebung wird in den gemeinschaftlichen Arbeitsweisen zudem als Werkzeug genutzt. Dies zeigt sich in der Nutzung einzelner Bestandteile als Erklärungshilfe oder als Aufklärung bei unterschiedlichen Ansichten. Die aufgeführten Transkripte deuten ebenfalls beispielhaft an, dass die Lernumgebung durch die Partnergruppen eigenständig und insgesamt gemeinschaftlich erarbeitet werden kann. In welchen Phasen die Partnergruppen nicht eigenständig weiterarbeiten können, weil sie keine passende Unterstützung ihres Lernprozesses in der Lernumgebung finden, wird in der folgenden Subfragestellung ausgewertet.

4.3.4. Subfrage 3.4: Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabestellungen eigenständig bearbeiten?

Die Schülerinnen und Schüler haben die Lernumgebung auf Tablets zur Verfügung gestellt bekommen. Die Teilnehmenden führten die Lernaufgaben eigenständig durch und erhielten während der Arbeitsphase keine initiativen Informationen von außen.

In der Sichtung des Videomaterials wird erkannt, dass der Arbeitsprozess der Lernenden teilweise durch inhaltliche oder technische Stolpersteine unterbrochen wurde. Als Stolperstein wird in dieser Betrachtung eine Unterbrechung des beabsichtigten Arbeitsprozesses durch eine inhaltliche Fragestellung oder technische Störung bezeichnet.

Die codierten Bereiche werden im folgenden Schritt explorativ betrachtet. Dazu werden die Unterbrechungen in Bezug auf die Aufgabenstellungen kategorisiert und der Lösungsschritt zur Aufhebung der Unterbrechung nach folgenden Angaben eingeordnet:

(1) Die Partnergruppe findet eigenständig eine Lösung.
(2) Es wird von außen auf mögliche Hilfestellung in der Lernumgebung verwiesen. Der Hinweis führt zur eigenständigen Weiterarbeit der Partnergruppe.
(3) Es wird eine Hilfestellung von außen gegeben. Die Hilfestellung beinhaltet keinen direkten Lösungsweg, sondern erinnert an Vorkenntnisse der Teilnehmenden. Die Hilfestellung führt zur eigenständigen Weiterarbeit der Partnergruppe.
(4) Die Lösung wird von außen gegeben.

Zwei Codierende bewerten die Sequenzen getrennt voneinander, nach welcher Initiative der Arbeitsprozess fortgesetzt werden kann.

Die Codierung richtet sich nach dem folgenden Kodierleitfaden.

<table>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>Benennung</td><td>Beispiel</td></tr>
<tr><td>Selbstständige Problemlösung
Definition:
Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen lösen das Problem selbstständig.</td><td>Ankerbeispiel:

Video 9.4 – Min. 2.54-3.41</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen bewegen sich in der Lernumgebung und suchen nach Hilfestellungen
- Schüler*innen äußern Fragen zum weiteren Vorgehen
- Häufig intensivere Kooperation</td><td>Beispiele:
- Schüler*innen bitten Lehrperson um Hilfe und geben selbst die Lösung des Problems</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>Hinweis von außen auf Hilfen der Lernumgebung</td><td>Ankerbeispiel:

Video 5.1 – Min. 9.29-9.37</td></tr>
<tr><td colspan="2">Definition:
Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen werden von außen auf Hilfestellungen in der Lernumgebung hingewiesen.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe
- Kurze Antworten der Lehrpersonen mit Verweis auf Hilfen in der Lernumgebung
- Lehrpersonen sind meist bei der eigentlichen Lösung des Problems nicht mehr anwesend
- Schüler*innen zoomen nach der dem Hinweis der Lehrperson auf Hilfestellungen</td><td>Beispiele:
- Die Betreuenden weisen die Schüler*innen auf die Abbildungen zum Versuchsaufbau hin.
- Die Betreuenden verweisen auf andere Abschnitte der Lernumgebung, in denen sich die Lösung für den Stolperstein versteckt.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3</td><td>Lösung wird von außen gegeben</td><td>Ankerbeispiel

Video 9.7 – Min. 7.45-7.45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Definition: Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen bekommen von außen die Problemlösung.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe
- Lehrperson gibt die Lösung des Problems vor
- Häufig kurze Antwort der Lehrperson ohne weitere Verständnisfragen</td><td>Beispiele:
- Die Schüler*innen erfragen Lösungswörter der Suchsel-Aufgabe.
- Die Schüler*innen erfragen eine Bestätigung der Definitionen von Oxidation/Reduktion.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td>Hilfestellung wird von außen gegeben</td><td>Ankerbeispiel:

Video 13.7 – Min. 1.39-5.53</td></tr>
<tr><td colspan="2">Definition: Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen bekommen von außen eine Hilfestellung zur Lösung des Problems.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe
- Lehrperson gibt eine Hilfestellung für die Lösung des Problems
- Lehrperson nimmt eine erklärende Rolle ein und stellt Verständnisfragen
- Häufig ein Dialog zwischen Schüler*innen und Lehrperson</td><td>Beispiele:
- Die Betreuenden lenken die Schüler*innen im Gespräch in die richtige Richtung, ohne die Lösung zu nennen.
- Die Betreuenden zeigen ihnen, dass sie sich die Lösung vorab schon arbeitetet hatten.</td></tr>
</table>

Tabelle 117 Kodierleitfaden Subfrage 3.4 - Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Lernaufgaben eigenständig erarbeiten?

4.3.4.1. Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

optionaler Baustein	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4	Gruppe 5	Gruppe 6	Gruppe 7	Gruppe 8	Gruppe 9	Gruppe 10	Gruppe 11	Gruppe 12
Die Partnergruppe findet eigenständig eine Lösung.		2		1				1	1			
Es wird von außen auf Hilfestellungen in der Lernumgebung hingewiesen.	1	3	2	1	2	2			1	2		
Es wird von außen die Lösung gegeben.		3	3	1	2	7	5	1	6	3	3	1
Es wird von außen eine Hilfestellung gegeben.		3	4	2	2	4		2	5			

Tabelle 118 absolute Verteilung - Stolpersteinsituationen in den Arbeitsphasen

Es werden insgesamt fünf Sequenzen codiert, in denen die Teilnehmenden die Arbeit innerhalb der Lernaufgaben unterbrechen, da eine hinderliche Situation für sie vorliegt. Es ist zu erkennen, dass vier dieser Sequenzen in Experimentierphasen beobachtet werden. Die Teilnehmenden haben entweder Probleme im Anschluss der Elektroden oder des Verbrauchers an eine Galvanische Zelle. Es ist in allen Gruppen zu sehen, dass sie die Situation zunächst durch Ausprobieren lösen möchten. In zwei Situationen zoomt ein Teilnehmender in eine Hilfestellung hinein und die Situation kann für die Gruppe aufgelöst werden. Die anderen beiden Gruppen erlangen durch das Ausprobieren die Lösung.

Die fünfte Sequenz wird beim Einbinden einer Audio-Datei in die Lernumgebung markiert. Es zeigt sich auch in dieser Sequenz, dass die Teilnehmenden die Situation durch Ausprobieren der Werkzeuge lösen können.

Es werden insgesamt 14 Sequenzen codiert, in denen die Teilnehmenden von außen einen Hinweis zur Lösung innerhalb der Lernumgebung erhalten haben. In der Betrachtung der Sequenzen können insgesamt drei Ursachen bestimmt werden.

(1) In vier Sequenzen ist zu erkennen, dass den Teilnehmenden in der Bearbeitung der Aufgabenstellung 2 des dritten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene, der Begriff der Galvanischen Zelle nicht bekannt ist. Sie erhalten einen Hinweis auf den zweiten Knotenpunkt der Beobachtungs-Ebene.
(2) In acht Sequenzen ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden Schwierigkeiten in der Experimentdurchführung haben. Diese belaufen sich entweder auf das Einfüllen der Elektrolytlösung in das U-Rohr oder den Anschluss eines elektrischen Verbrauchers. Die Teilnehmenden werden jeweils auf die Hilfestellungen hingewiesen.
(3) In zwei Sequenzen wird eine Frage zur Formulierung der Wortgleichung auf der Symbol-Ebene gestellt. Es wird jeweils auf die Vorstellungs-Ebene verwiesen.

Diese Teilauswertung zeigt, dass die gegebenen Hinweise für die Teilnehmenden hilfreich waren, da dadurch ihre Stolpersituation aufgelöst werden konnte. Es gibt zudem einen Hinweis darauf, dass die Hilfestellungen in der Lernumgebung unterstützend sind. Diese sollten gegebenenfalls größer dargestellt werden. In einer Handreichung für Lehrkräfte wird der Hinweis auf die Hilfestellungen aufgenommen, so dass die Lernenden auf diese verwiesen werden können.

Es werden 35 Sequenzen codiert, in denen die Teilnehmenden von außen die Lösung für ihre Stolpersituation genannt bekommen. Diese können induktiv in acht Kategorien eingeteilt werden.

(1) In neun Sequenzen wird beobachtet, dass die Teilnehmenden in der Durchführung des zweiten Experimentes nicht wissen, wie sie die vorhandenen Elektrolyt-Lösungen aus dem U-Rohr bekommen können. Der Gruppe wird durch die Lehrkraft oder eine wissenschaftliche Begleitperson geholfen.
(2) In sechs Sequenzen wird beobachtet, dass die Teilnehmenden sich die Lösung einer Aufgabenstellung durch einen Mitschüler bzw. eine Mitschülerin geben lassen. Es ist auffällig, dass dies ausschließlich in der Symbol-Ebene zu beobachten ist.
(3) In fünf Sequenzen werden die Fachbegriffe zum Suchsel im ersten Knotenpunkt der Vorstellungs-Ebene zwischen Gruppen getauscht. Es wird in dieser Situation nicht direkt gezeigt, wo die Wörter im Suchsel zu finden sind, sondern welche Wörter zu suchen sind.
(4) In drei Sequenzen ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden in der ersten Experimentdurchführung die Fachbegriffe nicht den elektrischen Verbrauchern zuordnen können. Die Hilfestellungen werden nicht beachtet, die Lehrkraft wird gefragt. Die Lehrkraft gibt die Antwort.
(5) In drei Sequenzen ist zu beobachten, dass die Teilnehmenden nicht wissen, wie das Voltmeter an die Galvanische Zelle angeschlossen werden muss. Die Hilfestellung wird nicht beachtet. Die Lehrkraft wird um Lösung gebeten. Die Lehrkraft gibt die Lösung vor.
(6) In drei Sequenzen wird beobachtet, dass eine inhaltliche Frage an die Lehrkraft gestellt wird und die Lehrkraft die Antwort gibt. Es ist zu erkennen, dass diese Fragen ausschließlich in der Symbol-Ebene gestellt wurden.
(7) In drei Sequenzen werden technische Fragen gestellt. Diese beziehen sich auf das Drehen eines Videos, das Einbinden einer Audio-Datei in die Lernumgebung und die Zoom-Funktion.
(8) In drei Sequenzen ist zu erkennen, dass die Teilnehmenden in der Bearbeitung des ersten Knotenpunktes fragen, wo sie ihre Angaben notieren sollen.

Aus der Auswertung können verschiedene Ableitungen entnommen werden, welche zu einer Weiterentwicklung der Lernumgebung genutzt werden können.

Auswertung der Forschungsfragen

In die Lernumgebung wird eine Hilfestellung eingearbeitet, welche die Teilnehmenden bei der Entleerung des U-Rohres und damit im Tausch von Elektrolyt-Lösungen unterstützt. Dies wird in einer Bilderfolge oder in Form eines kurzen Videos umgesetzt.

Es zeigt sich, dass die Teilnehmenden in der Symbol-Ebene Lösungen von ihren Mitschülerinnen und Mitschülern einfordern. Inwieweit diese fachlich richtig sind, wird an dieser Stelle nicht bewertet. Dies lässt sich durch die Ausgangslage der Lerngruppe begründen. Die Lehrkraft beschreibt, dass die Lernenden im überwiegenden Anteil nicht dazu in der Lage sind, eine Reaktionsgleichung zu formulieren. Es wird abgeleitet, dass im zweiten Knotenpunkt der Symbol-Ebene die Reaktionsgleichungen zu einem weiteren Anteil vorgegeben werden sollten und die Teilnehmenden dadurch einen Lückentext lösen müssen. Alternativ wird diese Struktur als Hilfestellung angeboten, die bei Bedarf genutzt werden kann.

Das fehlende Verständnis über die elektrischen Verbraucher und das Anschließen des Voltmeters ist durch die Ausgangslage zu begründen. Es ist jedoch zu erkennen, dass die vorhandenen Hilfestellungen nicht genutzt werden. Dadurch wird abgeleitet, dass die Hilfestellungen künftig größer dargestellt werden. Zudem werden die Lehrkräfte in einer Handreichung auf die Hilfestellungen hingewiesen, so dass sie die Lernenden in den betreffenden Situationen darauf verweisen können.

In drei Sequenzen ist zu beobachten, dass die Lehrkraft direkt eine Lösung vorgibt. Es fällt auf, dass dies jeweils in der Symbol-Ebene zu beobachten ist. Dies wird durch die Ausgangslage der Lernenden begründet.

Die Nachfragen zur Einbindung von Video-, Audio- und Textdateien treten ausschließlich vereinzelt auf. Es sind Bedienhinweise in der Lernumgebung vorhanden, welche durch die Handreichung für Lehrkräfte nochmals betont werden. Eine Änderung in der Darstellung ist durch die geringe Anzahl der Sequenzen nicht abzuleiten.

Es werden insgesamt 22 Situationen codiert, in denen die Gruppen von außen Hilfestellungen genannt bekommen. Diese Situationen können induktiv in vier Kategorien eingeteilt werden.

(1) Es wird in zehn Sequenzen beobachtet, dass die Lernenden in ihrer Annahme der Antwort unsicher sind. Sie suchen die Bestätigung der Antwort. Es wird beobachtet, dass in sechs Fällen die begleitende Lehrkraft um Bestätigung oder Korrektur gebeten wird. In vier Sequenzen werden andere Lerngruppen befragt. Es ist kein Muster in den Aufgabenstellungen zu erkennen, zu denen die Bestätigung eingefordert wird.
(2) Es ist in sechs Sequenzen zu beobachten, dass sich die Teilnehmenden zur Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Beobachtungs-Ebene in einer Stolpersituation befinden. In dieser Aufgabenstellung soll eine LED an das Daniell-Element angeschlossen und die Beobachtung notiert werden. Die Teilnehmenden beobachten, dass die LED nicht leuchtet und bewerten dies als einen technischen Defekt. Es

wird jeweils von außen angemerkt, dass auch das Nicht-Leuchten eine Beobachtung darstellt.

(3) In einer Gruppe zeigt sich, dass die Einstellung im Voltmeter in der Experimentdurchführung zum Daniell-Element falsch ist. Die Teilnehmenden haben die Messung für eine Wechselspannung eingestellt und erhalten aus diesem Grund keinen Wert. Dies hinterfragen sie bei ihrer Lehrkraft. Die Lehrkraft gibt die Lösung vor.
Es wird beobachtet, dass die gleiche Gruppe auch bei der Spannungsmessung zur Magnesium-Kupfer-Zelle das Voltmeter erneut zunächst auf die Wechselspannung eingestellt haben. Es wird wieder die Lehrkraft um Hilfe gebeten, die erneut die Lösung von außen gibt.

(4) In vier Sequenzen ist zu beobachten, dass den Teilnehmenden entweder im zweiten oder dritten Knotenpunkt der Symbol-Ebene die Elementsymbole unbekannt sind. Sie nutzen zunächst das bereitgestellte Periodensystem. In diesem sind keine Namen der Strukturteilchen angegeben, sondern ausschließlich die zu verwendenden Elementsymbole umrandet. Die Lehrkraft wird um Hilfe gebeten und gibt jeweils die Lösung vor.

Die Auswertung zeigt, dass die Gruppen vereinzelt Bestätigung bzw. eine Kontrolle ihrer Angaben einfordern. Daraus wird abgeleitet, dass Lehrkräfte auf diesen Umstand hingewiesen werden sollten. Der Einsatz im Unterricht würde durch die zeitlichen Strukturen in der Schule bereits eine Einteilung fordern. Es wird empfohlen, diese Einteilungen auch als Zwischenschritte zu nutzen, um eine gruppenübergreifende Sicherungsphase durchzuführen. Der Hinweis wird zusätzlich mit in die Handreichung für Lehrkräfte aufgenommen.

Aus dieser Auswertung können zudem vereinzelte Weiterentwicklungen für die Lernumgebung abgeleitet werden. Es wird als Hilfestellung zum Anschluss eines elektrischen Verbrauchers ein Wortfeld vorgeschlagen. Das Wortfeld wird ebenfalls beinhalten, dass der Verbraucher keine Aktion zeigen kann. Dadurch sollen die Teilnehmenden bemerken, dass auch keine sichtbare Aktion des elektrischen Verbrauchers eine Beobachtung darstellt. Des Weiteren wird das eingesetzte Periodensystem um die Namen der Strukturteilchen ergänzt.

Es sind insgesamt 76 Stolpersituationen in der gesamten Lerngruppe codiert worden. Dies gibt ein Indiz dazu, dass die Lernumgebung zu einem überwiegenden Anteil eigenständig durch die Lernenden bearbeitet werden kann.

Die Auswertungen der Teilschritte lassen einzelne Weiterentwicklungen der Lernumgebung ableiten, welche oben beschrieben sind. Gleichzeitig ist zu erkennen, dass die Hilfestellungen der Lernumgebungen nicht direkt wahrgenommen werden. Dies lies bereits die Auswertung der optionalen Bestandteile in Subfragestellung 3.2 vermuten. In einer Weiterentwicklung werden die Hilfestellungen größer dargestellt. Außerdem sollen die Lernenden zuvor strukturelle Hinweise zum Aufbau der Lernumgebung erhalten. Zudem wird aus den Erkenntnissen der Erprobung eine Handreichung für Lehrkräfte abgeleitet. Auch

in dieser werden die Hilfestellungen betont, damit die Lehrkraft in der Unterrichtssituation auf diese verweisen kann.

Es ist erkennbar, dass die Teilnehmenden in einzelnen Phasen eine Bestätigung ihrer Angaben wünschen oder einfordern. Für den Einsatz der Lernumgebung im Schulunterricht wird daher empfohlen, die Lernumgebung in Sequenzen zu bearbeiten und nach den Sequenzen Besprechungsphasen einzubauen.

4.4. Re-Framing

Die Auswertungen und Diskussionen haben die formulierten Forschungsfragen sehr differenziert beantwortet. Im Design-Based-Research-Ansatz wird als letzte Phase eine Re-Framing-Phase angegeben. In dieser Phase wird in einer zusammenfassenden Reflexion die durchgeführte Intervention in Beziehung zur Ausgangsproblematik gesetzt.

Im Folgenden wird kurz die Ausgangsproblematik wiederholt dargestellt und die Umsetzungen und Erkenntnisse aus dem Forschungsprozess auf diese bezogen. Dies wird insbesondere durch die Beantwortung von zwei Leitfragen erfolgen.

(1) What works?

(2) How does it work?

Durch diese Leitfragen soll beantwortet werden, welche Inhalte der Intervention erfolgreich waren und wie der Erfolg zu erkennen ist. Aus dieser Betrachtung kann weitere Forschung angesetzt oder bestehende Theorien weiterentwickelt werden.

Die Ausgangssituation ist durch die Differenzierung von chemischem Wissen in drei Ebenen nach Johnstone begründet.

> *I believe that it [chemistry knowledge] exists in three forms which can be thought of as corners of a triangle. No one form is superior to another, but each one complements the other. These forms of the subject are (a) the macro and tangible: what can be seen, touched and smelt; (b) the submicro: atoms, molecules, ions and structures; and (c) the representational: symbols, formulae, equations, molarity, mathematical manipulation and graphs* (Johnstone A. , 2000, S.11).

Von dieser Theorie ausgehend, beschrieb Johnstone (2000) weiter:

> *First of all, the simultaneous introduction of all three aspects is a sure recipe for overloading working space. Experienced chemists can manipulate all three, but this is not so for the learner. […] Secondly, when the learner tries to store this triple layer sandwich of information, it is unlikely that he is going to find useful or usable points of attachment in Long Term Memory and so there is an attempt to 'bend' or 'manipulate' the information into a more tangible form and yet another alternative framework is born!* (Johnstone, 2000, S. 11).

Diese Zitate bilden die Grundlage dieses Projektes. Chemisches Wissen kann in drei Ebenen dargestellt werden: in der makroskopischen, der submikroskopischen und der Symbol-Ebene.

Im Rahmen der Arbeit werden diese Ebenen sehr differenziert betrachtet und nicht ausgeschlossen, dass detaillierte Einteilungen der Ebenen nach weiteren Kriterien möglich sind. Es wird allerdings festgestellt, dass die drei benannten Ebenen einen Konsens in der chemiedidaktischen Forschung besitzen.

Re-Framing

Johnstone (2000) beschreibt die Gefahr eines *cognitive overload* oder die Bildung von fachlich nicht-anerkannten Vorstellungen bei Lernenden, wenn alle drei Ebenen gleichzeitig angeboten werden.

Auf dieser Basis werden konstruktivistische Lerntheorien differenziert dargestellt und daraus Gestaltungskriterien für Lernmaterial abgeleitet.

In der Diskussion über die Differenzierung der Ebenen wird deutlich, dass diese nur durch die Kommunikation mit den Lernenden differenziert werden können. Barke et al. (2018) beschreiben die Notwendigkeit einer sehr differenzierten Unterrichtssprache durch die Lehrenden, um die Differenzierung der Ebenen zu ermöglichen.

Diese Anforderung nimmt an, dass die Ebenen insbesondere in den Repräsentationen von Kommunikationswegen unterschieden werden müssen. Zudem muss die Kommunikation sehr bewusst und sensibel aufgebaut sein, um eine Differenzierung der Ebenen umzusetzen. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Projektarbeit Grundlagen des sprachsensiblen Fachunterrichts betrachtet, um davon ausgehend Methoden für die Gestaltung von fachsprachsensiblen Lernmaterialien ableiten zu können.

Auf Basis dieser Literaturrecherche wird der Forschungsprozess aufgebaut.

4.4.1. What works and how does it work?

Im ersten Schritt soll erfahren werden, in welcher Weise Schülerinnen und Schüler nach ihrer schulischen Ausbildung die Differenzierung der Ebenen kennen und anwenden können. Dazu wurde eine Befragung von Erstsemesterstudierenden durchgeführt. In der Auswertung der Angaben zu dem Lösevorgang von Zinkiodid in Wasser, der Elektrolyse einer Zinkiodid-Lösung und der durchgeführten Leitfadeninterviews wird festgestellt, dass den Studierenden die Ebenen nicht bekannt sind. Vielmehr ist zu beobachten, dass sie die Ebenen in ihren Angaben vermischen. Es sind nur vereinzelte Angaben vorhanden, die vollständig fachlich-anerkannte Konzepte darstellen. Insbesondere die Vermischung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene lassen in den Strukturmodellzeichnungen zum Lösevorgang oder zum Elektrolyseprozess verschiedene alternative Konzepte bei den Studierenden befürchten. Es sind alternative Vorstellungen im Bereich der Vermischung von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen sowie alternative Vorstellungen über den *horror vacui* zu erkennen.

Die Darstellungen der Studierenden geben ein Indiz, dass Johnstones Befürchtung über die Bildung alternativer Vorstellungen bei der gleichzeitigen Verwendung mehrerer Ebenen zutreffend ist. Die Angaben der Studierenden lassen sich zudem in einzelnen Schulbüchern wiederfinden. Auch in diesen werden Ebenen vermischt. Durch diese Vermischung werden die alternativen Vorstellungen initiiert.

Das Projekt chem:LEVEL wird daraus abgeleitet. Das Johnstone-Dreieck soll für Schülerinnen und Schüler transparent dargestellt werden. Die Ebenen sollen offensiv in den

Lernphasen eingesetzt werden, so dass die Schülerinnen und Schüler einen bewussten Umgang mit den spezifischen Vorgängen einer Ebene erlernen.

Die Ebenen werden für Lernende angemessen umbenannt. Es wird das chemische Dreieck für den Einsatz im Chemieunterricht entwickelt.

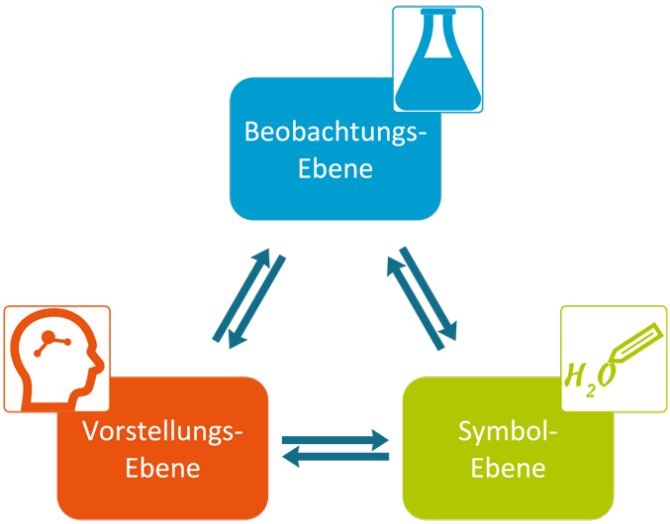


Abbildung 84 Das Johnstone-Dreieck für den Einsatz im Chemie Unterricht

Die Differenzierung durch verschiedene, einfache und eindeutige Begriffe, als auch die Unterstützung durch Icons und zugewiesene Farbcodes, sollen die Ebenen für Schülerinnen und Schüler leicht verständlich darstellen.

Nach der Durchführung einer Erprobung kann festgestellt werden, dass alle Teilnehmenden die Ebenen benennen können. Zudem können sie die Ebenen auch durch eigene Worte angemessen beschreiben. Drei Angaben sollen exemplarisch wiederholt werden, um die Auswertung zu verdeutlichen.

(1) Beobachtungs-Ebene

„Dort wird erklärt, was man bei dem Experiment erkennen/beobachten konnte." (Schüler*in 12.1, Post-Test Aufgabe 9, S.3)

(2) Vorstellungs-Ebene

„In der Vorstellungsebene ist alles was mit Atomen zutun hat dabei, also was wir nicht sehen." (Schüler*in 9.1, Post-Test Aufgabe 10, S. 3)

(3) Symbol-Ebene

„Es sind Abkürzungen die beschreiben was passiert/was man sieht" (Schüler*in 9.2, Post-Test Aufgabe 11, S. 3)

Die Angaben der Schülerinnen und Schüler sind sehr differenziert, beschreiben allerdings die Ebenen in unterschiedlichen Niveaustufen. Daraus wird abgeleitet, dass die Ebenen für

die Lernenden leicht zugänglich sind. Auch die Namensgebung ist verständlich und nachhaltig. Dies zeigt sich nicht nur darin, dass alle Teilnehmenden im Post-Test die Ebenen benennen können, sondern auch in den Angaben des follow-up-Tests acht Wochen nach der Erprobung. Im follow-up-Test konnten 18 Teilnehmende mindestens eine Ebene benennen. Sechs Teilnehmende konnten alle drei Ebenen aufzählen.

Die Teilnehmenden konnten zudem im Post-Test zu einem überwiegend hohen Anteil Aussagesätze den Ebenen zuordnen. Dies lässt annehmen, dass die Kommunikationsbereiche für die Lernenden leicht nachvollziehbar sind.

Auf Basis des entwickelten Johnstone-Dreiecks soll Lernmaterial für den Chemieunterricht entwickelt werden. In einer kleinen Befragung von Chemielehrkräften lässt sich ableiten, dass auch die Ebenen in verschiedene Anforderungsbereiche differenziert werden müssen.

Aus der Recherche zu Lernstrukturgittern und der Aussage von Johnstone (2000), dass alle Ebenen gleichwertig sind und sich gegenseitig vervollständigen, wird eine Differenzierungsmatrix entwickelt. Die Differenzierungsmatrix unterscheidet die drei Ebenen als grundsätzliche, inhaltliche Differenzierung und ordnet den Ebenen Lernziele auf Basis der Anforderungsbereiche der Bildungsstandards zu.

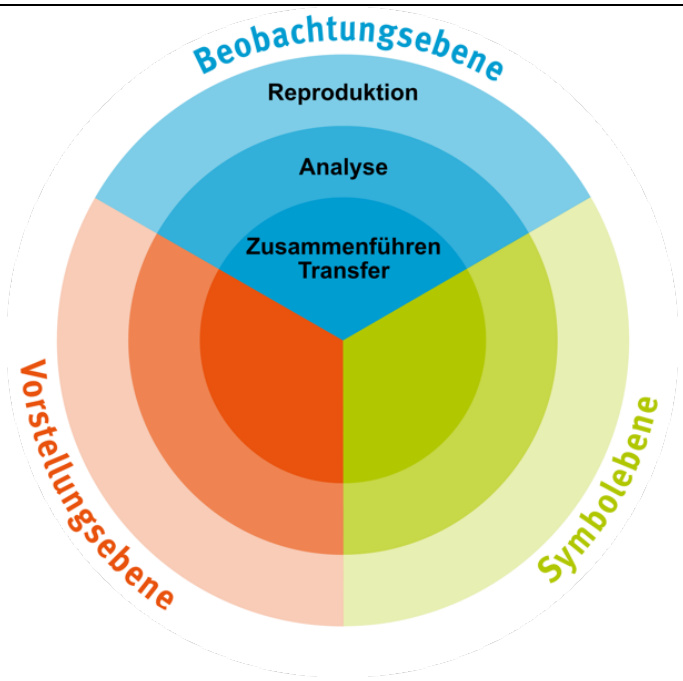


Abbildung 85 entwickelte Differenzierungsmatrix für das Johnstone-Dreieck im Chemieunterricht

Auf Basis dieser Differenzierungsmatrix wird eine digitale Lernumgebung entwickelt, die die beschriebenen Anforderungen einhalten soll:

(1) Die Lernumgebung differenziert die Ebenen nach Johnstone für die Schülerinnen und Schüler transparent. Es wird insbesondere auf Ebenen-spezifische Darstellungen und Formulierungen geachtet und Ebenen-Vermischungen vermieden.

(2) Die Lernumgebung bietet eine Differenzierung im Anforderungsniveau an.

(3) Die Lernumgebung nutzt sprachsensible Methoden, um insbesondere die fachsprachliche Differenzierung der Ebenen zu ermöglichen.

(4) Die Lernumgebung beachtet die literaturbasierten Gestaltungskriterien für Lernmaterialien.

(5) Die Lernumgebung bietet Zugang für möglichst viele Schülerinnen und Schüler.

Die Lernumgebung wurde durch eine Erprobung getestet und anhand dessen Erkenntnisse weiterentwickelt. Eine folgende Erprobung wird genutzt, um die formulierten Forschungsfragen zu beantworten.

1. Inwiefern werden die inhaltlichen/fachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
   1.1. Inwiefern werden die Aufgaben der Lernumgebung fachlich richtig bearbeitet?
   1.2. Inwiefern lässt sich ein fachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?
2. In welcher Weise werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
   2.1. Inwieweit werden die Aufgabenstellungen von den Schülerinnen und Schülern fachsprachlich richtig bearbeitet?
   2.2. Inwiefern lässt sich ein fachsprachlicher Lernzuwachs durch ein Pre-Post-Design belegen?
   2.3. Inwieweit verwenden die Schülerinnen und Schüler in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich korrekte Formulierungen?
3. In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt?
   3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte?
   3.2 Welche Zeit verwenden die Schülerinnen und Schüler auf die optionalen Elemente (Hilfebausteine, Animationen, Informationstexte, Textbausteine)?
   3.3 In welcher Weise werden Ergebnisse innerhalb einer Lerngruppe erarbeitet?
   3.4 Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Aufgabestellungen eigenständig bearbeiten?

Die erhobenen Daten werden differenziert ausgewertet und die Forschungsfragen dadurch beantwortet. Im Folgenden sollen die zentralen Erkenntnisse und Annahmen der Auswertung dargestellt werden. Dies folgt nicht der Ordnung der Forschungsfragen, sondern soll zusammenfassend darstellen, welche Erfolge in der Intervention erkannt werden und wie diese erklärt werden können.

Re-Framing

Die Lernausgangslage der Schülerinnen und Schüler wird durch die Befragung der Lehrkraft durchgeführt. Diese beschreibt das Leistungsniveau der Lerngruppe als mittel- bis unterdurchschnittlich. Viele Lernende benötigen im Chemieunterricht regelmäßige Unterstützungen, auch aufgrund von mangelnden Sprachfähigkeiten.

Die Angaben der Teilnehmenden im Pre-Test unterstützen diese Aussagen. Viele Angaben sind fachlich falsch, werden nicht geäußert oder fachsprachlich nicht angemessen dargestellt.

Die Betrachtung der submikroskopischen Ebene stellt einen Schwerpunkt in der Auswertung dar. In diesem sind zudem viele Erfolge der Intervention erkenntlich.

Im Pre-Test wurden 12-mal keine Antwort zur Formulierung von Vorstellungen über die Ionenbildungsreaktion vom Zink-Atom zum Zink-Ion bzw. die Atombildungsreaktion vom Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom gegeben. Im Post-Test gab ausschließlich eine Person keine Antwort ab.

Es kann nicht abgeleitet werden, ob die Schülerinnen und Schüler bereits vor der Intervention eine Vorstellung über die beschriebenen Reaktionen hatten und weshalb sie diese nicht notiert haben. Gezeigt werden kann aber, dass diese Schülerinnen und Schüler nach der Intervention ihre Vorstellungen formulieren konnten. Die Intervention hat entweder die Vorerfahrungen der Lernenden aktiviert, die Vorstellungen im Post-Test anzugeben oder die Teilnehmenden konnten über die Intervention eine Vorstellung entwickeln.

Werden die Pre- und Post-Tests inhaltlich verglichen, so ist zu erkennen, dass im Pre-Test bei 13 Teilnehmenden ein fachlich-anerkanntes Konzept erahnt wird, dieses aber fachsprachlich nicht angemessen ausgedrückt werden kann. Dadurch ist nicht eindeutig, ob es sich um ein fachlich-anerkanntes Konzept handelt oder alternative Vorstellungen dargestellt werden.

Es zeigt sich, dass 19 Schülerinnen und Schüler im Post-Test ein fachlich-anerkanntes Konzept zu den benannten Teilreaktionen fachsprachlich richtig angeben können. Dies lässt ableiten, dass die Intervention die Teilnehmenden bei der Entwicklung dieser fachlich-anerkannten Vorstellungen gefördert oder sie in der fachsprachlichen Kompetenz unterstützt hat, um ihre Vorstellungen angemessen wiederzugeben.

In der Betrachtung des Ebenen-spezifischen Sprachgebrauchs der Schülerinnen und Schüler lässt sich in den schriftlichen Angaben ein überwiegend hoher Anteil Ebenen-spezifischer Formulierungen erkennen. Es sind einzelne Fälle beobachtet und dargestellt worden, aus denen hervorgeht, dass die Teilnehmenden die Semantik verschiedener Fachbegriffe noch nicht erfasst haben. Dies wird in einer fachlich falschen Verwendung der Begriffe erkannt und erfordert einen konsequenten Einsatz im Chemieunterricht.

Es kann jedoch auch festgestellt werden, dass ein überwiegender Anteil der Teilnehmenden die Fachbegriffe richtig anwenden konnten. Dies unterstützt die Ableitung, dass durch die Intervention fachlich-anerkannte Vorstellungen gefördert oder gebildet werden.

Die Struktur der Lernumgebung initiiert diese Förderungen. Der Erfolg der Intervention wird durch drei Beispiele verdeutlicht.

Aufgabenstellung: **Beschreibe** die Reaktion in der Zink-Halbzelle
„Von dem Zink-Atom Modell trennen sich zwei Außenelektronen, diese verschwinden zwischen den amodellen der Zink-Atomen. Daraufhin kommt das AModell eines Sulfat-Ions hinzu.“

*Tabelle 119 Antwort Schüler*in 12.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe*

Schüler*in 12.2 formuliert in der Angabe die Reaktion in der Zink-Halbzelle. Es zeigt sich, dass Schüler*in 12.2 die Strukturteilchen mit dem Zusatz ‚Modell‘ benennt. In der Intervention wird darauf geachtet, Modelle auch als solche zu bezeichnen. Es lässt sich in dieser Aussage erkennen, dass Schüler*in 12.2 das Fachsprachrepertoire der Lernumgebung annimmt und selbst nutzt. Schüler*in 12.2 mag die Semantik des Begriffs ‚Modell‘ nicht bekannt sein, doch die Sprachforschung fordert die Begriffsbildung im Kontext *(Mühlbauer, 2020)*, damit die Fachbegriffe im aktiven Wortschatz genutzt werden können.

Das zweite Beispiel soll die Nutzung der Knotenpunkte untereinander verdeutlichen.

Die Teilnehmenden bearbeiten in diesem Transkript die Aufgabenstellung 2 des dritten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene. Sie sollen Aussagen bewerten, ob diese wahr oder falsch sind. Es wird folgende Aussage betrachtet: Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme.		
Video 5.9	[0:00:00]	
	#0:10:04 #	
	1	S5.1: Oxidation ist das Fachwort für die Elektronen-Aufnahme. Wahr oder Falsch?
	2	S5.2: Nein, das ist falsch.
	3	S5.1: wie kommst du dadrauf?
	4	S5.2: Das hatten wir, dass das eine- das ist ne Reduktion oder nicht? Oxidation ist doch das mit (S5.1 zoomt in Ebene SE1)
	5	S5.1: Hier steht's nochmal (S5.1 zeigt auf die Wortreaktionsgleichung, in dem der Fachbegriff Oxidation zugeordnet wurde)
	6	S5.2: Also wahr.
	7	S5.1: Hä warte. Ja. (S5.1 zoomt zurück in Ebene VE3)
	8	S5.2: Also hab ich richtig gesagt.
	9	S5.1: Falsch. (S5.1 zoomt in Ebene SE1) Wenn ein Kupfer-Ion zwei Elektronen aufnimmt und dann zu einem Kupfer-Atom wird, nennt man das Oxidation?
	10	S5.2: Nein.
	11	S5.1: Warum?
	12	S5.2: Weil das ne Reduktion ist.

Tabelle 120 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (3.Differenzierungsstufe)

Re-Framing

Das Beispiel verdeutlicht, dass die Lernenden eine Verbindung zwischen den Ebenen aufbauen und Beschreibungen sowie Erklärungen als Unterstützung für eine andere Ebene nutzen können. Dies kann der Anknüpfungspunkt für ein tiefergehendes Verständnis der Ebenen werden. Es zeigt sich, dass die Lernenden dieser Gruppe die Ebenen miteinander vernetzen können. Zudem wird deutlich, dass die Lernumgebung die benötigten Informationen schnell zur Verfügung stellen kann und die Teilnehmenden sie zur Kontrolle ihrer Angaben nutzen.

Das letzte Beispiel soll abschließend nochmals die Interaktion mit der Lernumgebung darstellen.

Partnergruppe 5 bearbeitet Aufgabenstellung 3 des zweiten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene. Sie sollen die Reaktionsprozesse in einer Magnesium-Silber-Zelle mithilfe einer Animation erklären.		
Video 5.8	[00:00:00]	
	#00:04:07#	
	1	S5.1: Achso ich check‘s/guck/ (zoomt in die Animation) (4)
	2	S5.1: Magnesium-Atom hat zwei Elektronen / Außenelektronen in der Außenschale (zeigt in der Animation auf die Außenschale) S5.2: ja (zustimmend)
	3	S5.1: Aber das Silber-Ion braucht jeweils nur ein (unterstreicht Silber-Ion in der Animation) (..) pro (tippt auf die Außenschale der Silber-Ionen).
	4	S5.1: Deshalb gibt das Magnesium- /äh/ (2)Atom, jeweils ein Silber-(2) (zeichnet Verlaufslinien in die Animation) Ion /S5.2: Ein Magnesium- ../ S5.1: ein Elektron / sodurch wird das Silber-Ion zu einem .. S5.2: Ja, das musst du jetzt aufnehmen.

Tabelle 121 Transkript exemplarisches Beispiel helfende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe)

In dem Beispiel sollen die Lernenden die Elektronenübertragungsreaktion in der Magnesium-Silber-Zelle erklären. Das Transkript zeigt, dass die Lernumgebung als Kommunikationsmittel genutzt wird, damit eine Person der anderen Person den Vorgang erklären kann. In den Animationen wird dies gezeigt und gezeichnet. Es zeigt zudem, dass die Lernumgebung fachsprachliche Kommunikationsanlässe schafft, in denen sich die Lernenden auf einer Ebene unterhalten. Auch dies fördert die Fähigkeiten über die Semantik der Fachbegriffe und initiiert die Verwendung dieser im aktiven Wortschatz.

Auch wurden die Erfolge und die Funktion der Intervention dargestellt. Es soll abschließend ergänzt werden, dass in der Auswertung weitere Entwicklungsschritte für die Lernumgebung erkannt werden. Diese werden in das Lernmaterial eingearbeitet. Das Lernmaterial muss sich den Bedingungen der Lerngruppen anpassen.

Gleichzeitig wird aus den Erkenntnissen eine Handreichung für die Nutzung der Lernumgebung für Lehrkräfte entwickelt. Diese kann dem Anhang VIII entnommen werden.

Es soll abschließend zusammengefasst werden, dass die dargestellten Erkenntnisse keinen Anspruch auf die Übertragbarkeit auf andere Lerngruppen erheben. Die dargestellten Ergebnisse sind aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs kritisch zu betrachten. Vielmehr sollten Folgestudien an die dargestellten Erkenntnisse anknüpfen und beispielsweise den Einsatz der Animationen in Korrelation zu den Fachsprachkompetenzen testen.

In der weiteren Arbeit am Projekt chem:LEVEL wird die Übertragung in andere inhaltliche Felder folgen. Auch die Durchführungen von Fortbildungen für Lehrkräfte sind denkbar.

5. Verzeichnisse

5.1. Literaturverzeichnis

Özcan, N. (2013). *Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie: Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht.* Duisburg, Essen, Univ., Diss.: Logos Verlag.

Abels, S., Koliander, B., Heidinger, C., & Plotz, T. (2018). Die Notwendigkeit der Verhandlung widersprüchlicher Anforderungen an das Lehren von Chemie an einer inklusiven Schule – Eine Fallstudie. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*(7), S. 135-151.

Agel, C., Beese, M., & Krämer, S. (2011). Naturwissenschaftliche Sprachförderung: Ergebnisse einer empirischen Studie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU, 65 (1)*, S. 36-43.

Akker, J., Gravemeijer, K., Mckenney, S., & Nieveen, N. (2008). Introducing educational design research. *Educational Design Research*, S. 3-7.

Albers, I. (2018). *Das Johnstone Dreieck in der Sekundarstufe 1.* Münster.

Albers, I. (2021). *Kommunikation im Johnstone-Dreieck – Die Betrachtung der Schüler_innen-Kommunikation auf der submikroskopischen Ebene .* Münster.

Anderson, T. &. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*(41 (1)), S. 16-25.

Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research. *Educational Researcher, 41*(1), S. 16-25.

Atkinson, R., & Shiffrin, R. (1968). *Human memory: A proposed system and its control processes.* New York: Academic.

Ausubel. (1968). *Educational psychology: A cogntive view.* (R. &. Holt, Hrsg.) New York.

Bönsch, & Mögling. (2012). *Binnendifferenzierung. 2. Unterrichtsbeispiele für den binnendifferenzierten Unterricht.* Immenhausen: Prolog.

Bönsch, M. (2014). *Heterogenität ist Alltag - Differenzierung ist die Antwort. Pädagogik und Didaktik für heterogene Lerngruppen.* Stuttgart: Raabe.

Baddeley, A. (1983). Working memory. *Biological Sciences*(302 (110)), S. 311-324.

Baddeley, A. (2010). umontreal.caWorking memoryAlan. *Current Biology*(20 (4)), S. 136-140.

Barke, H. (2002). Das Chemische Dreieck. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie,*(13 (67)), S. 45-46.

Barke, H. D. (2016). Abschied vom Laborjargon. *PdN-CidS*(7 (65)), S. 37.

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

Barke, H.-D. (2019). Water boils at 100 degree Celsius and has an angle. *Chemkon*(26 (3)), S. 114-118.

Barke, H.-D. D. (2009). *Strukturorientierte Einführung in die Chemie.* Münster: Schüling Verlag.

Barke, H.-D., & Büchter, J. (2018). Der Laborjargon bei Lehrenden und Fehlvorstellungen bei Studierenden. *Chemie & Schule*(33 (3)), S. 12-16.

Barke, H.-D., & Büchter, J. (2020). Laborjargon in der Chemie. *Chemie & Schule*, S. 12-16.

Barke, H.-D., & Indriyanti, N. Y. (2017). Das Molkonzept durch Experiential Learning. *CHEMKON*(24 (2)), S. 64-68.

Verzeichnisse

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

Barke, H.-D., Sauermann, D., Hilbing, C., & Röllecke, R. (10. 10 2010). *Periodensystem.* Abgerufen am 04 2018 von http://educhem.eu/mat/PSEdidaHist070-1080.jpg

Bartke, I. (04 2008). *Wortschatzerarbeitung*. Abgerufen am 01 2021 von http://sts-ghrf-giessen.bildung.hessen.de/intern/eng/eng1/handout_wortschatz_reitschmidt.pdf

Baumert, A. (2016). *Leichte Sprache – Einfache Sprache.* Hannover: Bibliothek der Hochschule Hannover.

Bayrak, C. (kein Datum). prachförderung im Chemieunterricht: Ein Lehr-Lern-Arrangement zur Ausbildung von Chemielehrkräften. *TU Dortmund; Fakultät für Chemie und chemische Biologie.*

Bayrak, C. (kein Datum). Sprachsensibler Chemieunterricht: Implementierung eines universitären Ausbildungsdesigns. *TU Dortmund; Fakultät für Chemie und chemische Biologie.*

Bebernik, R., Kirstein, D., Türk, Ü., & Beese, M. (2019). TRENNtivity: Fachsprache im Themenfeld „Stoffgemische und Trennverfahren“ spielerisch üben und anwenden. *Unterricht Chemie*(30 (173)), S. 20-22.

Becker, & Stäudel. (2010). *Chemiedidaktik 2009*. Von Nachrichten aus der Chemie: https://chemie.uni-paderborn.de/fileadmin/chemie/arbeitskreise/becker/Literatur/pdf_files/Trendbericht_10_didaktik.pdf abgerufen

Bendrof, N. (2016). Sozio-konstruktivistisches bzw. Situiertes lernen. In B. Fürstenau, *Lehr-Lern-Theorien. Behaviorismus, Kognitivismus, Konstruktivismus: Lernen und Expertise verstehen und fördern* (S. 77-97). Baltmannsweiler: Scheider Verlag Hohengehren.

Bereiter, C. (2002). *Education and Mind in the Knowledge Age.* Hillsdale: Toutledge.

Bohn, R. (1999). *Probleme der Wortschatzarbeit.* Berlin, München, Wien, Zürich,New York: Langenscheidt.

Bohrmann-Linde, C. (2018). Scaffolding bei der Elektrolyse von Zinkiodid. *Unterricht Chemie*(168), S. 38-43.

Both, S., Pechstein, O., & Siehr, I. (2013). Wortschatzarbeit im naturwissenschaftlichen Unterricht: – Biologie, Chemie, Physik –. In Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaf. In J. u. Senatsverwaltung für Bildung, *Sprachsensibler Fachunterricht: Handreichung zur Wortschatzarbeit in den Jahrgangsstufen 5 –10 unter besonderer Berücksichtigung der Fachsprache* (S. 239-304).

Bradley, J. D. (2014). The chemist’s triangle and a general systemic approach to teaching, learning and research in chemistry education. *African Journal of Chemical Education*(4), S. 64-79.

Brede, J. (2018). *BICS und CALP*. Abgerufen am 07 2020 von https://epub.ub.uni-muenchen.de/61966/1/RicartBrede_BICS-und-CALP.pdf

Brown, A. (1992). Design Experiment: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the learning Science, 2*(2), S. 141-178.

Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the submicro Level: Structural Representations. In J. Gilbert, & D. Treagust, *Multiple Representations in Chemical Eduaction* (S. 11-29). Dodrecht: Springer Netherlands.

Busch, H. (2011). Förderung der (Fach-) Sprache im Chemieunterricht. Dortmund.

Busch, H. (2012). *Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht.* Berlin: uni-edition.

Busch, H., & Ralle, B. (2009). Förderung der (Fach-) Sprache im Chemieunterricht. In Höttecke, & D, *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 30,*

Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik: Jahrestagung in Dresden (S. 443-445). Dresden.

Busch, H., & Ralle, B. (2011). Fachbegriffe und ihre Bedeutung: Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(22 (124/125)), S. 52-55.

Busch, H., & Ralle, B. (2012). Fachbegriffe und ihre Bedeutung. Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(124/125), S. 52-55.

Busch, H., & Ralle, B. (2012). *Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht.* Berlin: uni-edition.

Butler, M., & Goschler, J. (Hrsg.). (2019). *Sprachsensibler Fachunterricht - Chancen und Herausforderung aus interdisziplinärer Perspektive.* Wiesbaden: Springer Nature.

C.C. Buchner. (2010). *Chemie 2000+.* Bamberg: C.C. Buchner.

Caspari, D., Andreas, T., Schallenberg, J., Shure, V., & Sieberbrob, M. (2017). Sprachliche Analyse der in der Aufgabe verwandten schriftlichen Texte. In *Sprachen Bilden Chancen* (S. 40-46). Münster: Waxmann.

Cassels, J. R., & Johnstone, A. H. (1983). The meaning of words and the teaching of chemistry. *Education in chemistry*(20 (1)), S. 10-11.

chemie.de. (02. 09 2020). *chemie.de*. Von https://www.chemie.de/lexikon/Destilliertes_Wasser.html abgerufen

Christen, H., & Baars, G. (1997). *Chemie.* Frankfurt am Main: Sauerländer Diesterweg.

Cobb, P. C., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*(32 (1)), S. 9-13.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon, & T. O'Shea, *New Directors in Educational Technology* (S. 15-22). New York: Springer Verlag.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Science, 13*(1), S. 15-42.

Cornelsen Verlag. (2010). *Fokus Chemie - Gesamtband Sekundarstufe I.* (K. Arnold, & V. Dietrich, Hrsg.) Berlin: Cornelsen Verlag.

Craik, F., & Lockhart, R. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *J. Verb. Learn. Verb. Behav*(11), S. 671-684.

Cummins, J. (1979). Cognitive/Academic Language Proficiency, Linguistic Interdependence, the Optimum Age Question and Some Other Matters. *Working papers on bilingualism*(19), S. 197-205.

Cummins, J. (1984). Wanted: A theoretical framework for relating language proficiency to academic achievement among bilingual students. In C. Rivera, *Language Proficiency and Academic Achievement* (S. 2-19). Clevdon: Mulitlingual Matters Ltd.

Dürscheid, C. (2016). In H. Feilke, & M. Hennig, *Zur Karriere von ‚Nähe und Distanz'. Rezeption und Diskussion des Koch-Oesterreicher-Modells.* (S. 357-385). Berlin: De Gruyter.

Decker-Ernst, & Oomen-Welke. (2019). *Deutsch als Zweitsprache - Beiträge zur durchgängigen Sprachbildung.* Stuttgart: Klett.

Dellbrügge, B. (2020). *choice2interact - interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht.* (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.

Dettweiler, Y., & Fechner, S. (2014). Konzeptverständnis durch Vernetzung von Repräsentationsebenen. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik#Bd.#34; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik#Bd.#2013. Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, 34*, S. 594-596.

Diekmann, M. (2018). Konzept zur Förderimh der Vernetzung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene beim problemorientierten Experimentieren zu intermolekularen Wechselwirkungen. Münster.

Duit, R. (1995). Vorstellungen und Lernen von Physik und Chemie. *Plus Lucis*, S. 11-18.

Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift Für Pädagogik*(41 (6)), S. 905-923.

Dunker, N., Schmidt, D., Moschner, B., & Parchmann, I. (2008). Fachbegriffe erarbeiten - Fachkonzepte entwickeln: Concept Mapping als Mittel zum Begriffsverstehen und zum Vernetzen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, S. 30-32.

e.V., N. f. (2019). *Definition und Regeln für Leichte sprache*. Abgerufen am 06 2020 von https://www.leichte-sprache.org/leichte-sprache/

Eiks, I., & Bolte, C. (2012). *Natur und Technik - Chemie interaktiv 2.* Berlin: Cornelsen Verlag.

Eisner, W., Gietz, P., Justus, A., Laitenberger, K., Nickolay, H., Schierle, W., . . . Zippel, T. (2009). *elemente chemie 1.* Stuttgart: Klett Verlag.

Euler, D., & Slolane, P. (2014). *Design-Based Research.* Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

Fiedler, Steenbuck, & Zimpel. (2003). Gleichaltrigeninteraktion in heterogenen Gruppen als didaktische Herausforderung. In Warzecha, *Heterogenitat macht Schule* (S. 153-171). Münster.

Flick, U. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. Mey, & K. Mruck, *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 395-407). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Flick, U. (2014). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In N. Baur, & B. J., *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 411-423). Wiesbaden: Springer.

Franke-Braun, G. (2008). Sprache und Verständnis: Schülerkommunikation bei der Bearbeitung von Aufgaben. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 25-29.

Franke-Braun, G., & Stäudel, L. (2008). Kommunikation fördern: Lernsituationen methodisch gestalten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 35-39.

Freistaat Sachsen. (2013). *Niveaubeschreibungen Deutsch als Zweitsprache für die Sekundarstufe 1.* Sachsen.

Gabel, D. L., & Stucky, K. J. (2008). Prior Knowledge of Chemistry Students: Chemistry K-8. In Bretz, *Chemistry in the national science education standards: Models for meaningful learning in the high school chemistry classroom* (S. 129-136). American Chemical Society, Education Division.

Geppert, & Preuß. (1978). *Differenzierender Unterricht - konkret: Analyse, Planung und Gestaltung. Ein Modell zur Reform des Primarbereichs.* Bad Heilbrun: Klinkhardt.

Gibbons, P. (2009). *English Learners, Academic Literacy, and Thinking.* Portsmouth: Heinemann.

Gilbert, J., & Treagust, D. (2009). Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship between them: Key Model in Chemical Education. In J. Gilbert, & D. Treagust, *Multiple Representations in Chemical Education* (S. 1-8). Dudrecht: Springer Netherlands.

Gilbert, J., & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education.* Dodrecht: Springer Netherlands.

Gogolin, I. (2006). Bilingualität und die Bildungssprache in der Schule. In P. Mecheril, & T. Quehl, *Die Macht der Sprachen* (S. 79-85). Münster: Waxmann.

Gravemeijer, K., & Cobb, P. (2006). Design research from learning design perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKennedy, & N. Nieveen, *Educational Design Research* (S. 45-85). London, New York: Routledge.

Harms, W., & Orf, S. (Hrsg.). (2011). *Prisma Chemie 2.* Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Hasselhorn, M., & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren.* Stuttgart: Kohlhammer.

Heinen, R., & Heinicke, S. (2018). Stolpersteine aufgedeckt: Gestaltung. Verstehen, wie das Textlayout den Lesefluss gestaltet. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*(29 (165/166)), S. 40-44.

Heinicke, S. (2018). Vom Begriff zum Konzept. Lernen von Begriffen und fachsprachlich gebräuchlichen Wörtern. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,*(29 (165/166)).

Heinicke, S., & Di Berardo, C.-S. (kein Datum). Hintergründe in Kürze: Informationen zu den Themen Zuwanderung und Sprachfördeurng. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,*(29 (165/166)), S. 12-13.

Heinicke, S., & Lumer, J. (2018). Mit Informationstexten Umgehen. *Unterricht Physik*(165/166), S. 30-33.

Heinicke, S., & Lumer, J. (2018). Mit Informationstexten umgehen: Hilfen für Lehrkräfte und Lernende. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,*(29 (165/166)), S. 23-33.

Heinicke, S., Heinen, R., & Wiesemeyer, S. (2018). „Das habe ich nicht verstanden.“: Typische (fach-)sprachliche Abweichungen im Deutschen und ihre Ursachen in der Herkunftssprache. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*(29 (165/166)), S. 56-59.

Heinicke, S., Lumer, J., & Heinen, R. (2018). Mit Informationstexten umgehen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*(165/166), S. 30-33.

Heinicke, S., Lumer, J., & Heinen, R. (2018). Stolpersteine aufgedeckt: Text. *Unterricht Physik*(165/166), S. 34-39.

Heinicke, S., Lumer, J., Heinen, R., & Haas, J.-B. (2019). Handout Scaffolding Methoden: Sprache im NaWi-Unterricht .

Hesse, S. (2008). Wenn Schülern die Worte fehlen: Fachunterricht in Klassen mit Migrationshintergrund. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 66-71.

Heuer, S., & Parchmann, I. (2008). Son2e oder Fus2bal2: Wie Sechstklässler die chemische Formelsprache interpretieren. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 20-24.

Hoffmann, R., & Laszio, P. (2008). *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie,*(19 (106/107)), S. 99-100.

Hoffmeister, H., & Ziegler. (2020). *Freies Lehrbuch der anorganischen Chemie.* Abgerufen am 05 2020 von https://hoffmeister.it/index.php/chemiebuch-anorganik/2-freies-lehrbuch- anorganische-chemie

Horstkemper, M., & Tillmann, K. (2000). Schulformvergleiche und Studien zu Einzelschulen. In B. J. Helsper W., *Handbuch der Schulforschung.* (S. 285-320). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Hussy, W., Schreier, M., & Echterhoff, G. (2013). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor (2nd ed.).* Berlin Heidelberg: Springer.

Ibrahim, D. (2011). Models of Chemistry Education and the Matriculation Chemistry Course: A Review. *International Conference on Science and Mathematics Education.*

Islinger, G. (kein Datum). DaZ-Didaktik II; Wortschatz; Sprachsensibler Fachunterricht; KFB. Centrum für Mehrsprachigkeit und Spracherwerb. DaZ-Schule Spezialisierungsseminar DaZ für Jugendliche u. junge Erwachsene. *Westfälische Wilhelms-Universität Münster*.

Jaber, L. Z., & BouJaoude, S. (2017). A Macro–Micro–Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*(34(7)), S. 973–998.

Johnstone, A. (1982). Macro- and micro chemistry. *School Science Review*(64), S. 337-339.

Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assited learning*(7 (2)), S. 75-83.

Johnstone, A. (1993). The Developement of Chemistry teaching. A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*(70 (9)), S. 701-705.

Johnstone, A. (1997). chemistry Teaching - Science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*(74 (3)), S. 262.

Johnstone, A. (2000). TEACHING OF CHEMISTRY - LOGICAL OR PSYCHOLOGICAL? *CHEMISTRY EDUCATION: RESEARCH AND PRACTICE IN EUROPE*, S. 9-15.

Johnstone, A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chem. Educ. Res. Pract.*(7(2)), S. 49-63.

Johnstone, A. H. (2000). TEACHING OF CHEMISTRY - LOGICAL OR PSYCHOLOGICAL? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur*, S. 9-15.

Kennedy-Clark, S. (2013). Research by Design: Design-Based Research and the Higher Degree Research student. *Journal of Learning Design, 6*(2), S. 107-122.

Kilsbach, S. (2018). Wortschatzerweiterung in autonomen Erwerbskontexten: zum systematischen Ausbau des individuellen Erweiterungswortschatzes Fortgeschrittener im Land der Zielsprache. Justus-Liebig-Universität Gießen. BibTeX.

Kircher, E. (1977). Einige erkenntnistheoretische und wissenschaftstheoretische Auffassungen zur Fachdidaktik. *Chim.did.*(3(61)), S. 61–79.

Klett Verlag. (2009). *Elemente Chemie 1.* Stuttgart : Klett Verlag.

Knapp, W. (1997). *Schriftliches Erzählen in der Zweitsprache* (Bde. Reihe: Germanistische Linguistik, 185). Tübingen: Niemeyer.

Kniffka, G. (11 2010). *Scaffolding*. Abgerufen am 09 2020 von https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/scaffolding.pdf

Knuth, R., & Cunningham, D. (1993). Tools for constructivism. In T. Duffy, J. Lowyk, & D. Jonassen, *Designing environments for constructive learning* (S. 163-188). Berlin: Springer .

Koch, P., & Oesterreicher, W. (1986). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschich- te. Berlin & New York: De Gruyter.

Kolbeck, E. (2019). *Schulung von Vermittlungsfähigkeiten.* (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos.

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Multimedia Learning of Chemistry. In R. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 409-428). Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung.* Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.

Krämer, S. (2008). Texte verstehen und schreiben. Sprachförderung im sprachbewussten Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie,*(19(106/107)), S. 72–83. .

Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesign und Analyseverfahren.* Wiesbaden: Springer.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computer-unterstützung.* Weinheim Basel: Beltz Verlag.

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs: P. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,*(15), S. 131-153.

Kutzer, R. (1998). *Mathematik entdecken und verstehen.* Frankfurt am Main: Diesterweg Verla.

Kutzer, R. (1999). Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens. In H. Probst, *Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens* (S. 15-69). Solms: Jarick Oberbiel Verlag.

Lück, G. (2008). Naturphänomene sprachlich erfassen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie,*(19(106/107)), S. 84–87.

Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg. (2014). *Durchgängige Sprachbildung: Grundschule - Sek. I.* Hamburg: Behörde für Arbeit, Soziales, Familie und Integration, Hamburg.

Langer, I., Schulz von Thun, F., & Tausch, R. (1974). *Verständlichkeit in Schule, Verwaltung, Politik und Wissenschaft : mit e. Selbsttrainingsprogramm z. verständl. Gestaltung von Lehr- u. Informationstexten.* München/Basel: Reinhardt.

Langer, I., Schulz von Thun, F., & Tausch, R. (2015). *Sich verständlich ausdrücken.* München: Reinhardt.

Leisen, J. (1999). *Methodenhandbuch - Deutschsprachiger Fachunterricht (DF).* Bonn: Varus.

Leisen, J. (2003). Methoden-Werkzeuge. *Naturwissenschaften im Unterricht*(75/76), S. 6-12.

Leisen, J. (2005). *Steckbrief Methoden-Werkzeuge.* Abgerufen am 09 2020 von http://www.josefleisen.de/downloads/methodenwerkzeuge/50%20Methoden-Werkzeuge%20-%20Steckbrief%20NiU%202003.pdf

Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen. *Unterricht Physik*(87), S. 10-11.

Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach und Ordner Methodenwerkzeuge.* Bonn : Varus Verlag.

Leisen, J. (2012). *Der Umgang mit Sachtexten im Fachunterricht. leseforum.ch - Onlineplattform für Literalität.* Von http://www.josefleisen.de/downloads/lesen/01%20Umgang%20mit%20Sachtexten%20- %20Leseforum%202012.pdf abgerufen

Leisen, J. (2013). Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht. In W. Hallet, & F. Königs, *Handbuch Bilingualer Unterricht. Content and Language Integrated Learning* (S. 152-160). Seelze: Klett-Kallmeyer.

Leisen, J. (2013). *Fachliches und sprachliches Lernen im sprachsensiblen Fachunterricht*. Abgerufen am 07 2020 von http://www.josefleisen.de/downloads/sprachbildung/55%20Fachliches%20und%20sp rachliches%20Lernen%20i-%20IDE%202013.pdf

Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach.* Stuttgart: Klett Verlag.

Leisen, J. (2013a). *Handbuch Sprachförderung im Fach - Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis.* Stuttgart: Ernst Klett Verlag.

Leisen, J. (2013b). Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterrich. In W. Hallet, & F. Königs, *Handbuch Bilingualer Unterricht. Content and Language Integrated Learning* (S. 152-160). Seelze: Klett-Kallmeyer Verlag.

Leisen, J. (2016). *Ein Lehr-Lern-Modell für personalisiertes Lernen durch Ko-Konstruktion im adaptiven Unterricht in heterogenen Lerngemeinschaften*. Abgerufen am 09 2020 von http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/01%20Ein%20Lehr-Lern-Modell%20zur%20Ko-Konstruktion%20-%20PHV%202016.pdf

Leisen, J. (2020). *Heterogenität - Prinzip der kalkulierten Herausforderung*. Abgerufen am 09 2020 von http://www.josefleisen.de/img/heterogenitaet2.jpg

Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. In W. Schnotz, & R. Lowe, *Learning and instruction* (S. 177-189). Elsevier Science Ltd.

Lumer, J., Heinicke, S., & Heinen, R. (2018). Mit Stolpersteinen umgehen: Textseiten für den Unterricht aufbereiten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,*(29(165/166)), S. 45–50.

Mühlbauer, E. (2020). *MIT KORBMACHERN ZUM SIEG – UNTERRICHTSANREGUNGEN ZUR ARBEIT AM WORTSCHATZ DER BASKETBALLSPRACHE*. Abgerufen am 09 2020 von https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/9999/file/sport_online_129-155.pdf

Müller. (2018). *Praxisbuch Differenzierung und Heterogenität.* Beltz.

Müller-Krätzschmar, M. (2017). *Durchgängige Sprachbildung. FörMig-Transfer Hamburg Grundschule - Sek.1. Beispiele für eine durchgängige Sprachbildung am Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe 1*. Von http://li.hamburg.de/contentblob/4332742/data/pdf- handreichung-durchgaengige-sprachbildung.pdf abgerufen

Mahaffy, P. (2004). The future shape if chemistry education. *Chemistry Education: Research and pracitse*(5 (3)), S. 229-245.

Marohn, H. (2008). choice2learn - Eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernvorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(65 (5)), S. 57-83.

Mausbach, J. (2020). *Einführung in die Prinzipien des Johnstone Dreiecks mit Hilfe einer digitalen Lernumgebung.* Münster.

Mayer, R. (2005). Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning : Segmenting, Pretraining, and Modality Principles. In R. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 169-182). Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Mayer, R. (2005). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning : Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principle. In R. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 183-200). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2005). Principles of Multimedia Learning Based on Social Cues. In R. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 201-212). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2014). Introduction to Multimedia Learning. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 1-16). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2014). Principles based on social cues in multimedia learning: Personalization, voice, image, and embodiment principles. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of multimedia learning* (S. 345-368). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.* Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2014a). Cognitive Theory of multimedia learning. In R. Mayer, *The Camebridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 43-71). New York: Camebridge University Press.

Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken.* Beltz Verlag.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken.* Weinheim Basel: Beltz Verlag.

McKenney, S., & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Von 10.4324/9781315105642 abgerufen

Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., & Groß, J. (2017). Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. *oachim Herz Stiftung Verlag.*

Menthe, Hoffmann, Nehring, & Rott. (2014). Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In Musenberg, & Riegert, *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe.* 2015: Kohlhammer.

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In Riegert, & Musenberg, *nklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. 1. Auflage* (S. 131-141). W. Kohlhammer.

Merkel, T. (2020). *Qualitätskriterien für das Studiendesign von Remote-Usability-Tests.* Von https://docplayer.org/188072959-Bachelorarbeit-qualitaetskriterien-fuer-das-studiendesign-von-remote-usability-tests.html. abgerufen

Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 94-97.

Metzger, S., & Schmellentin, C. (2018). Ein sprachsensibel gestaltetes Schulbuch: Einbezug von Erkenntnissen der Sprachdidaktik bei der Entwicklung des schweizerischen Schulbuchs „NaTech 7 - 9“. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,*(29 (165/166)), S. 51-55.

Miller, G. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*(63), S. 81-97.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe 1 in Nordrhein-Westfalen.* Düsseldorf.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik.* Düsseldorf.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (2020). *Förderung in der deutschen Sprache*. Abgerufen am 09 2020 von Die Förderung in der deutschen Sp…

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (02. 09 2020). *QuALiS NRW*. Von https://www.schulentwicklung.nrw.de/e/upload/lernstand8/download/mat_2017/2017-02-08_Beschreibung_Standorttypen__weiterfhrende_Schulen_NEU_RUB_ang.pdf abgerufen

Nakoniz, S. (2015). *Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie* (Bde. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 187). Berlin: Logos Verlag.

Nashan, M., & Parchmann, I. (2008). Fachtext versus Geschichte. Kommunikation in den Naturwissenschaften als Zugang zu einem Verständnis für die Natur der Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 57-61.

Naujok, N., Brandt, B., & Krummheuer, G. (2000). Interaktionen im Unterricht. In B. J. Helsper W., *Handbuch der Schulforschung.* (S. 779-799). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Netzwerk für leichte Sprache e.V. (2020). *Leichte Sprache*. Abgerufen am 09 2020 von https://www.leichte-sprache.org/das-ist-leichte-sprache/

Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 27-42). New York: Cambridge University Press.

Petermann, F., & Petermann, U. (2018). *Lernen. Grundlagen und Anwendungen (2).* Göttingen: Hogrefe Verlag.

Pfeifer, Lutz, & Bader. (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie.* München: Oldenbourg.

Pfeifer, P. (2008). Alltagssprache und Fachsprache. Verständnis des Begriffes Kalk in Alltag und Fachunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (1016/107)), S. 16-19.

Pineker-Fischer, A. (2017). *Sprach- und Fachlernen im naturwissenschaftlichen Unterricht - Umgang von Lehrpersonen in soziokulturell heterogenen Klassen mit Bildungssprache.* Wiesbaden: Springer Verlag.

Rädicker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA.* Wiesbaden: Springer Verlag.

Rädicker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA.* Wiesbaden: Springer VS.

Reich, K. (2004). Konstruktivistische Didaktik im Blick auf Aufgaben der Fachdidaktik Pädagogik. In K. Beyer, *Planunshilfen für den Fachunterricht. Die Praxusbedeutung der wichtigsten allgemein-didaktischen Konzeptionen.* (S. 103-121). Baltmannsweiler: Schneider Verlag.

Reich, K. (2005). konstruktivistische Didaktik - Beispiele für eine Unterrichtspraxis. *Schulmagazin 5 bis 10*(3), S. 5-8.

Reich, K. (2008). *Fragen zur Bestimmung des Fremden im Konstruktivismus.* Springer.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft, 33*(1), S. 53-69.

Reinmann, G., & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp, & B. Weidenmann, *Pädagogische Psychologie* (S. 613-658). Basel: Weinheim.

Renkl, R. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau,*(47 (2)), S. 78*92.

Ricart Brede, J. (2019). *BICS und CALP.* . Von https://doi.org/10.5282/UBM/EPUB.61966 abgerufen

Riedl. (2008). *Innere Differenzierung – Herausforderung für modernen Unterricht*. Von http://riedlpublikationen.userweb.mwn.de/pdf/inneredifferenzierungriedl2008.pdf abgerufen

Rincke. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(16), S. 235-260.

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen: Paralleltitel: Everyday and special language and their role in science education. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(16), S. 235-260.

Rincke, K. (2010). Von der Alltagssprache zur Fachsprache. Bruch oder schrittweiser Übergang? In Fenkart, Lembens, & Erlacher-Zeitlinger, *ide-extra:Bd. 16. Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften.* Studien Verlag.

Roßbach, H., & Blossfeld, H.-P. (Hrsg.). (2008). *Frühpädagogische Förderung in Institutionen* (Bd. Sonderheft 11). Berlin: VS Verlag für Sozialwissenschaftend.

Rohrbach-Lochner, F. (2018). *Design-Based-Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen* (Bd. 3). (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.

Rohrbach-Lochner, F. (2019). *Design-Based-Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellung.* (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos.

Rott, L. (2018). *Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht iniitieren: Die Unterrichtskonzeption "choice2explore.* Berlin: Logos Verlag.

Rott, L., & Marohn, A. (2016). *Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research.* Von Zeitschrift für Inklusion: http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/325/277 abgerufen

Rott, L., & Marohn, A. (2017). Choice2Explore – eine an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. *GDSU Journal*.

Sansone, C., & Harackiewicz, J. M. (Hrsg.). (2000). *ntrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance.* Academic Press.

Schanze, & Sieve. (2015). Digitale Werkzeuge. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 145*.

Scheiter, K. R., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen. Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In Niegemann, & Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (S. 31-56). Springer Verlag.

Schichow, M., & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24*(1), S. 2017-233.

Schmidkunz, H. (2008). Von der Wortgleichung zur Symbolgleichung. Ein möglicher Weg zur Einführung der chemischen Zeichensprache und einfacher chemischer Reaktionsgleichungen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19(106/107)), S. 52-56.

Schnitker, J. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen. Chemie lehren mit Simulationen auf der Teilchenebene. *MNU Journal*(69 (6)), S. 392*399.

Schreier, M. (01 2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *FORUM: QUALITATIVE SOZIALFORSCHUNG SOCIAL RESEARCH, 48*(4).

Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalysen: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *Forum Qualitative Sozialforschung*(15(1)).

Schulentwicklung NRW. (2020). *Lernstrukturgitter als Planungshilfe im zieldifferent geplanten naturwissenschaftlichen Unterricht*. Von https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/inklusiver-fachunterricht/zu-den-naturwissenschaftlichen-faechern/lernstrukturgitter-als-planungshilfe/index.html abgerufen

Schulmeister, R. (2004). Didaktisches Design aus Hochschuldidaktischer Sicht - Ein Plädoyer für offene Lernsituationen. In U. Rinn, & D. Meister, *Didaktik und Neue Medien. Konzepte und Anwendungen in der Hochschule* (S. 19-49). Münster: Waxmann.

Schulz von Thun, F. (2020). *Miteinander reden: 1*. Abgerufen am 06 2020 von https://deutsch-werkstatt.de/hamburger-verstaendlichkeitsmodell/

Sommer, Wambach-Leichner, & Pfeifer. (2018). *Chemie - Konkrete Fachdidaktik.* Seelze: Friedrich Verlag.

Stäudel, L. (2008). Mit Informationen umgehen. Übersetzungen zwischen verschiedenen Darstellungsformen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19(106/107)), S. 40-51.

Stäudel, L., Franke-Braun, G., & Parchmann, I. (2008). Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie,*(19 106/107), S. 4-9.

Stangl, W. (2020). *Sprachen lernen – aktiver und passiver Wortschatz*. Von https://paedagogik-news.stangl.eu/sprachen-lernen-aktiver-und-passiver-wortschatz/ abgerufen

Steffens. (2004). *Förderung des sprachlichen Lernens als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern*. (M. f. Nordrhein-Westfalen, Produzent) Abgerufen am 09 2020 von www.learn-line.nrw.de/angebote/fids/

Steinke, I. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In U. Flinck, E. von Kardorff, & I. Steinke, *Qualitative Forschung. Ein Handbuch* (S. 319-331). Reinbek: Rowohlt.

Strunk, N., & Höttecke, D. (2018). Von der Alltagssprache zur Bildungssprache: Übergänge im Physikunterricht gestalten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*(29 (165/166)), S. 20-24.

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*(12 (2)), S. 257-285.

Sweller, J. (2006). Discussion of 'Emerging Topics in Cognitive Load Research: Using Learner and Information Characteristics in the Design of Powerful Learning Environments'. *APPLIED COGNITIVE PSYCHOLOGY*, S. 353-357.

Sweller, J. (2009). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook for mulimedia Learning* (S. 11-19). Cambridge: Cambridge University Press.

Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In J. Plass, R. Moreno, & R. Brünken, *Cognitive Load Theory.* Cambridge: Cambridge University Press.

Taber, K. (2009). Learning at the Symbolic Level. In D. Treagust, J. Driel, R. Justi, J. Gobert, & J. Gilbert, *Multiple Representations in Chemical Education* (S. 75-105). Dodrecht: Springer.

Taber, K. (2013). Revisting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Edu. Res. Pract.*(14 (2)), S. 156-168.

Tajmel, T. (2011). Sprachliche Lernziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *ProDaZ, Uni Duisburg.* .

Tajmel, T. (2017). Konkretisierungsraster. In B. Jostes, D. Caspari, & B. Lütke, *Sprachen - Bilden - Chancen* (S. 74-93). Münster: Waxmann.

Tajmel, T., & Starl, K. (2009). *Science Education unlimited.* Münster: Waxmann.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry Triplet. *International Journal of Science Education*(33 (2)), S. 195.

Tesch, R. (1990). *Qualitative research: Analysis types and software tools.* New York: Falmer Press.

Thissen, F. (2013). *Mobiles Lernen in der Schule*. Von https://docplayer.org/7082-Mobiles-lernen-in-der-schule.html abgerufen

Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (01. 11 2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, S. 1353-1368.

Ulrich, K., & Michalak, M. (2019). *Konzeptionelle Mündlichkeit - Konzeptionelle Schriftlichkeit*. Abgerufen am 09 2020 von Sprache im Fach: https://epub.ub.uni-muenchen.de/61755/1/Ulrich_Michalak_Konzeptionelle_Muendlichkeit_konzeptionelle_Schriftlichkeit.pdf

Ulrich, K., & Michalak, M. (2019). Konzeptionelle Mündlichkeit-Konzeptionelle Schriftlichkeit. .

Ulrich, N., Richter, J., Scheiter, K., & Schanze, S. (2014). Das digitale Schulbuch als Lernbegleiter. In J. Maxton-Küchenmeister, & J. Meßinger-Koppelt, *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 75-82). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

VERBI GmbH. (2020). *MAXQDA Manual*. Abgerufen am 12 2020 von VERBI GmbH

VERBI Software – Consult -Sozialforschung GmbH. (2020). *MAXQDA The way of Data Analysis*. Von https://www.maxqda.de/kontakt abgerufen

Volks- und Raiffeisenbanken. (07 2020). *Wir machen den Weg frei*. Abgerufen am 07 2020 von https://www.vobamt.de/energie-und-umwelt/was- sie-tun-koennen/energie-selbst-produzieren.html

Vollmer. (1980). *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht.* Frankfurt am Main: Verlag Moritz Disterweg.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes.* Harvard University Press.

Wagner, W. (2019). *Begriffssystem zur Fachidaktik Chemie*. Abgerufen am 09 2020 von http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/lexikon/m-p.htm

Wember, F. (2020). *Gemeinsam verantworteten Gestaltung inklusiver Lernumwelten in heterogenen Lerngruppen*. Von https://docplayer.org/39754343-Gemeinsam-verantworteten-gestaltung-inklusiver-lernumwelten-in-heterogenen-lerngruppen.html abgerufen

Wieczorek, R., & Sommer, K. (2008). Strukturen nachweisen. Gestufte Lernhilfen und deren Einsatz bei eigenverantwortlichen Schülerexperimenten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 88-93.

Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31-42). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.

Winkens, T., Goertzu, S., & Heincke, H. (02. 09 2020). *Variablensalat im Experiment: Ansätze zur Förderung der Variablenkontrolle*. Von https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2020/TB2020_864_Winkens.pdf abgerufen

Wirth, J. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, S. 91-94.

Wlotzka, P., & Ralle, B. (2008). Experimentieren in der Muttersprache. Sprachförderung im naturwissenschaftlichen Unterricht durch muttersprachliche Experimentieranleitungen - eine Fallstudie. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*(19 (106/107)), S. 62-65.

Wodzinski, R. (2018). Gerüste bauen für die Bildungs- und Fachsprache: Förderung durch Scaffolding. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*(29), S. 18-19.

Wodzinski, R., & Heinicke, S. (2018). prachbildung im Physikunterricht: Unterricht gestalten zwischen Fachsprache, Bildungssprache und Sprachförderung. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*(29 (165/166)), S. 4-11.

5.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Projektlogo chem:LEVEL *5*
Abbildung 2 Darstellung des Johnstone-Dreiecks für den Chemieunterricht *7*
Abbildung 3 Das chemische Dreieck; Johnstone-Dreieck (Johnstone, 1993, S. 703) *3*
Abbildung 4 Tetraeder chemischer Bildung (Mahaffy, 2004, S. 231) *4*
Abbildung 5 Konzeptualisierung chemischen Wissens (Taber, 2013, S. 159f) *5*
Abbildung 6 Chemisches Wissen mithilfe eines multidimensionalen Raumes identifizieren (Talanquer, 2011, S.189) *6*
Abbildung 7 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Klett, 2009, S.248) *8*
Abbildung 8 Schulbuchabbildung zum Bleiakkumulator (in Klett, 2009, S.248) *9*
Abbildung 9 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Cornelsen, 2010, S.372) *10*
Abbildung 10 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle und zum Bleiakkumulator (in Buchner, 2010, S. 218) *11*
Abbildung 11 Schulbuchabbildung zur Galvanischen Zelle (in Buchner, 2010, S.219) *11*
Abbildung 12 In Anlehnung an das „Information processing model" nach Johnstone (vgl. Johnstone, 1997, S. 263). (Übersetzung abgerufen aus Albers, 2018, S.6) *15*
Abbildung 13 Modell des Arbeitsgedächtnis, model of working memory (Baddeley, 2010, S. 138) *17*
Abbildung 14 Modelldarstellung für die Kapazität des Arbeitsgedächtnis, angelehnt an: Heinicke, Lumer & Heinen, 2018, S. 31) *19*
Abbildung 15 Cognitive Theory of Multimedia learning (Mayer, 2014a, S. 37) *20*
Abbildung 16 Lernstrukturgitter nach Kutzer, 1998, S. 26; abgerufen von Schulentwicklung NRW (2020) *29*
Abbildung 17 Modell Koch und Oesterreicher (1986), abgerufen aus (Dürscheid, 2016, S. 362) *32*
Abbildung 18 Repräsentationsebenen von Sprache (Leisen, Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht, 2013, S.152) *33*
Abbildung 19 Vergleich von Repräsentationsebenen nach Leisen (2013) und Ebenen nach Johnstone, eigene, abgeänderte Darstellung von Leisen, 2013, S.152 ..... *34*
Abbildung 20 Prinzip der kalkulierten Herausforderung im sprachsensiblen Fachunterricht nach Leisen (Leisen , 2020) *36*
Abbildung 21 eigene Darstellung Konkretisierungsraster, verändert nach Tajmel (2017, S. 77) *39*
Abbildung 22 Das Hamburger Verständlichkeitsmodell: Die vier Dimensionen der Verständlichkeit mit ihren Messskalen; abgerufen von (Schulz von Thun, 2011, S. 172) abgerufen aus (Merkel, 2020, S. 39) *41*
Abbildung 23 Lehr-Lern-Modell nach Leisen, (Leisen, 2016, S. 27) *43*
Abbildung 24 Phasen des Design-Based-Research-Ansatzes (abgerufen aus Rott & Marohn, 2016) *47*
Abbildung 25 Differenzierung des Johnstone-Dreiecks in Fachbegriffe, Handlungsoperationen und mögliche Benennungsmöglichkeiten für Schülerinnen und Schüler *71*
Abbildung 26 Icon für die Beobachtungs-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt) *72*
Abbildung 27 Icon für die Vorstellungs-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt) *74*
Abbildung 28 Icon für die Symbol-Ebene (Dieses Icon wurde unter Verwendung von Ressourcen von Flaticon.com erstellt) *75*
Abbildung 29 Tabelle zur Spannungsreihe der Metalle (Barke & Dörfler, 2009, S.91) *85*
Abbildung 30 Modell für Differenzierungsmatrix im Projekt chem:LEVEL *90*
Abbildung 31 Differenzierungsmatrix als Vorgabe zur Lernumgebung *91*
Abbildung 32 Gesamtübersicht Lernumgebung chem:LEVEL in der App ‚Explain Everything' *97*
Abbildung 33 Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *99*
Abbildung 34 Beispiel Hilfebausteine, Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe *100*
Abbildung 35 Darstellung Basisinformation, Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe *101*
Abbildung 36 Beobachtungs-Ebene, 1.Differenzierungsstufe, Version 2.0 (links); Wechsel der Repräsentations-Ebenen, veränderte Zeichnung angelehnt an Leisen (2013b) *102*
Abbildung 37 Sicherungsbaustein, Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 2.0 ..... *103*
Abbildung 38 Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *104*
Abbildung 39 Knotenpunkt, Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 2.0 (oben), Sicherungsbaustein Beobachtungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe) (unten) *106*
Abbildung 40 Knotenpunkt Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *107*
Abbildung 41 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *109*
Abbildung 42 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 1 ..... *110*

Abbildung 43 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 2-3 ..... *111*
Abbildung 44 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 4-5 ..... *111*
Abbildung 45 Modell Ionenbildungsreaktion in der Zink-Halbzelle, Serienbild 6-7 ..... *112*
Abbildung 46 Modell Daniell Element auf submikroskopischer Ebene *112*
Abbildung 47 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 2.0 ..... *113*
Abbildung 48 Animation 1, Vorstellungs-Ebene (1.Differenzierungsstufe), Version 2.0 ..... *114*
Abbildung 49 Hilfebaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Elektronenabgabe *114*
Abbildung 50 Hilfebaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Elektronenabgabe, Bildfolge Animation *115*
Abbildung 51 Sicherungsbaustein Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe) *116*
Abbildung 52 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *117*
Abbildung 53 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsebene, Version 2.0 ..... *118*
Abbildung 54 Knotenpunkt Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *120*
Abbildung 55 Knotenpunkt, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 2.0 ..... *121*
Abbildung 56 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *122*
Abbildung 57 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsebene, Version 1.0 ..... *124*
Abbildung 58 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Version 2.0 ..... *125*
Abbildung 59 Knotenpunkt, Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Version 1.0 ..... *126*
Abbildung 60 Screenshot Partnergruppe 3, Bearbeitung Vorstellungs-Ebene (1. Differenzierungsstufe), Aufgabe: Beschreibe die Reaktion in der Zink-Halbzelle *128*
Abbildung 61 Lernumgebung chem:LEVEL, Version 2.0 ..... *129*
Abbildung 62 Sicherungsknoten, Version 2.0 ..... *130*
Abbildung 63 Darstellung der Videoaufzeichnungen im Projekt chem:LEVEL *134*
*Abbildung 64 Antwort Schüler*in 2.2 (links) und Schüler*in 11.2 (rechts) zur Aufgabenstellung 6, Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *148*
*Abbildung 65 Antwort Schüler*in 2.2 zur Aufgabenstellung 1a1, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *150*
*Abbildung 66 Antwort Schüler*in 9.2 (links)/Schüler*in 8.1 (rechts), Aufgabe 1, Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *166*
Abbildung 67 Auswertebogen 1 für Pre-Test *173*
Abbildung 68 Vergleich der relativen Punkteverteilung h(r) der einzelnen Aufgabenstellungen im Pre-Post-Vergleich *180*
Abbildung 69 Vergleich der relativen Punkteverteilung im Pre-Post-Design, Aufgabe 3, 4 und 7 sowie deren Summen *183*
*Abbildung 70 Beispiel Partnergruppe 11 – unterschiedlich formulierte, schriftliche Antworten, Angabe Schüler*in 11.1 (oben), Angabe Schüler*in 11.2 (unten)* *199*
*Abbildung 71 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', schriftliche Angaben Symbol-Ebene, 1.Differenzierungsstufe, Schüler*in 6.1 (links), Schüler*in 6.2 rechts* *205*
*Abbildung 72 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Schüler*in 3.1, Aufgabe 1, Vorstellungs-Ebene, 2.Differenzierungsstufe* *208*
Abbildung 73 Verteilung der fachsprachlichen Kategorienzuordnung, Pre-Test, Aufgaben 3 und 4 ..... *224*
Abbildung 74 Vergleich der relativen Verteilung der fachsprachlichen Kategorienauswertung im Pre-, Post- und follow up-Test, Aufgaben 3 und 4 ..... *225*
Abbildung 75 Explorative Aussagen fachsprachliche Auswertung Post-Test, Aufgabe 3 ..... *228*
Abbildung 76 Codesystem der Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene, Auszug aus MAXQDA *233*
Abbildung 77 Codesystem für Ablenkungen in der Bearbeitung *233*
Abbildung 78 Absolute Verteilung der codierten Sequenzen in den codierten Sequenzen der Partnergruppen und im arithmetischen Mittel der Aufgabenstellungen *238*
Abbildung 79 Berichtigung der Formulierung 'Zink-Lon' zu 'Zink-Ion' *246*
Abbildung 80 Relativer Anteil der aktiven Arbeitszeit der Knotenpunkte *261*
Abbildung 81 Codeline Bearbeitung Knotenpunkte *262*
Abbildung 82 relative Verteilung der Arbeitsweisen - Subfrage 3.3 ..... *271*
Abbildung 83 relativer Vergleich Arbeitsweisen - Differenzierung der Ebenen - Subfrage 3.3 ..... *272*
Abbildung 84 Das Johnstone-Dreieck für den Einsatz im Chemie Unterricht *287*
Abbildung 85 entwickelte Differenzierungsmatrix für das Johnstone-Dreieck im Chemieunterricht *288*

5.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Tabellarische Darstellung Projektverlauf chem:LEVEL *50*
*Tabelle 2 schriftliche Beobachtung zur Zinkiodid-Elektrolyse, Student*in ON25* *60*
Tabelle 3 absolute Verteilung der Kategorien, Ebenenvermischung in Angaben von Studierenden *61*
Tabelle 4 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 1 (Ankerbeispiel) *62*
Tabelle 5 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 2 (Ankerbeispiel) *63*
Tabelle 6 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 3 (Ankerbeispiel) *64*
Tabelle 7 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 4 (Ankerbeispiel) *66*
Tabelle 8 Auswertung schriftliche Angaben Studierende, Kategorie 7 (Ankerbeispiel) *67*
Tabelle 9 Aufgabenstellungen Pre-Post-Design *136*
Tabelle 10 Allgemeines Schema für Kategoriendefinitionen (Kuckartz & Rädiker, 2019, S. 101) *139*
*Tabelle 11 Antwort Schüler*in 1.1 zur Aufgabenstellung 2c) des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene* *143*
Tabelle 12 Konkretisierungsraster zur Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene *144*
*Tabelle 13 Antwort Schüler*in 3.1 zur Aufgabenstellung 1a), Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *145*
*Tabelle 14 Farbliche Codierung der Antworten der Schüler*innen; differenziert nach fachlicher Korrektheit* *146*
Tabelle 15 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Teilnehmenden zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe *147*
*Tabelle 16 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *149*
*Tabelle 17 Antwort Schüler*in 4.2 zur Aufgabenstellung 1e, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *151*
*Tabelle 18 Antwort Schüler*in 1.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *152*
*Tabelle 19 Antwort Schüler*in 12.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *152*
Tabelle 20 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Teilnehmenden zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe *153*
*Tabelle 21 Antwort Schüler*in 8.1 zur Aufgabenstellung 1a, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *153*
*Tabelle 22 Antwort Schüler*in 6.2 zur Aufgabenstellung 1b, Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* *154*
*Tabelle 23 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *155*
*Tabelle 24 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *156*
*Tabelle 25 Antwort Schüler*in 3.1 zur Aufgabenstellung 1b, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *157*
*Tabelle 26 Antwort Schüler*in 6.1 zur Aufgabenstellung 1b, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *158*
*Tabelle 27 Antworten Schüler*in 5.1 und Schüler*in 2.1 zu Aufgabe 3, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *159*
*Tabelle 28 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *159*
*Tabelle 29 Antwort Schüler*in 4.1 zur Aufgabenstellung 1, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *160*
*Tabelle 30 Antwort Schüler*in 10.1 zur Aufgabenstellung 2, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* *160*
*Tabelle 31 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *162*
*Tabelle 32 Antwort Schüler*in 10.1 zur Aufgabenstellung 1a, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *162*
*Tabelle 33 Antwort Schüler*in 10.1 und Schüler*in 6.1, Schüler*in 6.2 zur Sprinter-Aufgabe, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *163*
*Tabelle 34 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *164*
*Tabelle 35 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* *165*

*Tabelle 36 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen des Sicherungsknotens* 167
*Tabelle 37 fachinhaltliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der 1. Differenzierungsstufe: 1d, 1e; der 2. Differenzierungsstufe: 1a, 1b, 3* 168
Tabelle 38 absolute Verteilung der Kategorien in der Auswertung der Aufgaben 1d, 1e, 2b, 2c (1. Differenzierungsstufe), Aufgaben 1a, 1b (2. Differenzierungsstufe) 169
*Tabelle 39 Auszug Pre-Test von Schüler*in 6.1, Aufgabenstellung 1* 173
Tabelle 40 erwartete Zuordnung zu Aussagesätzen, Post-Test 174
Tabelle 41 numerische Auswertung Pre-Test 175
*Tabelle 42 Auszug Pre-Test von Schüler*in 6.1, Aufgabenstellung 1* 176
*Tabelle 43 Auszug Pre-Test von Schüler*in 10.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)* 176
*Tabelle 44 Auszug Pre-Test von Schüler*in 1.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)* 177
*Tabelle 45 Auszug Pre-Test von Schüler*in 7.2, Aufgabenstellung 1 (Ankerbeispiel)* 177
Tabelle 46 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung des Pre-Tests 178
Tabelle 47 numerische Auswertung Post-Test 179
Tabelle 48 Vergleich der Punkteverteilung im Pre-Post-Design, Aufgabenstellung 3, 4 und 7 181
*Tabelle 49 Antwort Schüler*in 4.2 Pre-Test, Aufgabenstellung 3* 182
*Tabelle 50 Antwort Schüler*in 4.2 Post-Test, Aufgabenstellung 7* 182
Tabelle 51 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung der Pre- und Post-Tests 183
Tabelle 52 exemplarischer Vergleich der verschriftlichten Antworten im Pre-Post-Design 184
Tabelle 53 Verteilung der beantworteten Zuordnungen zu Aussagesätzen, Post-Test Aufgabe 8 185
Tabelle 54 induktive Codierung, Beschreibung der Beobachtungs-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 9 186
Tabelle 55 induktive Codierung, Beschreibung der Vorstellungs-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 10 187
Tabelle 56 induktive Codierung, Beschreibung der Symbol-Ebene nach Johnstone aus der Metaperspektive, Post-Test Aufgabe 11 188
Tabelle 57 numerische Auswertung follow up Test 189
Tabelle 58 absolute Verteilung der Fehlerkategorien in der Auswertung des follow up-Tests 190
Tabelle 59 Konkretisierungsraster zur Aufgabenstellung 4 des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene 194
*Tabelle 60 Antwort Schüler*in 1.1 zur Aufgabenstellung 2c) des ersten Knotenpunktes der Vorstellungs-Ebene* 195
*Tabelle 61 Antwort von Schüler*in 5.1 zur Aufgabenstellung 1a des ersten Knotenpunktes der Symbol-Ebene* 195
*Tabelle 62 Antwort Schüler*in 12.1 zur Aufgabenstellung 1) des Sicherungsknotens* 196
*Tabelle 63 Farbliche Codierung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen; differenziert nach fachlicher Korrektheit und Übereinstimmung innerhalb einer Partnergruppe* 197
*Tabelle 64 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* 198
*Tabelle 65 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* 201
Tabelle 66 Codierung 'fachsprachlich-falsche Antworten', Teilnehmendenantworten 202
*Tabelle 67 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 1. Differenzierungsstufe* 204
*Tabelle 68 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* 206
*Tabelle 69 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* 208
Tabelle 70 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angaben der Teilnehmenden, Vorstellungs-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Aufgabe 3 209
*Tabelle 71 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe* 210
*Tabelle 72 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Symbol-Ebene, 2. Differenzierungsstufe, Aufgabe 2, Schüler*in 8.1/8.2, Schüler*in 9.1/9.2, Schüler*in 10.1* 211
*Tabelle 73 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe* 213
Tabelle 74 Codierung 'fachsprachlich-falsche Formulierungen', Angabe der Teilnehmenden, Vorstellungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe, Aufgabe 1a, 1b und Sprinter-Aufgabe 214

Verzeichnisse

*Tabelle 75 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Beobachtungs-Ebene, 3. Differenzierungsstufe 217*
*Tabelle 76 fachsprachliche Auswertung der schriftlichen Antworten der Schüler*innen zu den Aufgabenstellungen der Sicherungsknoten 218*
*Tabelle 77 schriftliche Antwort Pre-Test, Aufgabe 3, Schüler*in 3.1 ..... 220*
Tabelle 78 Definition induktive Kategorienbildung - fachsprachliche Angaben im Pre-Post-Test 221
Tabelle 79 Auswertung der Kodierung der Pre-Post-Test, fachsprachliche Angaben 223
Tabelle 80 Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen im Pre-Test, Aufgabe 3 und 4 227
*Tabelle 81 Explorative Aussage Schüler*in 1.1 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen 229*
*Tabelle 82 Explorative Aussage Schüler*in 4.1 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen 230*
*Tabelle 83 Explorative Aussage Schüler*in 9.2 zur Vermischung von makroskopischen und submikroskopischen Formulierungen 231*
Tabelle 84 Kodierleitfaden Code 2.3 fachsprachlich-falsche Kommunikation 234
Tabelle 85 Codierleitfaden Code 2.3 Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene 235
Tabelle 86 Berechnung der absoluten Zeit einer Partnergruppe mit fachsprachlich-korrekten Äußerungen 236
Tabelle 87 Berechnung der relativen Zeit der fachsprachlich-korrekten Äußerungen 236
Tabelle 88 Durchschnittliche tatsächliche Bearbeitungszeit der Aufgabenstellungen in Minuten (Min:Sek) 237
Tabelle 89 Gesamtübersicht der absoluten, tatsächlichen Bearbeitungszeit der Aufgabenstellungen in Min. und der relativen, fachsprachlich korrekten Äußerungen der Teilnehmenden-Kommunikation in Prozent. 237
Tabelle 90 Farbliche Kategorisierung der relativen, fachsprachlich-korrekten Kommunikation der Schülerinnen und Schüler 238
Tabelle 91 absolute Verteilung der codierten Fehlersequenzen zu den Fehlerkategorien 241
Tabelle 92 Ankerbeispiel ‚fehlende Benennung/Differenzierung von Teilchen' – Partnergruppe 8, Bearbeitung Aufgabe 3 242
Tabelle 93 Ankerbeispiel ‚Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene in der verbalen Kommunikation', Partnergruppe 10, Bearbeitung Aufgabe 1a 243
Tabelle 94 Ankerbeispiel ‚Vermischung von submikroskopischer und Symbol-Ebene in der verbalen Kommunikation' Partnergruppe 6, Bearbeitung Aufgabe 3 244
Tabelle 95 Ankerbeispiel 'alternative Benennung von Teilchen', Partnergruppe 2, Aufgabe 2 245
Tabelle 96 Ankerbeispiel 'Falsche Verbalisierung des Begriffs 'Ion'', Partnergruppe 8, Aufgabe 1b 245
Tabelle 97 Ankerbeispiel ‚Farbigkeit bei submikroskopischen Erklärungen, Partnergruppe 2, Aufgabe 2 247
Tabelle 98 Ankerbeispiel Metakommunikation 'Austausch über Fachbegriffe' 247
Tabelle 99 Ankerbeispiel Metakommunikation 'Suche nach Fachbegriffen' 248
Tabelle 100 Ankerbeispiel 'Austausch über Fachbegriffe' 249
Tabelle 101 Ankerbeispiel 'Umgang mit Fachbegriffen' - Metakommunikation 249
Tabelle 102 Ankerbeispiel 'Austausch über Fachbegriffe' 250
Tabelle 103 Ankerbeispiel Metakommunikation ‚Suchen von Begriffen Suchsel', MK4 250
Tabelle 104 Ankerbeispiel Metakommunikation ‚Suchen von Begriffen Suchsel', MK6 251
Tabelle 105 nicht-codierbare Videosequenzen 256
Tabelle 106 Kodierleitfaden Subfrage 3.1 Wie viel Zeit benötigen die Schülerinnen und Schüler für die Bearbeitung der einzelnen Knotenpunkte? 258
Tabelle 107 Farbcodierung Arbeitszeiten – Codeline 259
Tabelle 108 Zeitcodierung Knotenpunkte 260
Tabelle 109 Kodierleitfaden Subfragestellung 3.2 - Nutzen optionaler Bestandteile 263
Tabelle 110 Absolute Verteilung Nutzung von optionalen Elementen 265
Tabelle 111 Kodierleitfaden Arbeitsweisen - Subfrage 3.3 269
Tabelle 112 Farbcodierung Arbeitsweisen - Subfrage 3.3 269
Tabelle 113 Absolute Verteilung Arbeitsweisen - Subfrage 3.3 271
Tabelle 114 Transkript exemplarisches Beispiel helfende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe) 273
Tabelle 115 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 10, Symbol-Ebene (1.Differenzierungsstufe) 275

Tabelle 116 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (3.Differenzierungsstufe)..... 276
Tabelle 117 Kodierleitfaden Subfrage 3.4 - Inwieweit können die Schülerinnen und Schüler die Lernaufgaben eigenständig erarbeiten?..... 279
Tabelle 118 absolute Verteilung - Stolpersteinsituationen in den Arbeitsphasen 280
*Tabelle 119 Antwort Schüler*in 12.2 zur Aufgabenstellung 1d, Vorstellungs-Ebene, 1. Differenzierungsstufe..... 291*
Tabelle 120 Transkript exemplarisches Beispiel kollaborierende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (3.Differenzierungsstufe)..... 291
Tabelle 121 Transkript exemplarisches Beispiel helfende Arbeitsweise, Gruppe 5, Vorstellungs-Ebene (2.Differenzierungsstufe)..... 292

6. Anhang

I. Befragung von Erstsemesterstudierenden

Code:

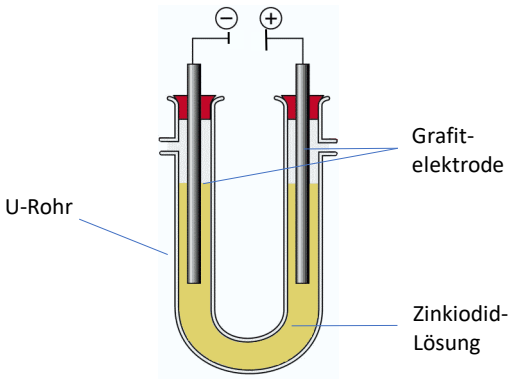
Zweiter Buchstabe Ihres Vornamens.	Dritter Buchstabe Ihres Nachnamens.	Der Tag an dem Sie geboren wurden. (Ohne Monat und Jahr)

Anlegen einer Gleichspannung in einer Zinkiodid-Lösung

Materialien: U-Rohr mit seitlichen Ansätzen, 2 Grafitelektroden, 2 durchbohrte Stopfen, Stativmaterial, zwei Experimentierkabel, Schmirgelpapier, Gleichspannungsnetzgerät, Spatel, Messzylinder, Becherglas, Waage, Trichter

Chemikalien: Zinkiodid; destilliertes Wasser

Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

1. Lösen Sie 0,68 g Zinkiodid in 35 mL destillierten Wasser. Sie erhalten dadurch eine 0,1 molare Zinkiodid-Lösung
2. Geben Sie die Zinkiodid-Lösung in das U-Rohr und spannen Sie das U-Rohr in das Stativ ein.
3. Reinigen Sie die Grafitelektroden mit dem Schmirgelpapier und tauchen Sie die Grafitelektroden in die Lösung ein.
4. Verbinden Sie die Grafitelektroden über die Kabel mit dem Gleichspannungsnetzgerät.
5. Legen Sie eine Gleichspannung von 10 V an. an.
6. Beobachten Sie die Vorgänge 5-10 Minuten lang.

WWU MÜNSTER

Chemie Didaktik Münster

Code:

Zweiter Buchstabe Ihres Vornamens.	Dritter Buchstabe Ihres Nachnamens.	Der Tag an dem Sie geboren wurden. (Ohne Monat und Jahr)

Beobachtungen:

Beobachtungen am Minuspol:

Beobachtungen am Pluspol

Sonstiges

Entsorgung: Die Reste der Zinkiodid-Lösung werden im bereitstehenden Behälter gesammelt und später mit Zinkpulver regeneriert.

Auswertebogen Anlegen einer Gleichspannung in einer Zinkiodid-Lösung

Code:

Zweiter Buchstabe Ihres Vornamens.	Dritter Buchstabe Ihres Nachnamens.	Der Tag an dem Sie geboren wurden. (Ohne Monat und Jahr)

Lösevorgang

1. Sie haben Zinkiodid in Wasser gelöst. **Beschreiben und zeichnen** Sie, wie Sie sich den **Lösevorgang des Zinkiodids auf Teilchenebene** vorstellen. **Beschriften** Sie Ihre Zeichnung.

WWU MÜNSTER

Chemie Didaktik Münster

Code:

Zweiter Buchstabe Ihres Vornamens.	Dritter Buchstabe Ihres Nachnamens.	Der Tag an dem Sie geboren wurden. (Ohne Monat und Jahr)

Abscheidungsprozesse

2. Sie haben eine Gleichspannung von 10 V angelegt und beobachtet, dass sich am Minuspol ein gräulicher Überzug aus elementarem Zink bildet und am Pluspol ein rotbrauner Stoff (elementares Iod) abscheidet. **Beschreiben und Zeichnen** Sie auf, wie Sie sich **die Abscheidungsprozesse auf Teilchenebene** vorstellen. **Beschriften** Sie ihre Zeichnung.

WWU MÜNSTER

Chemie Didaktik Münster

Code:

Zweiter Buchstabe Ihres Vornamens.	Dritter Buchstabe Ihres Nachnamens.	Der Tag an dem Sie geboren wurden. (Ohne Monat und Jahr)

Elektrolyse von Zinkiodid

Führt man in einer wässrigen Zinkiodid-Lösung eine Elektrolyse durch, erkennt man am Minuspol (Kathode) einen Überzug von grauen Zink-Atomen und am Pluspol (Anode) Schlieren von braun-gelben Iod-Atomen.

In der wässrigen Zinkiodid-Lösung sind die Ionen frei beweglich. Positiv geladene Zinkionen wandern zur Kathode und werden an dieser entladen. Durch Aufnahme von Elektronen bildet sich aus den Zinkionen elementares Zink. Vgl. Abbildung 1

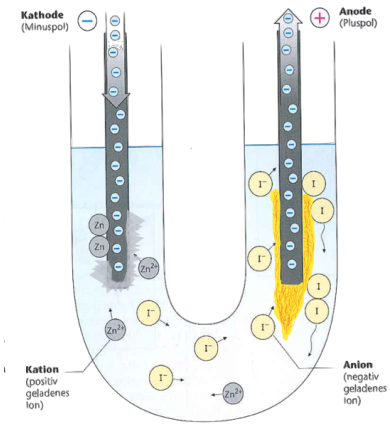


Abbildung 1: Modelldarstellung Elektrolyse von Zinkiodid

Zinkionen + Elektronen → Zink

Negativ geladene Iodidionen wandern zur Anode. An der Anode geben Iodidionen Elektronen ab und reagieren zu elementarem Iod.

Iodidionen → Iod + Elektronen

Mithilfe des elektrischen Stroms wird Zinkiodid in Zink und Iod zerlegt.

$$\text{Zinkiodid} \xrightarrow{\text{Elektrolyse}} \text{Zink} + \text{Iod}$$

Bei allen Elektrolysen mit Halogeniden wandern positiv geladene Metallionen zur Kathode und bilden durch Aufnahme von Elektronen zu ihrem Metall. Negativ geladene Halogenidionen geben an der Anode Elektronen ab und reagieren zu ihrem Halogen.

$$\text{Metallhalogenid} \xrightarrow{\text{Elektrolyse}} \text{Metall} + \text{Halogen}$$

Leitfragen für das Interview

Stellen Sie sich vor, Sie sind Chemielehrer/Chemielehrerin einer 9. Klasse und bekommenden folgenden Schulbuchtext vorgelegt. Lesen Sie sich den vorliegenden Schulbuchtext durch.

1. Teil Schulbuchtext; offene Befragung:

Geben Sie Ihre Meinung zu dem Schulbuchtext und den Abbildungen wieder.

→ Welche Zeilennummer beschreiben Sie?
→ Warum finden Sie diese Stelle gut/schlecht/passend/unpassend/...?
→ (Wenn eine Textstelle als schlecht/unpassend angemerkt wird:) Schlagen Sie eine andere Formulierung an der genannten Textstelle vor!

2. Teil Schulbuchseite vor sprachlichem Hintergrund betrachten:

Geben Sie Ihre Meinung zu dem Schulbuchtext und den Abbildungen wieder, wenn Sie die sprachlichen Formulierungen berücksichtigen sollen.

→ Fällt Ihnen etwas auf?
→ Welche Zeilennummer beschreiben Sie?
→ Warum finden Sie die sprachliche Formulierung gut/schlecht/passend/unpassend/...?
→ (Wenn eine Textstelle als schlecht/unpassend angemerkt wird:) Schlagen Sie eine andere Formulierung an der genannten Textstelle vor!

3. Teil Schulbuchseite nach Denkmodell nach Alex H. Johnstone

Kennen Sie das Johnstone Dreieck nach Alex H. Johnstone?
→ Falls ja, was kennen Sie davon? (Dann zur Erklärung)
→ Falls nein, direkt zur Erklärung.

Beschreibung des Denkmodells des Johnstone Dreiecks anhand des Anhangblattes

Schauen Sie sich die Schulbuchseite nun vor dem Hintergrund des Denkmodells des Johnstone Dreiecks an.
→ Wo finden Sie das Johnstone Dreieck im Text oder den Abbildungen wieder?
→ Welche Zeilennummer beschreiben Sie?
→ Bewerten Sie die Darstellung der genannten Textpassage/des Bildes?
→ Warum finden Sie die Darstellung der genannten Textpassage gut/schlecht/passend/unpassend?
→ (Wenn eine Textstelle als schlecht/unpassend angemerkt wird:) Schlagen Sie eine andere Formulierung an der genannten Textstelle vor!

Chemikerinnen und Chemiker achten darauf, dass diese Denkebenen nicht miteinander vermischt werden.
→ Sehen Sie im Text oder in den Abbildungen Vermischungen der Denkebenen?
→ Welche Zeilennummer beschreiben Sie?
→ Bewerten Sie die beschriebene Vermischung?
→ Warum finden Sie die beschriebene Vermischung gut/schlecht/passend/unpassend/...?
→ Welche Formulierung/Darstellung würden Sie wählen?

Alex H. Johnstone sieht eine Gefahr darin, wenn die Denkebenen in Darstellungen und der Kommunikation vermischt werden.
→ Haben Sie eine mögliche Erklärung dafür?

Der Studierende hat keine Anmerkungen mehr zum Text.

Bewerten Sie folgende Formulierungen (falls nicht bereits genannt oder thematisiert):
→erkennt man am Minuspol einen Überzug von grauen Zink-Atomen
→ [erkennt man] Schlieren von braun-gelben Iod-Atomen
→ Durch Aufnahme von Elektronen bildet sich aus den Zinkionen elementares Zink
→ Zinkionen + Elektronen → Zink
→ An der Anonde geben Iodidionen Elektronen ab und reagieren zu elementarem Iod
→ Iodidionen → Iod + Elektronen
→ Metallionen bilden durch Aufnahme von Elektronen ihr Metall
→ Halogenidionen geben Elektronen ab und reagieren zu ihrem Halogen
→ Abbildung 2: Welche Darstellungsebenen erkennen Sie? Und woran erkennen Sie diese?

WWU MÜNSTER

Chemie Didaktik Münster

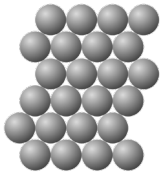
Johnstone Dreieck

Chemikerinnen und Chemiker können fachliche Prozesse auf drei verschiedenen Denk- und Darstellungsebenen verfolgen und kommunizieren.

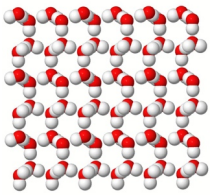


Makroskopische Ebene

Die Makroskopische oder auch Beobachtungsebene beschreibt alle Vorgänge, die Chemikerinnen und Chemiker sehen, fühlen, riechen, ... können.



Submikroskopische Ebene



Die Submakroskopische oder auch Modellebene gibt die Vorstellungen über den Atombau, Strukturen von Molekülen, Vorstellungen von Reaktionsabläufen auf Modellebenen, ... wieder.

Symbolebene

$H_2O_{(s)}$

Die Symbol- oder Darstellungsebene stellt die chemischen Abläufe in Symbolen, Formeln, Buchstaben dar. Es wird stöchiometrisch und mit Tabellen und Grafen gearbeitet.

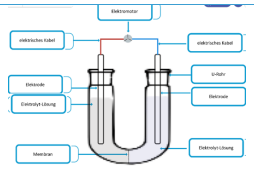
II. Konkretisierungsraster

Beobachtungsebene							
Stufe 1							
		Aufgabe 1	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**	**Aufgabe 4**	**Aufgabe 5**	**Aufgabe 6**
Aufgabenstellung		Schaue dir den Experimentaufbau auf dem Foto an. Baue das Experiment auf	Verbinde die Elektroden mithilfe der Krokodilklemmen mit einem Elektromotor. Notiere deine Beobachtungen.	Tausche den Elektromotor gegen einen Summer. Notiere deine Beobachtungen.	Tausche den Summer gegen eine LED. Notiere deine Beobachtungen.	Tausche die LED gegen ein Voltmeter. Miss die elektrische Spannung.	Die Zeichnung stellt das Daniell-Element dar. Beschrifte mithilfe der Wortbausteine die Zeichnung. Markiere mit einem Pfeil, welche Bestandteile du benennst.
Sprachhandlung			Notieren	Notieren	Notieren	Messen	Beschriften, Markieren
Ausformulierter Erwartungshorizont			Der Elektromotor dreht sich.	Der Summer piept unregelmäßig.	Die LED leuchtet nicht.	Die elektrische Spannung beträgt … V	
sprachliche Mittel	**Wortebene**		-r Elektromotor, dreht sich (Verb mit Reflexivpronomen)	-r Summer, piept, unregelmäßig	-e LED, leuchtet	- die Spannung, elektrisch, beträgt	-r Elektromotor, -s elektrische Kabel, -e Zink-Elektrode, -e Zinksulfat-Lösung, -e Kupfersulfat-Lösung, -e Kupfer-Elektrode
	Satz- und Textebene				leuchtet nicht (Verneinung)		

Beobachtungsebene							
Stufe 2							
		Aufgabe 1	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**	**Aufgabe 4**	**Aufgabe 5**	**Aufgabe 6**
Aufgabenstellung		Baue ein weiteres Experiment auf.	Verbinde die Elektroden mithilfe der Krokodilklemmen mit einem Elektromotor. Notiere deine Beobachtungen. Dreht sich der Elektromotor langsamer, schneller oder gleich schnell als in Versuch 1?	Tausche den Elektromotor gegen einen Summer. Notiere deine Beobachtungen. Piept der Summer lauter, leiser oder gleich laut als in Versuch 1?	Tausche den Summer gegen eine LED. Notiere deine Beobachtungen.	Tausche die LED gegen ein Voltmeter. Miss die elektrische Spannung.	Baue ein weiteres Experiment auf.
Sprachhandlung			Notieren	Notieren	Notieren	Messen	
Ausformulierter Erwartungshorizont			Der Elektromotor dreht sich schneller als in Versuch 1.	Der Summer piept lauter als in Versuch 1.	Die LED leuchtet nicht.	Die elektrische Spannung beträgt … V	
sprachliche Mittel	**Wortebene**		-r Elektromotor, drehen, schnell	-r Summer, piept, laut	-e LED, leuchtet	- die Spannung, elektrisch, beträgt	

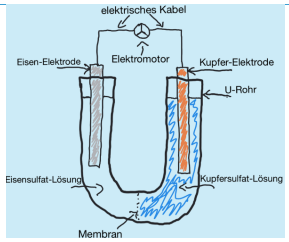
	Satz- und Textebene		schneller als (Komparativ) dreht sich (Verb mit Reflexivpronomen)	lauter als (Komparativ)	leuchtet nicht (Verneinung)		

Beobachtungsebene					
Stufe 2					
	Aufgabe 7	**Aufgabe 8**	**Aufgabe 9**	**Aufgabe 10**	**Aufgabe 11**
Aufgabenstellung	Verbinde die Elektroden mithilfe der Krokodilklemmen mit einem Elektromotor. Notiere deine Beobachtungen. Dreht sich der Elektromotor langsamer, schneller oder gleich schnell als in Versuch 1 und Versuch 2?	Tausche den Elektromotor gegen einen Summer. Notiere deine Beobachtungen. Piept der Summer lauter, leiser oder gleich laut als in Versuch 1 und Versuch 2?	Tausche den Summer gegen eine LED. Notiere deine Beobachtungen.	Tausche die LED gegen ein Voltmeter. Miss die elektrische Spannung.	Das Bild zeigt einen allgemeinen Aufbau einer galvanischen Zelle. Schiebe die Wortbausteine an die passenden Stellen.
Sprachhandlung	Notieren	Notieren	Notieren	Messen	

Ausformulierter Erwartungshorizont		Der Elektromotor dreht sich schneller als in Versuch 1.	Der Summer piept lauter als in Versuch 1.	Die LED leuchtet.	Die elektrische Spannung beträgt … V	
sprachliche Mittel	**Wortebene**	-r Elektromotor, drehen , schnell	-r Summer, piept, laut	-e LED, leuchtet	- die Spannung, elektrisch, beträgt	
	Satz- und Textebene	schneller als (Komparativ) dreht sich (Verb mit Reflexivpronomen)	lauter als (Komparativ)			

Beobachtungsebene		
Stufe 3		
	Aufgabe 1	**Aufgabe 2**

Anhang

Aufgabenstellung		Du hast nun drei verschiedene Galvanische Zellen kennengelernt. Stelle dir vor du hast die Metalle Eisen und Kupfer. Zeichne auf einem Blatt Papier einen Versuchsaufbau	Drehe ein Erklär-Video, in dem du andere davon überzeugst, dass sie Batterien nicht im Hausmüll entsorgen.
Sprachhandlung			Erklären
Ausformulierter Erwartungshorizont			Batterien enthalten Stoffe, die recyclet werden können. Außerdem enthalten Batterien gesundheits- und umweltgefährdende Stoffe. Deshalb sollten Batterien nicht im Hausmüll entsorgt werden.
sprachliche Mittel	**Wortebene**	-r Elektromotor, -s elektrische Kabel, -e Eisen-Elektrode, -e Eisensulfat-Lösung, -e Kupfersulfat-Lösung, -e Kupfer-Elektrode, -s U-Rohr, -e Membran	-e Batterie (-n), enthalten, -r Stoff (-e), recyclen, gesundheitsgefährdend, umweltgefährdend, -r Hausmüll, entsorgt
	Satz- und Textebene		recyclet werden können, nicht entsorgt werden (Passiv und Verneinung) gesundheits- umweltgefährdend (Adjektivkomposita) …, die recyclet werden können (Relativsatz) Deshalb … (Konsekutivsatz) Außerdem, Deshalb (Konjunktionen)

Vorstellungsebene					
Stufe 1					
	Aufgabe 1a	**Aufgabe 1b**	**Aufgabe 1c**	**Aufgabe 1d**	**Aufgabe 1e**
Aufgabenstellung	Vervollständige die Sätze.	Beschreibe aus welchen Teilchen die Zink-Halbzelle aufgebaut ist.	Beschreibe aus welchen Teilchen die Kupfer-Halbzelle aufgebaut ist.	Beschreibe die Reaktion in der Zink-Halbzelle	Beschreibe die Reaktion in der Kupfer-Halbzelle
Sprachhandlung	Vervollständigen	Beschreiben	Beschreiben	Beschreiben	Beschreiben

Ausformulierter Erwartungshorizont		**a) Vervollständige die Sätze.** 1. Das Daniell-Element hat drei Teile: Zink-Halbzelle Kupfer-Halbzelle elektrischer Leiter 2. Die Elektronen wandern von der Zink-Halbzelle über den elektrischen Leiter zur Kupfer-Halbzelle .	Die Zink-Halbzelle ist aus Zink-Atomen, Zink-Ionen und Sulfat-Ionen aufgebaut.	Die Kupfer-Halbzelle ist aus Kupfer-Atomen, Kupfer-Ionen und Sulfat-Ionen aufgebaut.	Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Zink-Ion.	Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom.
sprachliche Mittel	**Wortebene**	-e Zink-Halbzelle, -e Kupfer-Halbzelle, -r elektrische Leiter	- e Zink-Halbzelle, -s Zink-Atom (-e), -s Zink-Ion (-en), -s Sulfat-Ion (-en), aufgebaut	- e Kupfer-Halbzelle, -s Kupfer-Atom (-e), -s Kupfer-Ion (-en), -s Sulfat-Ion (-en), aufgebaut	-s Zink-Atom, -s Zink-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, zu etw. werden	-s Kupfer-Atom, -s Kupfer-Ion, -s Elektron (-en), aufnehmen, zu etw. werden
	Satz- und Textebene		aufgebaut aus + Dativ Aufzählung	aufgebaut aus + Dativ Aufzählung	gibt…ab (Verbklammer mit Partikelverb)	nimmt….auf (Verbklammer mit Partikelverb)

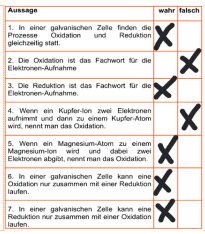
Vorstellungsebene						
Stufe 1						
	Aufgabe 1f	**Aufgabe 2a**	**Aufgabe 2b**	**Aufgabe 2c**	**Aufgabe 2d**	**Aufgabe 3**
Aufgabenstellung	Beschreibe die Bedeutung des elektrischen Leiters für die Reaktion	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. Schreibe jede Aussage um, so dass sie richtig wird.	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. Schreibe jede Aussage um, so dass sie richtig wird.	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. Schreibe jede Aussage um, so dass sie richtig wird.	Unten stehen vier Aussagen. Es haben sich einige Fehler eingeschlichen. Schreibe jede Aussage um, so dass sie richtig wird.	Finde und markiere die Fachwörter
Sprachhandlung	Beschreiben	Umschreiben	Umschreiben	Umschreiben	Umschreiben	
Ausformulierter Erwartungshorizont	Über den elektrischen Leiter fließen die Elektronen von der Zink-Halbzelle zu der Kupfer-Halbzelle.	In der Zink-Halbzelle sind Zink-Atome, Zink-Ionen und Sulfat-Ionen.	Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Zink-Ion.	Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom.	Über den elektrischen Leiter fließen die Elektronen.	

Anhang

sprachliche Mittel	**Wortebene**	über, -r elektrische Leiter, fließen, -s Elektron (-en), -e Zink-Halbzelle, -e Kupfer-Halbzelle	- e Zink-Halbzelle, -s Zink-Atom (-e), -s Zink-Ion (-en), -s Sulfat-Ion (-en)	-s Zink-Atom, -s Zink-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, zu etw. werden	-s Kupfer-Atom, -s Kupfer-Ion, -s Elektron (-en), aufnehmen, zu etw. werden	über, -r elektrische Leiter, fließen, -s Elektron (-en),	
	Satz- und Textebene	von +Dativ zu Dativ fließen, Über + Dativ (Präpositionen)	Aufzählung In + Dativ (Präposition)	gibt…ab (Verbklammer mit Partikelverb)	nimmt….auf (Verbklammer mit Partikelverb)	Über + Dativ (Präposition)	

Vorstellungsebene			
Stufe 2			
	Aufgabe 1	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**
Aufgabenstellung	Schaue dir die Animation an. Erkläre die dargestellten Reaktionen mithilfe des Lückentextes.	Erkläre die chemische Reaktion an der Magnesium-Silber-Batterie, indem du den Lückentext korrigierst. Streiche dazu nicht zutreffende Begriffe durch.	Unten ist eine Animation als Modell für die Reaktion in der Magnesium-Silber-Batterie. Nimm eine Audio-Aufnahme auf. Erkläre in der Audioaufnahme die chemischen Reaktionen.
Sprachhandlung	Erklären		Erklären

Ausformulierter Erwartungshorizont		**Erklärung:** Ein Magnesium-Atom wird zu einem Magnesium-Ion und zwei Elektronen Die Elektronen werden abgegeben **Erklärung:** Ein Kupfer-Ion und zwei Elektronen werden zu einem Kupfer-Atom. Die Elektronen werden aufgenommen	An der Magnesium-Elektrode wird jeweils ein Magnesium-Atom | Magnesium-Ion zu einem Magnesium-Atom | Magnesium-Ion. Es werden zwei Elektronen abgegeben | aufgenommen. Die Elektronen wandern zur Silber-Elektrode. Dort wird jeweils einem Silber-Atom | Silber-Ion ein Elektron entzogen | übertragen. Es entsteht jeweils ein positiv-geladenes | neutral-geladenes | negativ-geladenes Silber-Atom | Silber-Ion.	Ein Magnesium-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Magnesium-Ion. Zwei Silber-Ionen nehmen jeweils ein Elektron auf und werden zu einem Silber-Atom.
sprachliche Mittel	**Wortebene**	-s Magnesium-Atom, -s Magnesium-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, -s Kupfer-Ion, -s Kupfer-Atom, aufnehmen		-s Magnesium-Atom, -s Elektron (-en), -s Magnesium-Ion, -s Silber-Ion (-en), -s Silber-Atom, jeweils, abgeben, aufnehmen, zu etw. werden
	Satz- und Textebene	werden aufgenommen (Passiv)		gibt…ab, nehmen...auf (Verbklammer mit Partikelverb)

Vorstellungsebene				
Stufe 3				
	Aufgabe 1a	**Aufgabe 1b**	**Aufgabe 2**	**Sprinter-Aufgabe**
Aufgabenstellung	Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Minus-Pol, die du bisher kennengelernt hast.	Beschreibe die Gemeinsamkeiten der Reaktionen am Plus-Pol, die du bisher kennengelernt hast.	Kreuze an. Sind die Aufgaben wahr oder falsch?	Erkläre, was passiert sein kann, wenn eine Batterie als leer bezeichnet wird.
Sprachhandlung	Beschreiben	Beschreiben		Erklären
Ausformulierter Erwartungshorizont	Ein Atom gibt Elektronen ab und wird zu einem Ion.	Ein Ion nimmt Elektronen auf und wird zu einem Atom.		Die Batterie wird als leer bezeichnet, wenn am Minus-Pol alle Atome zu Ionen geworden sind und dadurch keine Elektronen mehr fließen.

sprachliche Mittel	**Wortebene**	-s Atom, -s Elektron (-en), -s Ion, zu etw. werden, abgeben	-s Atom, -s Elektron (-en), -s Ion, zu etw. werden, aufnehmen		-e Batterie, leer, bezeichnen, -r Minus-Pol, -s Atom (-e), -s Ion (-en), -s Elektron (-en), fließen
	Satz- und Textebene	gibt…ab (Verbklammer mit Partikelverb)	nimmt….auf (Verbklammer mit Partikelverb)		‚wenn…(Temporalsatz) wird… bezeichnet (Passiv)

Symbolebene						
Stufe 1						
	Aufgabe 1a	**Aufgabe 1b**	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**	**Aufgabe 4**	**Aufgabe 5**

Aufgabenstellung		Formuliere die Wortgleichungen für die chemischen Reaktionen mithilfe der Wortgeländer. a) Zink-Atom - abgeben -zwei Elektronen - werden - Zink-Ion	Formuliere die Wortgleichungen für die chemischen Reaktionen mithilfe der Wortgeländer. a) Kupfer-Ion - aufnehmen - zwei Elektronen - werden - Kupfer-Atom	Ordne anschließend die Satzbausteine zur passenden Wortgleichung. Reaktion am Minus-Pol, Reaktion am Plus-Pol	Ordne in die Lückenfelder ein	Der Prozess der Elektronen-Abgabe wird Oxidation genannt. Ordne in das passende Lückenfeld das Wort Oxidation.	Der Prozess der Elektronen-Aufnahme wird Reduktion genannt. Ordne in das passende Lückenfeld das Wort Reduktion.
Sprachhandlung		Formulieren	Formulieren				
Ausformulierter Erwartungshorizont		Ein Zink-Atom gibt zwei Elektronen ab und wird zu einem Zink-Ion.	Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom.	Reaktion am Minus-Pol zu 1a) Reaktion am Plus-Pol zu 1b)	Beide Reaktionen laufen gleichzeitig ab. So können diese in einer Wortreaktionsgleichung zusammengefasst werden. Oxidation gibt zwei Elektronen ab ein Zink-Atom + ein Kupfer-Ion ⟶ ein-Zink-Ion + ein Kupfer-Atom nimmt zwei Elektronen auf Reduktion		
sprachliche Mittel	**Wortebene**						
	Satz- und Textebene	gibt…ab (Verbklammer mit Partikelverb)	nimmt…auf (Verbklammer mit Partikelverb)				

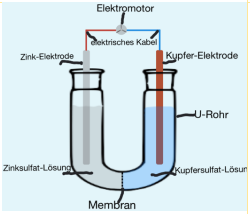
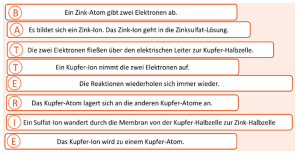
Symbolebene		
Stufe 2		
	Aufgabe 1	**Aufgabe 2**
Aufgabenstellung	Bringe die Bausteine in die richtige Reihenfolge. Erstelle so Wortgleichungen zu den Reaktionen der Magnesium-Kupfer-Batterie.	Trage in die Felder die passenden Bausteine für die Reaktionen der Magnesium-Silber-Batterie ein.
Sprachhandlung		Eintragen
Ausformulierter Erwartungshorizont	Oxidation: Ein Magnesium-Atom wird zu einem Magnesium-Ion und gibt zwei Elektronen ab 1 Mg → 1 Mg^{2+} + 2 e^- Reduktion: Ein Kupfer-Ion nimmt zwei Elektronen auf und wird zu einem Kupfer-Atom 1 Cu^{2+} + 2 e^- → 1 Cu	Oxidation: Ein Magnesium-Atom wird zu einem Magnesium-Ion und gibt zwei Elektronen ab 1 Mg ⟶ 1 Mg^{2+} + 2 e^- Reduktion: Ein Silber-Ion nimmt ein Elektron auf und wird zu einem Silber-Atom 1 Ag^+ + 1 e^- ⟶ Ag

sprachliche Mittel	**Wortebene**		-s Magnesium-Atom, -s Magnesium-Ion, -s Elektron (-en), abgeben, aufnehmen, -s Silber-Ion, -s Silber-Atom
	Satz- und Textebene		gibt…ab (Verbklammer mit Partikelverb) nimmt….auf (Verbklammer mit Partikelverb)

Symbolebene					
Stufe 3					
	Aufgabe 1	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**	**Aufgabe 4**	**Sprinter Aufgabe**
Aufgabenstellung	Vervollständige den Lückentext und lege dadurch eine chemische Theorie fest.	Notiere aus den Experimenten die gemessenen elektrischen Spannungen in dieser Tabelle.	Ordne die Metalle der Elektroden auf dem Strahl zu.	Kreuze an. Sind die Aussagen wahr oder falsch?	Auf der linken Seite siehst du die Symbol-Schreibweise von Zellen. Notiere in dieser Schreibweise die Verbindung von folgenden Halbzellen.

Sprachhandlung			Notieren	Zuordnen		Notieren
Ausformulierter Erwartungshorizont	**Redoxreaktionen:** Die Oxidation und die Reduktion sind Teilr immer gleichzeitig ab. Es findet dabei eine Übertragung von Elekt Bei der Teilreaktion Oxidation werden Elektron Bei der Teilreaktion Reduktion werden Elektror Lösungswörter:		Zelle | Spani Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu - Zelle | 1, Mg | Mg^{2+} || Cu^{2+} | Cu - Zelle | 2,7 Mg | Mg^{2+} || Ag^{+} | Ag - Zelle | 3,1	Magnesium Kupfer Zink	**Aussage** 1. Atome unedler Metalle geben Elektrone Batterie ab. 2. Je weiter die Metalle in der Redox-Spannu entfernt sind, desto höher wird die Spannung. 3. Es kann eine Spannung zwischen zwei b Halbzellen gemessen werden. 4. Atome edlerer Metalle nehmen immer auf.	**Zelle** Zink-Halbzelle und Gold-Halbzelle Eisen-Halbzelle und Kupfer-Halbzelle Aluminium-Halbzelle und Nickel-Halbzelle
sprachliche Mittel	**Wortebene**			-s Magnesium, -s Zink, -s Kupfer, -s Silber		
	Satz- und Textebene					

Sicherungsbaustein			
	Aufgabe 1	**Aufgabe 2**	**Aufgabe 3**

Aufgabenstellung		Die Zeichnung stellt das Daniell-Element dar. Beschrifte die einzelnen Bestandteile.	Die Satzbausteine erklären die chemischen Reaktionen im Daniell-Element. Ordne die Satzbausteine in die richtige Reihenfolge. Du erhältst ein passendes Lösungswort.	Das Reaktionsschema soll die Reaktionsgleichung in einer Formel darstellen. Vervollständige das Reaktionsschema.
Sprachhandlung		Beschriften		Vervollständigen
Ausformulierter Erwartungshorizont				
sprachliche Mittel	**Wortebene**	-r Elektromotor, -s elektrische Kabel, -e Zink-Elektrode, -e Zinksulfat-Lösung, -e Kupfersulfat-Lösung, -e Kupfer-Elektrode, -s U-Rohr, -e Membran		-e Oxidation, -e Reduktion, -s Zink-Atom, -s Zink-Ion, -s Kupfer-Ion, -s Elektron(-en)
	Satz- und Textebene			nimmt…auf (Verbklammer mit Partikelverb)

III. Auswertung Pre-Post-Test

1. **Nenne** die drei Ebenen der Chemie.

Je 1 Punkt für

Beobachtungsebene oder Makroskopische Ebene oder Synonyme:

- Experimentell/ Experimentelle Phase
- Beobachten
- Sehebene
- Beobachtungsphase
- Praktische Ebene
- Beobachtung
- Experimentierebene

Vorstellungsebene oder Submikroskopische Ebene oder Synonyme:

- Deutungsebene
- Vermutungsebene
- Denkphase
- Vorstellung
- Erklärebene
- Modellebene
- Teilchenebene

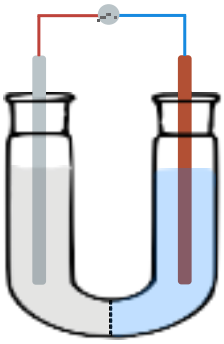
Symbolebene oder repräsentative Ebene oder Synonyme:

- Formelebene
- Darstellungsebene
- Symbolisch/ symbolig/ symbolische Ebene
- Symbol

- Schreibebene
- Aufschreibebene
- Zeichenebene

Alternativ auch eine Skizze der Icons

2. Die Zeichnung stellt das Daniell-Element dar. Das Daniell-Element ist eine Zink-Kupfer-Batterie.
   Beschrifte die Zeichnung mit den passenden Fachwörtern.



je 1 Punkt für die Benennung der Bestandteile: Verbrauchen, (Elektro-)kabel/leiter, Zinkelektrode, Kupferelektrode, Zinksulfat-Lösung, Kupfersulfat-Lösung, U-Rohr

auch richtig gewertet:
-Zink/Kupfer
-Zink-/Kupferstab/-stäbchen/-stange/-plättchen
- elektrische Leitung

- Leitungen

-Elektrolytlösung
-Anode/Kathode falls richtig benannt

Nicht richtig:

- Elektronenmotor

3. **Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Zink-Atom ein Zink-Ion wird.

Je ein Punkt für folgende Aussagen:

- Ein Zink-Atom gibt Elektronen ab
- Durch die Abgabe der Elektronen wird das Zink-Atom zum Zink-Ion
- Zwei Elektronen werden abgegeben

Auch richtig: statt abgeben andere Synonyme z.B. weggenommen, vom Atom lösen, entfernen, entzogen

statt zwei Elektronen nur ein

Nicht richtig: gibt auf,

4. **Beschreibe** deine Vorstellung, wie aus einem Kupfer-Ion ein Kupfer-Atom wird.

Je ein Punkt für folgende Aussagen:

- Ein Kupfer-Ion nimmt Elektronen auf
- Durch die Aufnahme der Elektronen wird das Kupfer-Ion zum Kupfer-Atom
- Zwei Elektronen werden aufgenommen

Auch richtig: statt aufnehmen andere Synonyme z.B. hinzukommen,

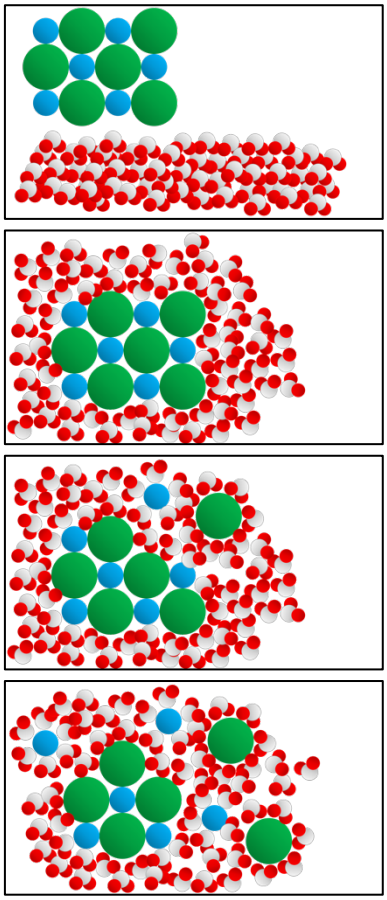
statt zwei Elektronen nur ein

Nicht richtig: heißt statt wird,

5. a) **Vervollständige** die Reaktionsgleichung. 2 Pkt für richtige Vervollständigung
   b) Ordne dem passenden Kästchen zu: Je 1 Punkt für richtige Zuordnung
   - Elektronen werden aufgenommen
   - Elektronen werden abgegeben

ein Zink-Atom + ein Kupfer-Ion ⟶ ~~Zink~~-Ion +. Kupfer-Atom

6. Du siehst auf den vier Bildern Modelle für den Lösevorgang von Natriumchlorid auf der Vorstellungsebene.
   Beschreibe den Lösevorgang in eigenen Worten.



Je 1 Punkt für folgende Aussagen.

- Natriumchlorid ist aus Natrium-Ionen und Chlor-Ionen aufgebaut.
- Wasser ist aus Wasser ist aus Wassermolekülen aufgebaut
- Gelangt das Natriumchlorid-Gitter/Ionenverbund/... in die Wassermoleküle wird das Gitter von diesen umgeben.
- Die Wassermoleküle lösen einzelne Ionen aus dem Gitter und umhüllen dieses Ion
- Je länger der Prozess dauert, umso mehr Ionen werden von Wassermolekülen umhüllt.

7. Was bedeutet diese Reaktionsgleichung?

1 Zn → 1 Zn^{2+} + 2 e^-

- Ein Zink-Atom
- wird zu

- einem Zink-Ion
- und zwei Elektronen

IV. Auswertung Pre-Post-Test

Name	Prä Aufgabe 1	Prä Aufgabe 2	Prä Aufgabe 3	Prä Aufgabe 4	Prä Aufgabe 5	Prä Aufgabe 6	Prä Aufgabe 7	Summe Prä
Schüler*in 1.1	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 1.2	0	0	0	0	1	0	0	**1**
Schüler*in 2.1	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 2.2	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 3.1	0	0	1	1	4	0	0	**6**
Schüler*in 3.2	0	3	0	0	4	0	0	**7**
Schüler*in 4.1	0	3	0	0	0	0	0	**3**
Schüler*in 4.2	0	2	0	0	0	0	0	**2**
Schüler*in 5.1	0	0	0	0	0	0	1	**1**
Schüler*in 5.2	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Schüler*in 6.1	2	2	1	0	4	0	2	**11**
Schüler*in 6.2	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 7.1	0	0	0	0	2	0	2	**4**
Schüler*in 7.2	0	0	0	2	2	0	1	**5**
Schüler*in 8.1	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 8.2	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 9.1	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 9.2	0	0	1	0	0	0	0	**1**
Schüler*in 10.1	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Schüler*in 10.2	0	0	0	0	0	0	0	**0**
Schüler*in 11.1	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 11.2	0	0	0	0	2	0	0	**2**
Schüler*in 12.1	0	0	0	0	2	0	2	**4**
Schüler*in 12.2	0	2	0	0	4	0	1	**7**
Summe	**2**	**12**	**3**	**3**	**41**	**0**	**9**	**70**
Durchschnittliche Punktzahl	**0,083333333**	**0,5**	**0,125**	**0,125**	**1,708333333**	**0**	**0,375**	**2,91666667**

Post Aufgabe 1	Post Aufgabe 2	Post Aufgabe 3	Post Aufgabe 4	Post Aufgabe 5	Post Aufgabe 6	Post Aufgabe 7	Summe Post
3	5	1	0	2	0	4	**15**
3	6	1	1	4	0	4	**19**
3	2	2	2	2	0	3	**14**
3	2	0	0	2	0	3	**10**
3	4	1	1	2	0	2	**13**
3	3	1	2	4	0	3	**16**
3	3	2	0	2	0	0	**10**
3	4	0	0	2	0	3	**12**
3	2	2	2	4	0	4	**17**
3	2	2	2	0	0	1	**10**
3	3	1	1	2	0	3	**13**
3	5	0	0	2	0	4	**14**
3	2	0	0	2	0	0	**7**
3	2	0	2	2	0	3	**12**
3	5	1	1	4	0	3	**17**
3	2	2	2	4	0	4	**17**
3	2	1	1	2	0	0	**9**
3	3	2	2	0	0	2	**12**
3	3	2	0	4	0	0	**12**
3	3	1	1	4	0	0	**12**
3	3	2	0	4	0	0	**12**
3	3	2	2	4	0	0	**14**
3	4	0	0	2	0	3	**12**
3	4	2	2	2	0	2	**15**
72	**77**	**28**	**24**	**62**	**0**	**51**	**314**
3	**3,208333333**	**1,166666667**	**1**	**2,583333333**	**0**	**2,125**	**13,0833333**

Follow Aufgabe 1	Follow Aufgabe 2	Follow Aufgabe 3	Follow Aufgabe 4	Follow Aufgabe 5	Follow Aufgabe 6	Follow Aufgabe 7	Summe Follow
3	1	0	0	0	0	3	**7**
3	0	0	0	0	0	1	**4**
1	0	0	0	2	0	0	**3**
0	0	0	0	2	0	0	**2**
2	3	1	0	2	0	0	**8**
2	2	0	0	4	0	0	**8**
3	1	0	0	0	0	0	**4**
							0
3	3	2	2	4	0	0	**14**
0	1	0	0				**1**
2	3	0	1	0	0	0	**6**
1	4	0	0	0	0	0	**5**
0	0	0	0	2	0	0	**2**
							0
2	3	0	0	2	0	0	**7**
2	0	0	0	0	0	0	**2**
3	2	2	0	2	0	3	**12**
2	1	2	0	4	0	0	**9**
0	0	2	2	4	0	0	**8**
2	0	2	2	2	0	0	**8**
1	0	0	0	0	0	0	**1**
2	0	0	1	3	0	0	**6**
3	4	0	0	2	0	4	**13**
2	3	0	0	4	0	2	**11**
39	**31**	**11**	**8**	**39**	**0**	**13**	**141**
1,77	**1,41**	**0,50**	**0,36**	**1,77**	**0,00**	**0,59**	**6,41**

V. Codierleitfäden

2.3 Inwieweit verwenden die SuS in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich korrekte Formulierungen?
Daten: Videografien der Partnergruppen
Kategorien:
Codiereinheit:
Kontexteinheit: Videografien aller Partnergruppen (?)
Auswertungseinheit:

<table>
<tr><td></td><td>Benennung</td><td colspan="2">Beispiel</td></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>fachsprachlich falsche Kommunikation</td><td colspan="2" rowspan="2">Ankerbeispiel:

Video 1.3 - Min. 12.27-13.03</td></tr>
<tr><td>Definition: Die Schüler*innen verwenden fachsprachlich falsche Formulierungen bei der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen kommunizieren auf stofflicher Ebene (Beobachtungs-Ebene)
- Schüler*innen nutzen Symbole der chemischen Symbolsprache (z.B. Elementsymbole)
- Schüler*innen differenzieren nicht zwischen Atomen und Ionen</td><td colspan="2">Beispiele:
– Schüler*innen sprechen von Zink, Kupfer und Sulfat
– Schüler*innen sprechen von „Cu“</td></tr>
<tr><td colspan="4">die fachsprachlich falsche Kommunikation wird codiert als</td></tr>
<tr><td>Übergeordneter Code</td><td colspan="3">Subcodes</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.3</td><td rowspan="2">2.3.1</td><td>Schüler 1</td><td>Definition: Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die erste Aufgabe der Vorstellungsebene 1</td></tr>
<tr><td>Schüler 2</td><td>Definition: Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die erste Aufgabe der Vorstellungsebene 1</td></tr>
</table>

2.3	2.3.2	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die zweite Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die zweite Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.3	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die dritte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die dritte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.4	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die vierte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die vierte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.5	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die fünfte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die fünfte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.6	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die sechste Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die sechste Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.7	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die siebte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die siebte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
2.3	2.3.8	Schüler 1	*Definition:* Schüler 1 kommuniziert fachsprachlich falsch über die achte Aufgabe der Vorstellungsebene 1
		Schüler 2	*Definition:* Schüler 2 kommuniziert fachsprachlich falsch über die achte Aufgabe der Vorstellungsebene 1

<table>
<tr><td rowspan="2">2</td><td>Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene</td><td>Ankerbeispiel:</td></tr>
<tr><td>Definition: Die Schüler*innen verbalisieren im Rahmen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene metasprachliche Äußerungen.</td><td>Video 11.4 Min. 11:45-12:07</td></tr>
<tr><td colspan="2">Indikatoren:
- Schüler*innen diskutieren auf einer Metaebene über die Verwendung von Fachbegriffen
- Schüler*innen kommunizieren über Strukturen der chemischen Fachsprache
- Schüler*innen bewerten Strukturen der chemischen Fachsprache</td><td>Beispiele:
– Schüler*innen diskutieren darüber, ob Außenelektron ein Fachbegriff ist.
– Schüler*innen fragen einander, wie ein bestimmter Fachbegriff heißt.
– Schüler*innen äußern, dass es ihnen leichtfällt/schwerfällt, zwischen den Teilchen zu differenzieren</td></tr>
<tr><td colspan="3">die Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene wird codiert als</td></tr>
<tr><td>Übergeordneter Code</td><td colspan="2">Subcode</td></tr>
<tr><td>2.3</td><td colspan="2">Metakommunikation über die Vorstellungs-Ebene</td></tr>
</table>

3.1 Wieviel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Lernumgebung?
Daten: Videografien der Partnergruppen
Kategorien: deduktiv-induktiv
Codiereinheit:
Kontexteinheit: Videografien aller Partnergruppen (?)
Auswertungseinheit:

	Benennung	**Beispiel**
1	**Ablenkung** *Definition:* Die Schüler*innen sind durch nicht-inhaltliche Gespräche oder sonstige Situationen von außerhalb abgelenkt, sodass die Arbeit an der Lernumgebung und der aktive Lernprozess unterbrochen werden	*Ankerbeispiel:* Video 6.10 - Min. 0.24-1.27
Indikatoren: - Der Arbeitsprozess wird für eine andere Handlung unterbrochen - Der Lernprozess wird offensichtlich unterbrochen		*Beispiele:* - Nicht-inhaltliche Gespräche innerhalb der Partnergruppe oder mit anderen, die den Arbeits- und Lernprozess unterbrechen - Langes Wegschauen - Weglegen der Stifte - „Malen“ in der Lernumgebung
der Arbeitstyp „Ablenkung“ wird codiert als		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.1	3.1 Ablenkung	
2	**Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung** Definition: Die Schüler*innen sind durch eine Störung in der Lernumgebung so abgelenkt, dass der aktive Lernprozess unterbrochen wird	*Ankerbeispiel:* Video 4.8 - Min. 4.02-4.50
Indikatoren:		*Beispiele:*

- Der Arbeitsprozess wird maßgeblich dadurch unterbrochen, dass in der Lernumgebung eine Störung auftritt - Häufig schmales Zeitfenster - Langes Zeitfenster, wenn ganze Abschnitte der Bearbeitung gelöscht wurden und erneut aufgeschrieben (i.d.R. abgeschrieben) werden		Die Schüler*innen können durch eine Störung in der Lernumgebung - Nicht mehr schreiben - Elemente nicht bewegen - Löschen einen Teil ihrer Bearbeitung (erneutes Schreiben gehört zur Störung)
der Arbeitstyp „Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung“ wird codiert als		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.1	3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	
3	**Störung mit Material** *Definition:* Durch eine Störung mit dem für die Experimente zur Verfügung gestellten Material wird der Arbeits- und Lernprozess unterbrochen	*Ankerbeispiel:* Video 1.1 - Min. 10.44-14.42
Indikatoren: - Die Schüler*innen warten (teilweise sehr lange) auf Ersatz oder neue Teile, ohne dabei den Lernprozess weiter zu gestalten - Es wird nicht selbstständig nach eigenen Lösungen oder alternativen Handlungsmöglichkeiten gesucht		*Beispiele:* - Nicht funktionierende Elektromotoren, LEDs, - Fehlende Salzlösungen, Austauschen der Lösungen durch betreuende Personen - Einstellungsfehler der Voltmeter
der Arbeitstyp „Störung mit Material“ wird codiert als:		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.1	3.1 Störung mit Material	
4	**BE – VE – SE – Sicherungsknoten** *Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Lernumgebung, führen inhaltliche Gespräche oder suchen aktiv Lösungen zu Problemen	*Ankerbeispiel:* Video 5.11 - Min. 7.46-17.34 (Sicherungsknoten)
Indikatoren: - Die Schüler*innen bearbeiten die Aufgaben schriftlich - Die Schüler*innen führen experimentelle Handlungen durch		*Beispiele:* - Die Schüler*innen bearbeiten die drei Aufgaben zum Sicherungsknoten

- Die Schüler*innen führen Gespräche mit inhaltlichem Bezug, erklären sich einzelne Aspekte und finden Problemlösungen - Ggf. sehr lange Passagen oder durch Ablenkungen unterbrochen		- Die Schüler*innen bearbeiten die experimentellen Aufgaben der Beobachtungsebene 1
die aktive Arbeitszeit wird codiert als		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.1	3.1 BE1	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt BE1 – Beobachtungsebene 1
3.1	3.1 VE1	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt VE1 – Vorstellungsebene 1
3.1	3.1 SE1	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt SE1 – Symbolebene 1
3.1	3.1 BE2	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt BE1 – Beobachtungsebene 2
3.1	3.1 VE2	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt VE2 – Vorstellungsebene 2
3.1	3.1 SE2	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt SE2 – Symbolebene 2
3.1	3.1 VE3	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt VE3 – Vorstellungsebene 3
3.1	3.1 SE3	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt SE3 – Symbolebene 3
3.1	3.1 BE3	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Knotenpunkt BE3 – Beobachtungsebene 3
3.1	3.1 Sicherungsknoten	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv den Sicherungsknoten
5	**Aufgaben VE1** *Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgaben der ersten Vorstellungs-Ebene der Lernumgebung, führen inhaltliche Gespräche oder suchen aktiv Lösungen zu Problemen	*Ankerbeispiel:* Video 1.2 - Min. 12:12-16:50 (Aufgabe 1)
Indikatoren: - Die Schüler*innen bearbeiten die Aufgaben schriftlich - Die Schüler*innen führen Gespräche mit inhaltlichem Bezug, erklären sich einzelne Aspekte und finden Problemlösungen - Ggf. sehr lange Passagen oder durch Ablenkungen unterbrochen		*Beispiele:* - Die Schüler*innen bearbeiten die Aufgabe zwei der ersten Vorstellungsebene
die Aufgaben VE1 wird codiert als		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 1	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 1 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 2	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 2 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 3	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 3 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 4	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 4 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 5	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 5 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 6	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 6 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 7	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 7 der ersten Vorstellungsebene
3.1 VE1	3.1 Ve1 Aufgabe 8	*Definition:* Die Schüler*innen bearbeiten aktiv die Aufgabe 8 der ersten Vorstellungsebene

3.2 Wie werden die optionalen Bestandteile genutzt?
Daten: Videografien der Partnergruppen
Kategorien: deduktiv
Codiereinheit: bedeutungstragender Videoausschnitt, der eine Nutzungsweise deutlich kennzeichnet
Kontexteinheit: Videografien aller Partnergruppen (?)
Auswertungseinheit:

	Benennung	**Beispiel**
1	**Nutzen** Die Hilfe wird angeschaut und der Arbeitsprozess kann/wird nach der Betrachtung direkt fortgesetzt	*Ankerbeispiel:* Video 2.1 – Min. 6.42–7.17
Indikatoren: - optionale Bestandteile sind Hilfestellungen, Bedienhilfen, Hinweisinformationen am Rand der Knotenpunkte - die Schüler*innen nehmen in Erklärungen Bezug auf die optionalen Bestandteile - Die Schüler*innen haben ein Problem und finden in der Lernumgebung die Lösung		*Beispiele:* - Die Schüler*innen schauen die Hilfe 3.2 Hinweis – Redoxreihe – SE 3 an und können dann die Aufgabe der Einordnung der Metalle lösen. - Die Schüler*innen nutzen die Hilfen auf der Beobachtungsebene um einen Stolperstein beim Versuchsaufbau zu überwinden.

Die Nutzungsweise **„Nutzen“** wird codiert als

Übergeordneter Code	Subcodes	
3.2 Wie werden die optionalen Bestandteile genutzt?	**Einzelne Hilfe, z.B.** **3.2 Hilfestellung 7 – Versuchsaufbau – BE 2**	**Nutzen**

	Kein Nutzen	*Ankerbeispiel:*
2	*Definition:* Die Hilfe wird angeschaut, hat allerdings keinen ersichtlichen Mehrwert für die weiterführende Aufgabenbearbeitung.	Video 3.1 – Min. 6.10-6.25
Indikatoren:		*Beispiele:*

- Die Schüler*innen schauen sich eine Hilfestellung an, die nicht zu der aktuellen Aufgabe passt - Die Schüler*innen finden nicht die benötigten Informationen zur Weiterbearbeitung der Aufgabe	– Die Schüler*innen schauen sich Hilfen, wie zum Beispiel Versuchsabbildungen an, nachdem sie das Experiment aufgebaut haben. – Die Schüler*innen schauen sich als Hilfe das Periodensystem an, aber nutzen die Informationen nicht.

Die **Nutzungssweise „Kein Nutzen**“ wird codiert als

Übergeordneter Code	Subcodes	
3.2 Wie werden die optionalen Bestandteile genutzt?	**Einzelne Hilfe, z.B.** **3.2 Hilfestellung 2 – Summer – BE 1**	**Kein Nutzen**

Insgesamt wird nach folgendem Schema codiert:

Übercode	**Subcodes**	
3.2 Bedienhilfe 1 – BE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Bedienhilfe 1 – BE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in die **Bedienhilfe 1 – BE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hinweis Elektrode – BE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch den **Hinweis Elektrode – BE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in dem **Hinweis Elektrode – BE** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung 1 – Elektromotor – BE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung 1 – Elektromotor – BE** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung 1 – Elektromotor – BE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung 2 – Summer – BE 2	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung 2 – Summer – BE 2** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung 2 – Summer – BE 2** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung

3.2 Hilfestellung 3 – LED – BE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung 3 – LED – BE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung 3 – LED – BE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hinweis – Voltmeter – BE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch den **Hinweis – Voltmeter – BE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in dem **Hinweis – Voltmeter – BE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Bedienhilfe 2 – Animation abspielen – VE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Bedienhilfe 2 – Animation abspielen – VE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Bedienhilfe 2 – Animation abspielen – VE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung 5 – Satzanfänge – VE 1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung 5 – Satzanfänge – VE 1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung 5 – Satzanfänge – VE 1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hinweis – Elektronenaufnahme/-abgabe – VE1	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch den **Hinweis – Elektronenaufnahme/-abgabe – VE1** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in dem **Hinweis – Elektronenaufnahme/-abgabe – VE1** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung 6 – Versuchsaufbau – BE 2	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung 6 – Versuchsaufbau – BE 2** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung 6 – Versuchsaufbau – BE 2** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung 7 – Versuchsaufbau – BE 2	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **2 Hilfestellung 7 – Versuchsaufbau – BE 2** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **2 Hilfestellung 7 – Versuchsaufbau – BE 2** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung Periodensystem – SE 2	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung Periodensystem – SE 2** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung Periodensystem – SE 2** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hinweis – Redoxreihe – SE 3	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch den **Hinweis – Redoxreihe – SE 3** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in dem **Hinweis – Redoxreihe – SE 3** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hilfestellung Periodensystem – SE 3	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Hilfestellung Periodensystem – SE 3** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Hilfestellung Periodensystem – SE 3** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Bedienhilfe – Foto einfügen – BE 3	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Bedienhilfe – Foto einfügen – BE 3** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Bedienhilfe – Foto einfügen – BE 3** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Hinweis Batterieentsorgung – BE 3	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch den **Hinweis Batterieentsorgung – BE 3** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in dem **Hinweis Batterieentsorgung – BE 3** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung
3.2 Bedienhilfe – Video einfügen – BE 3	**Nutzen**	*Definition:* Die Schüler*innen können durch die **Bedienhilfe – Video einfügen – BE 3** den Arbeitsprozess weitergestalten
	Kein Nutzen	*Definition:* Die Schüler*innen finden in der **Bedienhilfe – Video einfügen – BE 3** keine Informationen mit Mehrwert für sie/die Bearbeitung der Lernumgebung

3.3 In welcher Weise werden die Ergebnisse einer Partnergruppe erarbeitet?
Daten: Videografien der Partnergruppen
Kategorien: deduktiv
Codiereinheit:
Kontexteinheit: Videografien aller Partnergruppen (?)
Auswertungseinheit:

	Benennung	**Beispiel**
1	**Kollaborativ** *Definition:* Die Schüler arbeiten symmetrisch an einer Aufgabenstellung	*Ankerbeispiel:* *Video 13.6 - Min. 0.30-17.34*
Indikatoren: - gegenseitiges Unterstützen, Aushandlungen, Diskussionen, SuS beziehen sich aufeinander - sehr intensive Kooperation - beide Schüler*innen tragen zum gemeinsamen Lernprozess bei		*Beispiele:* typische Handlungen: - Gegenseitiges Erklären (nicht abgucken bzw. abschreiben) - vergleichen - erfragen - Metakooperieren

Die **Arbeitsweise „Kollaborativ“** wird codiert als

Übergeordneter Code	Subcodes	
3.3 In welcher Weise werden die Ergebnisse einer PG erarbeitet?	**Einzelne Aufgabe, z.B.** **3.3 BE 1 – Aufgabe 1**	**Kollaborativ**

2	**Helfend** *Definition:*	*Ankerbeispiel:* *Video 2.10 - Min. 7.18- 9.04*
	Die Schüler*innen unterstützen sich, arbeiten dabei allerdings in einem asymmetrischen Verhältnis zusammen	
Indikatoren: - Relativ intensive Kooperation, kann aktiv aber auch passiv sein - abgucken als passive Selbsthilfe - der Kompetentere hat die Kontrolle über den Weisungsverlauf, - Asymmetrische Beziehung (S arbeiten ggf. getrennte Aufgabenteile und fügen sie anschließend zusammen), - Rollen: Potentielle-Helfer und Potentielle-Hilfe-Nehm		*Beispiele:* - Ein*e Schüler*in gibt eine Lösung vor. - Ein*e Schüler*in schreibt eine Lösung ab. Typische Kooperationshandlungen sind: Erklären, vergleichen, Aufgabenteilung Es wird immer der*die Schüler*in als S1 betrachtet, der*die zu Anfang der Videografie die Kamera tägt.

Die **Arbeitsweise „Helfend**“ wird codiert als

Übergeordneter Code	Subcodes		
3.3 In welcher Weise werden die Ergebnisse einer PG erarbeitet?	**Einzelne Aufgabe, z.B.** **VE 1 – Aufg. 2**	**Helfend**	**S1 -> S2** **S2 -> S1**
2a)	**S1 -> S2**	*Definition:* S1 hilft S2 während eine lernimpulsbezogene Handlung durchgeführt wird.	
2b)	**S2 -> S1**	*Definition:* S2 hilft S1 während eine lernimpulsbezogene Handlung durchgeführt wird.	

3	**Einzeln/Nebeneinanderher** *Definition:* S1 und S2 führen nebeneinanderher (ohne intensive Kooperation) eine lernimpulsbezogene Handlung durch	*Ankerbeispiel:* *Video 1.11 - Min. 4.30 - 7.13*
Indikatoren: - Geringe Intensität der Kooperation, wenn überhaupt - Interaktionen sind bedeutungslos für die Bearbeitung		*Beispiele:* - Die Schüler*innen arbeiten parallel an der gleichen Aufgabe ohne zu kooperieren. - Die Schüler*innen bearbeiten verschiedene Aufgaben.

- Schüler*innen führen eigenständig lernimpulsbezogene Handlungen durch, der Lernprozess findet in der alleinigen Bearbeitung statt	- Die Schüler*innen führen nacheinander die gleiche lernimpulsbezogene (experimentelle) Handlung durch (ohne Zuschauen innerhalb der Partnergruppe).

Die **Arbeitsweise „Einzeln/Nebeneinanderher“** wird codiert als:		
Übergeordneter Code	Subcode	
3.3 In welcher Weise werden die Ergebnisse einer PG erarbeitet?	**Einzelne Aufgabe, z.B. SE 1 - Aufg. 1**	**Einzeln/Nebeneinanderher**

3.4 Inwieweit lösen die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellung eigenständig?
Daten: Videografien der Partnergruppen
Kategorien: deduktiv-induktiv
Codiereinheit:
Kontexteinheit: Videografien aller Partnergruppen (?)
Auswertungseinheit:

	Benennung	**Beispiel**
1	**Selbstständige Problemlösung** *Definition:* Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen lösen das Problem selbstständig.	*Ankerbeispiel:* Video 9.4 – Min. 2.54-3.41
Indikatoren: - Schüler*innen bewegen sich in der Lernumgebung und suchen nach Hilfestellungen - Schüler*innen äußern Fragen zum weiteren Vorgehen - Häufig intensivere Kooperation		*Beispiele:* - Schüler*innen bitten Lehrperson um Hilfe und geben selbst die Lösung des Problems

Übergeordneter Code	Subcode	
3.4	3.4.1 Selbstständige Problemlösung	
2	**Hinweis von außen auf Hilfen der Lernumgebung** Definition: Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen	*Ankerbeispiel:* Video 5.1 – Min. 9.29-9.37

	werden von außen auf Hilfestellungen in der Lernumgebung hingewiesen.	
Indikatoren: - Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe - Kurze Antworten der Lehrpersonen mit Verweis auf Hilfen in der Lernumgebung - Lehrpersonen sind meist bei der eigentlichen Lösung des Problems nicht mehr anwesend - Schüler*innen zoomen nach der dem Hinweis der Lehrperson auf Hilfestellungen		*Beispiele:* - Die Betreuenden weisen die Schüler*innen auf die Abbildungen zum Versuchsaufbau hin. - Die Betreuenden verweisen auf andere Abschnitte der Lernumgebung, in denen sich die Lösung für den Stolperstein versteckt.

Übergeordneter Code	Subcode
3.4	3.4.2 Hinweis von außen auf Hilfen der Lernumgebung

3	**Lösung wird von außen gegeben** *Definition:* Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen bekommen von außen die Problemlösung.	*Ankerbeispiel* Video 9.7 – Min. 7.45-7.45
Indikatoren: - Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe - Lehrperson gibt die Lösung des Problems vor - Häufig kurze Antwort der Lehrperson ohne weitere Verständnisfragen		*Beispiele:* - Die Schüler*innen erfragen Lösungswörter der Suchsel-Aufgabe. - Die Schüler*innen erfragen eine Bestätigung der Definitionen von Oxidation/Reduktion.

Übergeordneter Code	Subcode
3.4	3.4.3 Lösung wird von außen gegeben

4	**Hilfestellung wird von außen gegeben** *Definition:* Die Schüler*innen stolpern während der Bearbeitung der Lernumgebung (Der Lernprozess und	*Ankerbeispiel:* Video 13.7 – Min. 1.39-5.53

	die inhaltliche Kommunikation wird durch eine Problemsituation unterbrochen). Die Schüler*innen bekommen von außen eine Hilfestellung zur Lösung des Problems.	
Indikatoren: - Schüler*innen bitten Lehrpersonen um Hilfe - Lehrperson gibt eine Hilfestellung für die Lösung des Problems - Lehrperson nimmt eine erklärende Rolle ein und stellt Verständnisfragen - Häufig ein Dialog zwischen Schüler*innen und Lehrperson		*Beispiele:* - Die Betreuenden lenken die Schüler*innen im Gespräch in die richtige Richtung, ohne die Lösung zu nennen. - Die Betreuenden zeigen ihnen, dass sie sich die Lösung vorab schon arbeitetet hatten.

Übergeordneter Code	Subcode
3.1	3.1.4 Hilfestellung wird von außen gegeben

VI. Auswertung Lernumgebung

			Gruppe 1						
			Gruppe 1 (S1)			Gruppe 1.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	nein	falsche Einheit	nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 3	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 4	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 5	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 7	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 9	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 11	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt	fehlt	ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	nein
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	nein
		Aufgabe 1c	ja	ja		ja	ja		nein

		Aufgabe 1d	nein	nein	spricht von Zink und Kupfer	nein	nein	spricht von Zink und Kupfer	nein
		Aufgabe 1e	ja	ja		nein	nein	Vermischung von sub und makro	nein
		Aufgabe 1f	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2a	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2b	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 2c	ja	nein	Fehler bei Anzahl der Elektronen	ja	nein	Vertauschen von Kupfer-Atom/Ion	
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	nein		ja	ja	unvollständig	nein
	Stufe 3	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.1	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.6	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Aufgabe 2.7	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		nein

		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	ja	gemessene Werte sind glaube ich nicht richtig (Mg/Ag Zelle)	nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Sprinter	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	nein		nein

			Gruppe 2						
			Gruppe 2 (S1)			Gruppe 2.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	nein	nennt eine falsche, makroskopische Begründung dafür, warum sich der Motor dreht	ja	nein	nennt eine falsche, makroskopische Begründung dafür, warum sich der Motor dreht	nein
		Aufgabe 3	ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 8	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 9	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 11	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	nein	Nennt hier die drei Ebenen der Chemie	ja	nein	Nennt hier die drei Ebenen der Chemie	ja
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	nein
		Aufgabe 1c	ja	ja		ja	ja	zählt zusätzlich Elektronen mit zur Halbzelle	nein
		Aufgabe 1d	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1e	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1f	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2a	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2b	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	nein		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein	unvollständig	ja	nein	unvollständig	ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 1b	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.4	ja	nein		ja	nein		ja

		Aufgabe 2.5	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja	nutzt Symbole	ja	ja	schreibt die Metalle aus	nein
		Aufgabe 4.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.4	ja	nein		ja	nein		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	nein	die T's vertauscht	nein
		Aufgabe 3	ja	nein		ja	nein		ja

			Gruppe 3						
			Gruppe 3 (S1)			Gruppe 3.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja	hatte vermutlich nicht auf DC gestellt	ja	ja	hatte vermutlich nicht auf DC gestellt	nein
		Aufgabe 7	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein

		Aufgabe 9	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 10	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 11	ja	ja		ja	ja	unvollständig	nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle und gibt konkrete Anzahl der Teilchen an	ja	nein	zählt Elektronen mit dazu	nein
		Aufgabe 1c	ja	ja	gibt konkrete Anzahl der Teilchen an	ja	nein	zählt Elektronen mit dazu	nein
		Aufgabe 1d	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 1e	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1f	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 2a	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2c	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 3	ja	ja	unvollständig	fehlt	fehlt		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein	schreibt anstatt Elektronen Elektroden	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	nein		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		nein	nein	unvollständig	nein
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.4	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.5	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	nein		ja	nein		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 5	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein	schreibt Kupfersulfat und Zinksulfat	ja	nein	schreibt Kupfersulfat und Zinksulfat	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja	schreibt nur 2 Elektronen anstatt zwei Elektronen werden aufgenommen	ja	ja	schreibt nur 2 Elektronen anstatt zwei Elektronen werden aufgenommen	ja

			Gruppe 4						
			Gruppe 4 (S2)			Gruppe 4.1 (S1)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	ja	ja		nein

		Aufgabe 5	ja	nein	Komma vergessen	ja	nein	Komma vergessen	nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	nein	Komma vergessen	ja	nein	Komma vergessen	nein
		Aufgabe 7	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 9	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 10	ja	nein	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	nein	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 11	ja	ja		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja
		Aufgabe 1c	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1d	nein	nein	makroskopische Antwort	nein	nein	makroskopische Antwort	ja
		Aufgabe 1e	nein	nein	makroskopische Antwort	nein	nein	makroskopische Antwort	ja
		Aufgabe 1f	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2a	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2c	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2d	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein	unvollständig	ja	nein	unvollständig	ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.5	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.6	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.7	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	ja		ja	nein	Kupfer-Ion und Atom vertauscht	nein
		Aufgabe 2	ja	ja	unvollständig	ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	fehlt	fehlt		ja	nein	Beschriftung korrekt aber zu allgemein (Elektrode und Elektrolytlösung)	nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein

Anhang

			Gruppe 5						
			Gruppe 5 (S1)			Gruppe 5.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja	hatte vermutlich nicht auf DC gestellt	ja	ja	hatte vermutlich nicht auf DC gestellt	ja
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 9	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 11	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	ja		nein
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	nein
		Aufgabe 1c	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1e	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1f	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2a	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	ja	nicht ganz sauber formuliert	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	ja	verbessert sich von Silber-Atom zu Silber-Ion	fehlt	fehlt		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	nein	unklar formuliert	ja	nein	unklar formuliert	nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja

		Aufgabe 2.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		unlesbar	unlesbar		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.4	ja	nein		ja	nein		ja
		Sprinter	ja	nein	Symbolschreibweise und Ladungen falsch	ja	nein	Ladungen falsch und falsch geschrieben (+3 anstatt 3+)	nein

Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein	Beschriftung korrekt aber zu allgemein (Elektrode und Elektrolytlösung)	ja	nein	zu allgemein und unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	nein	nur das Lösungswort notiert	ja	nein	nur das Lösungswort notiert	ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja	möglicherweise erst nachträgliche Ergänzung von Ion und Atom, da eine andere Schriftdicke erkennbar ist. Müsste man mal im Video nachsehen.	ja

Anhang

			Gruppe 6						
			Gruppe 6 (S1)			Gruppe 6.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	nein	Mischung von Beobachtung und Begründung	nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 8	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 9	ja	ja		ja	nein	schreibt "leitet" anstatt "leuchten"	nein
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	nein	falsche Zahl übernommen	nein
		Aufgabe 11	ja	ja	unvollständig	ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1a.2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Elektronen mit dazu	nein
		Aufgabe 1c	ja	nein	zählt Elektronen mit dazu	ja	nein	zählt Elektronen mit dazu	ja
		Aufgabe 1d	ja	ja		ja	nein	unvollständig	nein
		Aufgabe 1e	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1f	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2a	nein	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2b	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	ja		ja	ja		ja

		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 2.7	ja	nein		ja	ja		nein
		Sprinter	nein	nein	"Stoff gibt Elektronen ab"	nein	nein	"Stoff gibt Elektronen ab"	ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	nein		ja	ja		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein	hat U-Rohr und Membran vertauscht	nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	nein		ja	nein	eigentlich richtig aber schreibt Zinn anstatt Zink.	nein

			Gruppe 8						
			Gruppe 8 (S1)			Gruppe 8.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 6	ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja

		Aufgabe 9	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 11	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja	nein	zählt Kupfer-Atome mit zur Halbzelle	ja
		Aufgabe 1c	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1d	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 1e	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	ja
		Aufgabe 1f	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 2a	ja	nein	verbessert Kupfer-Ionen zu Kupfer-Atome	ja	nein	verbessert Kupfer-Ionen zu Kupfer-Atome	nein
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	nein	unklar formuliert (gibt auf)	nein
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	nein	spricht von Magnesium-Elektronen	ja	nein	spricht von Magnesium-Elektronen	ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.6	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.7	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	ja	ja		ja	ja		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	nein	schreibt Reaktionsgleichung auf, aber falsch herum	ja	nein	schreibt Reaktionsgleichung auf, aber falsch herum	ja
		Aufgabe 1b	ja	ja	schreibt Reaktionsgleichung auf	ja	ja	schreibt Reaktionsgleichung auf	ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja

		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja	mischt Symbole und Wörter	nein
		Aufgabe 4.1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	ja	nein		ja	nein		nein
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	nein		nein

			Gruppe 9						
			Gruppe 9 (S1)			Gruppe 9.1 (S2)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		ja	nein	Komma vergessen	nein
		Aufgabe 6	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	nein	beantwortet Frage nach lauter/leiser nicht	nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 8	ja	nein	beantwortet Frage nach lauter/leiser nicht	ja	nein	beantwortet Frage nach lauter/leiser nicht	nein
		Aufgabe 9	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 10	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 11	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 1c	fehlt	fehlt		ja	nein	zählt Elektronen dazu	nein
		Aufgabe 1d	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 1e	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 1f	fehlt	fehlt		ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2a	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		ja

		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1b	nein	nein	nutzt Symbole	nein	nein	nutzt Symbole	nein
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	ja	nein		ja	nein		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	nein	nutzt unvollständige Reaktionsgleichung	ja	nein	schreibt falsche Reaktionsgleichung	nein
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		ja	nein	schreibt falsche Reaktionsgleichung	nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		ja	ja	ergänzt zusätzlich falsch den Plus-Pol	nein
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		ja	ja	ergänzt zusätzlich falsch den Minus-Pol	nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	ja		ja	ja	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	nein	nein	Mischung von Symbolen und Wörtern	nein	nein	Mischung von Symbolen und Wörtern	ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	nein	fast richtig aber kleinere Fehler (z.B. E- anstatt e-)	ja	nein	fast richtig aber kleinere Fehler (z.B. E- anstatt e-)	ja

			Gruppe 10						
			Gruppe 10 (S2)			Gruppe 10.1 (S1)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 7	fehlt	fehlt		ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 8	fehlt	fehlt		ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 9	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 10	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 11	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1b	ja	nein	unvollständig	fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1c	ja	nein		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1d	ja	ja	unvollständig	fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 1e	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1f	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2a	ja	ja	unvollständig	fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 2b	ja	nein		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 2c	ja	nein		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 2d	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		fehlt	fehlt		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	nein	fast alles richtig bis auf "negativ geladenes Silber-Atom" - .-	
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.4	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.5	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	nein		ja	nein		ja

Anhang

		Sprinter	nein	nein	antwortet makroskopisch	nein	nein	antwortet makroskopisch	ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	nein	hat die Bausteine falsch und zur falschen Aufgabe zugeordnet	nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		ja	nein		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		nein	nein	Mischung von Symbolen und Wörtern	nein
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja	nutzt Symbole	ja	ja	nutzt Symbole	ja
		Aufgabe 4.1	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	ja	nein		ja	nein		nein
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	nein	nein	Mischung von Symbolen und Wörtern	nein	nein	Mischung von Symbolen und Wörtern	nein

			Gruppe 11						
			Gruppe 11 (S2)			Gruppe 11.1 (S1)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 6	ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 7	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 8	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 9	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 10	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 11	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	nein
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1c	ja	nein	zählt Elektron und Modell mit dazu	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	nein
		Aufgabe 1d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1e	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1f	ja	ja	gesamten Prozess beschrieben	ja	ja	gesamten Prozess beschrieben	ja
		Aufgabe 2a	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.5	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.6	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.7	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		ja	ja		nein
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 5	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

			Gruppe 12						
			Gruppe 12 (S2)			Gruppe 12.1 (S1)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	nein		nein
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 5	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 7	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 8	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 9	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 10	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 11	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1a.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein	Modellbegriff scheint unklar zu sein und Kupfer-Atome werden mit zur Halbzelle gezählt	ja	nein	Modellbegriff scheint unklar zu sein und Kupfer-Atome werden mit zur Halbzelle gezählt	ja
		Aufgabe 1c	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	nein
		Aufgabe 1d	ja	nein	im Prinzip richtig, aber alles mit Modell benannt	ja	nein	im Prinzip richtig, aber alles mit Modell benannt	nein
		Aufgabe 1e	ja	ja		ja	nein	im Prinzip richtig, aber alles mit Modell benannt	nein
		Aufgabe 1f	ja	nein	geht davon aus, dass nur zwei Elektronen weitergeleitet werden	ja	nein	geht davon aus, dass nur zwei Elektronen weitergeleitet werden	ja
		Aufgabe 2a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2b	ja	ja		ja	ja		ja

		Aufgabe 2c	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2d	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 1b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.5	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.6	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2.7	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 1b	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		nein
		Aufgabe 4	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 5	ja	nein		ja	nein		nein
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 4.4	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	nein	nein	schreibt "e.Lösung"	nein	nein	schreibt "E.Lösung"	nein
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja

			Gruppe 13						
			Gruppe 13 (S2)			Gruppe 13.1 (S1)			Antworten identisch?
			sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	sprachlich richtig?	fachlich richtig?	Kommentar	
Beobachtungsebene	Stufe 1	Aufgabe 2	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 3	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 4	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein

		Aufgabe 5	ja	nein		ja	nein	Komma vergessen und Wert passt nicht ganz	nein
		Aufgabe 6	ja	ja		ja	nein	Zugehörigkeit nicht erkennbar	nein
		Aufgabe 2	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	nein
		Aufgabe 3	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 4	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 5	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja

		Aufgabe 7	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 8	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 9	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 10	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja	ja	Experiment hat nicht die gewünschten Ergebnisse geliefert	ja
		Aufgabe 11	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	ja	unvollständig	ja	nein	unvollständig	nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Vorstellungsebene	Stufe 1	Aufgabe 1a.1	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja
		Aufgabe 1a.2	ja	nein		ja	nein		ja

		Aufgabe 1b	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja
		Aufgabe 1c	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja	nein	Modellbedeutung scheint unklar zu sein	ja
		Aufgabe 1d	ja	ja	unvollständig	ja	ja	unvollständig	ja
		Aufgabe 1e	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1f	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2a	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2b	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2c	ja	nein		ja	nein		nein
		Aufgabe 2d	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1a	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.1	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.2	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.5	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2.6	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 2.7	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	nein	nein		nein	nein		nein
Symbolebene	Stufe 1	Aufgabe 1a	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 1b	ja	nein		ja	nein		ja

		Aufgabe 2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 5	ja	ja		ja	ja		ja
	Stufe 2	Aufgabe 1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 2	ja	nein		ja	nein		ja
	Stufe 3	Aufgabe 1	ja	nein		fehlt	fehlt		nein
		Aufgabe 2	ja	ja	Werte passen nicht ganz	ja	ja	Werte passen nicht ganz	ja
		Aufgabe 3	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.1	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.2	ja	ja		ja	ja		ja
		Aufgabe 4.3	ja	nein		ja	nein		ja
		Aufgabe 4.4	ja	ja		ja	ja		ja
		Sprinter	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
Sicherungsbaustein		Aufgabe 1	nein	nein	nennt Elektromotor Elektron	ja	nein	schreibt Kupfersulfat und Zinksulfat	nein
		Aufgabe 2	fehlt	fehlt		fehlt	fehlt		ja
		Aufgabe 3	fehlt	fehlt		ja	ja	Oxidation und Reduktion fehlen	nein

VII. Codierregeln

Codierregeln

Allgemeine Codierregeln

1 Es werden Sinneinheiten codiert, die kleinste Einheit sind dabei elliptische Ausdrücke bzw. Exklamationen.

2 Wenn die Sinneinheit mehrere Sätze umfasst, werden diese zusammenfassend codiert.

3 Alle Teammitglieder codieren alle Videos allein und gleichen anschließend gemeinsam ab

4 Gleiche Informationen werden in der Regel mehrfach codiert.

Codierregeln für Kategorie 2.3 *Inwieweit verwenden die SuS in der verbalen Kommunikation über die Aufgabenstellungen des ersten Knotenpunktes der Vorstellungsebene fachsprachlich korrekte Formulierungen?*

1 Es werden in der Regel Sinneinheiten codiert.

2 Sprecherwechsel werden nur mitcodiert, falls beide SuS fachsprachlich falsch kommunizieren.

3 Bei dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

Codierregeln für Kategorie 3.1 *Wieviel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Lernumgebung?*

1 Bei dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

2 Herein- und Herauszoomen aus der Lernumgebung wird als Beginn beziehungsweise als Abschluss eines Knotenpunktes betrachtet.

3 Ablenkungen werden vom Eintreten der Störung bis zur Wiederaufnahme der Arbeitstätigkeit codiert.

Codierregeln für Kategorie 3.2 *Wie werden die optionalen Bestandteile genutzt?*

1 Herauszoomen aus einer Aufgabe wird als Beginn der Nutzung des optionalen Bestandteils und das Herauszoomen aus diesem als Beenden der Nutzung betrachtet.

2 Bei dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

Codierregeln für Kategorie 3.3 *In welcher Weise werden die Ergebnisse einer Partnergruppe erarbeitet?*

1 Innerhalb dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

2 Es wird jeweils eine Aufgabenbearbeitung mit einem Subcode codiert.

3 Es wird von Beginn der Aufgabenbearbeitung bis zum Abschluss ein Code gesetzt, auch wenn in diesem Zeitraum eine Ablenkung unter Kategorie 3.1 codiert wird

Codierregeln für Kategorie 3.4 *Inwieweit lösen die Schülerinnen und Schüler die Aufgabenstellung eigenständig?*

1 Innerhalb dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

2 Es wird von Anfang Stolpersituation bis zum Ende dieser codiert. Die Stolpersituation beginnt, wenn die SuS die Aufgaben in der Lernumgebung oder anderweitige Problemsituationen nicht lösen können, sodass der Lernprozess unterbrochen wird.

Codierregeln für Kategorie 3.5 *Kommentare zur Lernumgebung*

1 Es wird die gesamte Sinneinheit codiert, auch wenn dies einen Sprecherwechsel beinhaltet.

2 Bei dieser Kategorie sind keine Mehrfachcodierungen möglich.

VIII. Handreichung für Lehrkräfte

Lehrerhandreichung chemLEVEL

Thema: Elektrochemie (Inhaltsfeld 3 des KLP Chemie für Gesamtschulen NRW)

Zielgruppe: Sek I, bspw. Jahrgang 9 einer Gesamtschule

Sprachsensibler Fachunterricht

Dauer: ca. 3 Doppelstunden

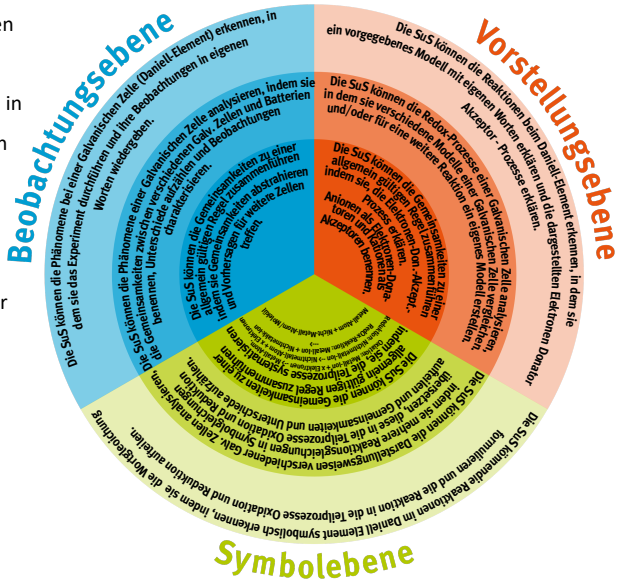
Aufbau und Hintergrund der Lernumgebung:

Nach Johnstone findet die Kommunikation über Chemie auf drei Ebenen statt, diese sind hier Beobachtungsebene, Vorstellungsebene und Symbolebene genannt. Die Lernumgebung zum Thema Elektrochemie wurde so entwickelt, dass die drei Ebenen des Johnstone Dreiecks berücksichtigt sind. Da die Trennung der sprachlichen Ebenen die fachsprachlichen Kompetenzen fördern kann, eignet sich diese Lernumgebung besonders für den sprachsensiblen Fachunterricht.

Die drei Ebenen sind mit symbolhaft dargestellt und farblich voneinander getrennt. Die Beobachtungsebene ist blau. Die Vorstellungsebene ist orange und die Symbolebene ist grün. Da die Lernumgebung in der App ExplainEverything angelegt ist, lässt es sich leicht innerhalb des Dreiecks navigieren. Die Differenzierungsmatrix zeigt, welche Kompetenzen erreicht werden, wobei diese von außen (Reproduktion) nach innen (Transfer) im Anforderungsbereich steigen. Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie die Hinweise zum Ablauf, zur Navigation in der App, sowie benötigte Materialien zum Experimentieren und Sicherheitshinweise.

Die Knotenpunkte werden in der Handreichung abgekürzt, BE steht für die Beobachtungsebene, VE für die Vorstellungsebene und SE für die Symbolebene.

(QUELLEN?)



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Allgemein:

- pro Schüler oder Partnergruppe ein Tablet mit der App ExplainEverything und der Lernumgebung
- bei Tablets ohne Stift ggf. für BE3 Papier und Stift bereitlegen
- Internetverbindung wird für Recherche-Aufgaben benötigt

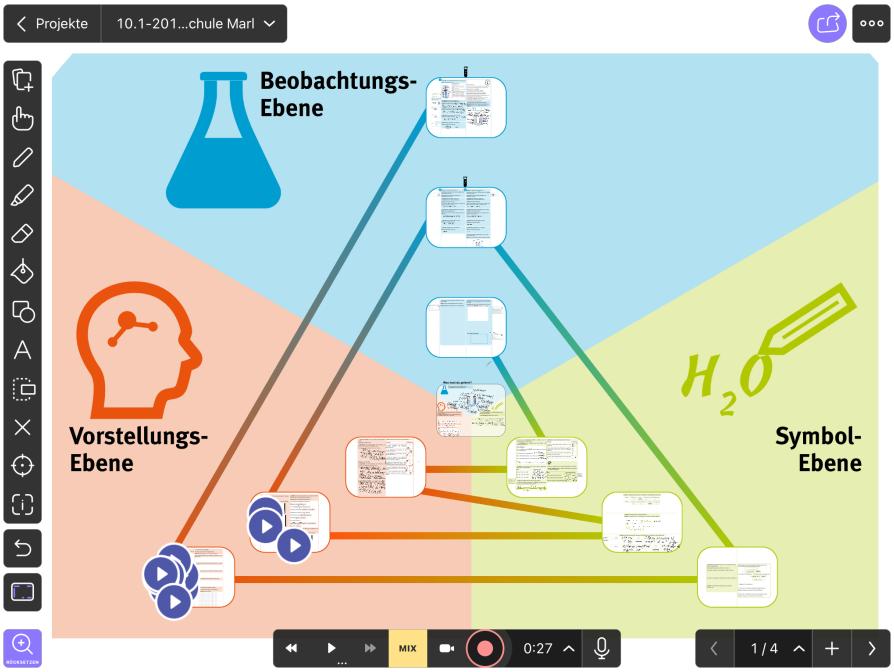
Benötigte Materialien und Chemikalien:

Materialien & Chemikalien		
pro Gruppe	Schutzausrüstung	Schutzbrille Handschuhe
	für BE1 *und* BE2	Stativmaterial (Stativ, Muffe, Klammer) U-Rohr mit Membran Bechergläser (100 mL, 2x) Krokodilklemmen Kabel Elektromotor Summer LED Voltmeter
	für BE1 – Versuch 1	Kupfer-Elektrode Zink-Elektrode Kupfersulfat-Lösung Zinksulfat-Lösung
	für BE2 – Versuch 2	Kupfer-Elektrode Magnesium-Elektrode Kupfersulfat-Lösung Magnesiumsulfat-Lösung
	für BE2 – Versuch 3	Silber-Elektrode Magnesium-Elektrode Silbernitrat-Lösung Magnesiumsulfat-Lösung

Lehrerhandreichung chemLEVEL

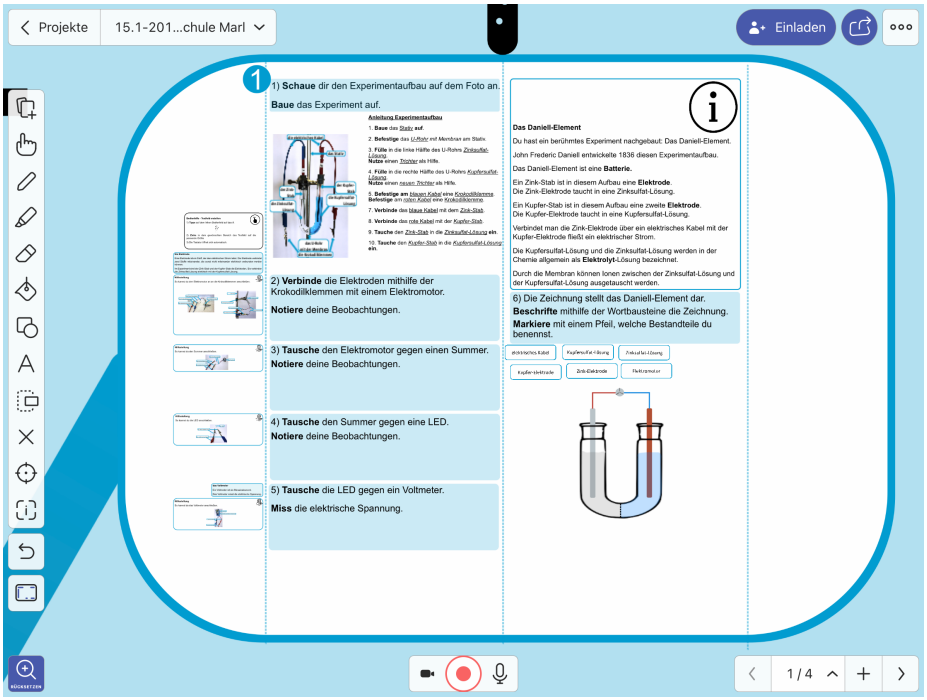
Intendierter Lernweg in der Lernumgebung:

Die Inhalte der Lernumgebung sind so gestaltet, dass die Schülerinnen und Schüler mit der Bearbeitung des ersten Knotenpunkts der Beobachtungsebene (BE1) starten. Hier bauen sie ein Daniell-Element. Danach bearbeiten sie den ersten Knotenpunkt der Vorstellungsebene VE1 und schauen sich Animationen zu den Vorgängen auf der Modellebene an. Anschließend wird die Symbolebene SE1 bearbeitet. Danach wird wieder die BE2 bearbeitet und die Schülerinnen und Schüler bauen zwei weitere galvanische Zellen auf. Danach geht es wieder auf die Vorstellungsebene VE2 und die Symbolebene SE2. Dann allerdings gibt es erst einen weiteren Knotenpunkt der Vorstellungsebene VE3 und der Symbolebene SE3, bevor der Knotenpunkt BE3 die eigentliche Lernumgebung abschließt. Zentral ist ein Sicherungsknoten in der Mitte der Lernumgebung.



Beobachtungsebene 1:

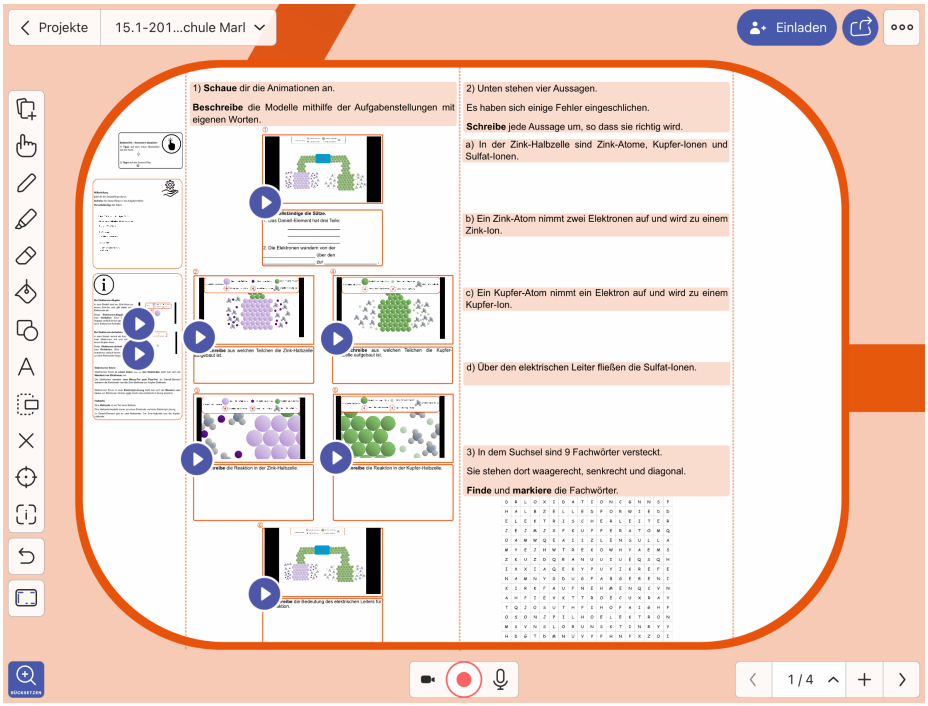
Die Schülerinnen und Schüler bauen hier ein Daniell-Element auf und schließen hieran einen Elektromotor, einen Summer, eine LED und ein Voltmeter an. Das Bild zeigt den genauen Aufbau, einzelne Bilder geben weitere Hilfestellung zum Anschließen der Messgeräte etc. Hier gibt es auch einen Infokasten zum Daniell-Element und eine Beschriftungsaufgabe.



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Vorstellungsebene 1:

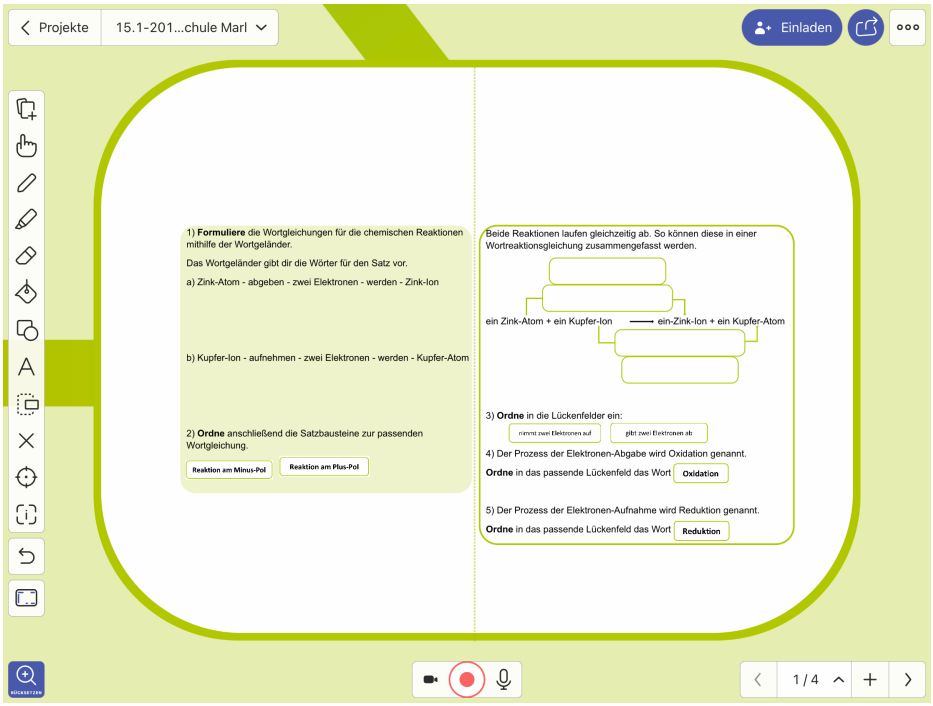
Auf der Vorstellungsebene werden nun anhand von Animationen die Vorgänge auf der Teilchenebene dargestellt. Die Schülerinnen und Schüler Lernen die Reaktionen der einzelnen Halbzellen kennen. Als sprachliche Unterstützung bietet die Hilfestellung links Satzanfänge. Der Infokasten darunter wiederholt die Begriffe *Oxidation* und *Reduktion* und erklärt die Begriffe *Elektrischer Strom* sowie *Halbzelle*. Zudem schreiben die Schülerinnen und Schüler in der zweiten Aufgabe fehlerhafte Aussagen um und suchen Fachbegriffe aus dem Suchsel in der dritten Aufgabe.



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Symbolebene 1:

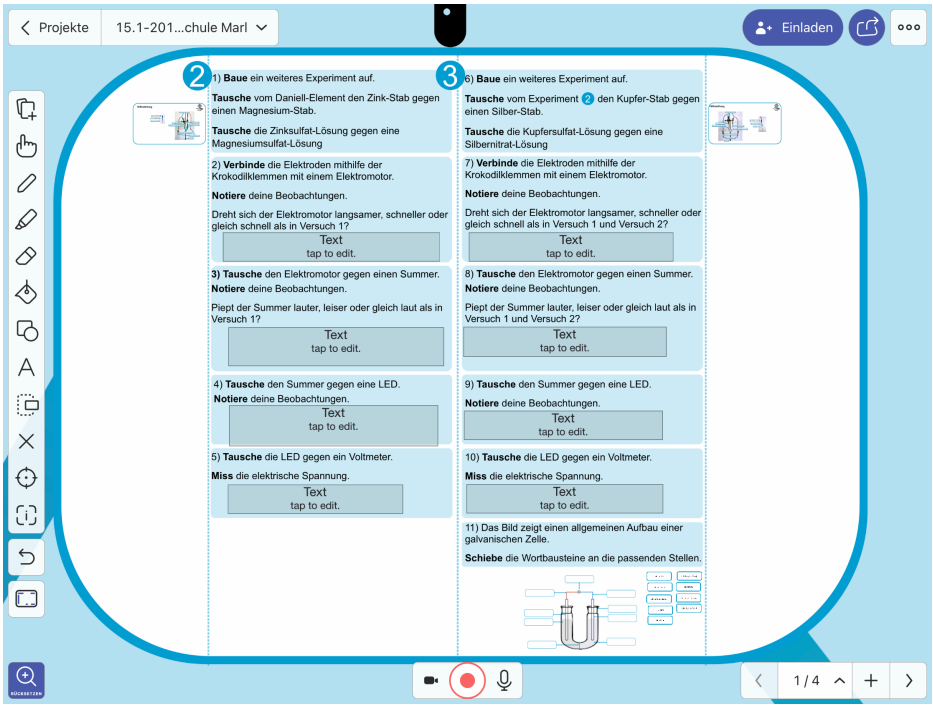
In der Symbolebene werden dann die Wortgleichungen für die Reaktionen des Daniell-Elements mithilfe von Wortgeländern aufgeschrieben. Die Begriffe *Oxidation* und *Reduktion* müssen hier den Teilreaktionen zugeordnet werden.



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Beobachtungsebene 2:

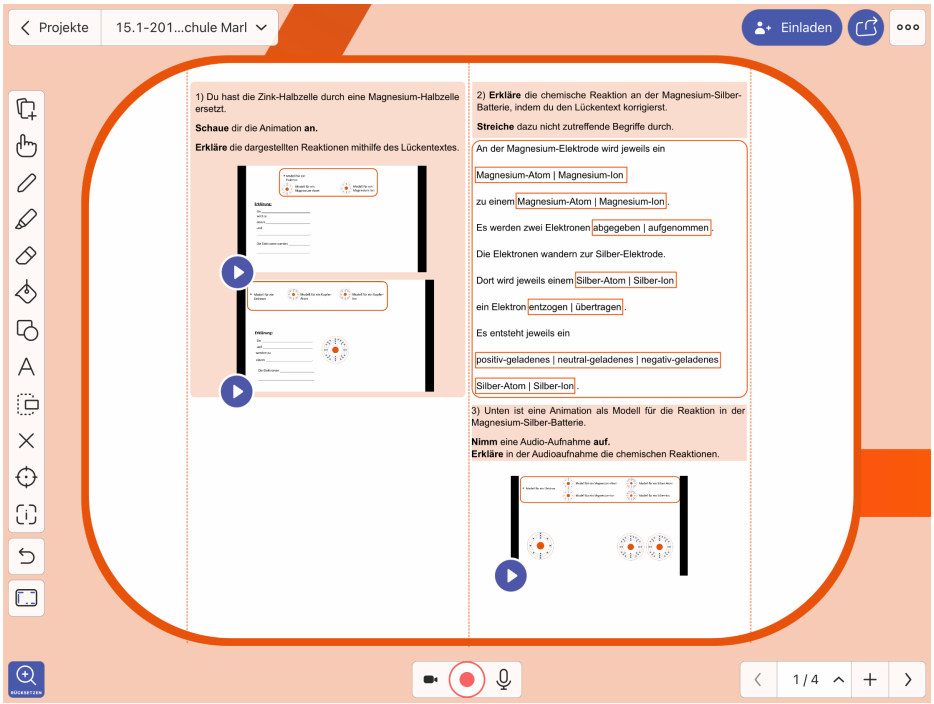
Nachdem einmal jede Ebene bearbeitet wurde, können die Schülerinnen und Schüler weitere Experimente aufbauen. Damit sind sowohl Aufbau als auch der Ablauf analog zum ersten Knotenpunkt der Beobachtungsebene 1. Die Schülerinnen und Schüler tauschen zunächst die Zink-Halbzelle gegen eine Magnesiumhalbzelle und im dritten Experiment die Kupfer-Halbzelle gegen eine Silber-Halbzelle.



Lehrerhandreichung chemLEVEL

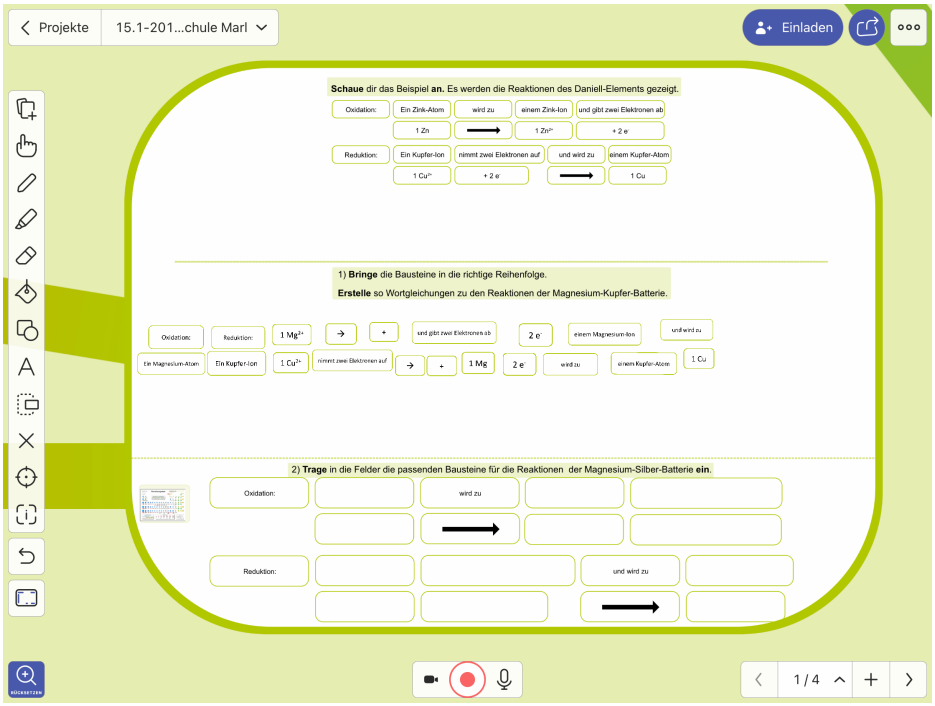
Vorstellungsebene 2:

Wieder werden die Vorgänge auf der Teilchenebene dargestellt und die Schülerinnen und Schüler vervollständigen Lückentexte und streichen unpassende Elemente aus einem Text raus.
In der dritten Aufgabe nehmen die Schülerinnen und Schüler dann ihre eigne Erklärung zu einer Animation auf.



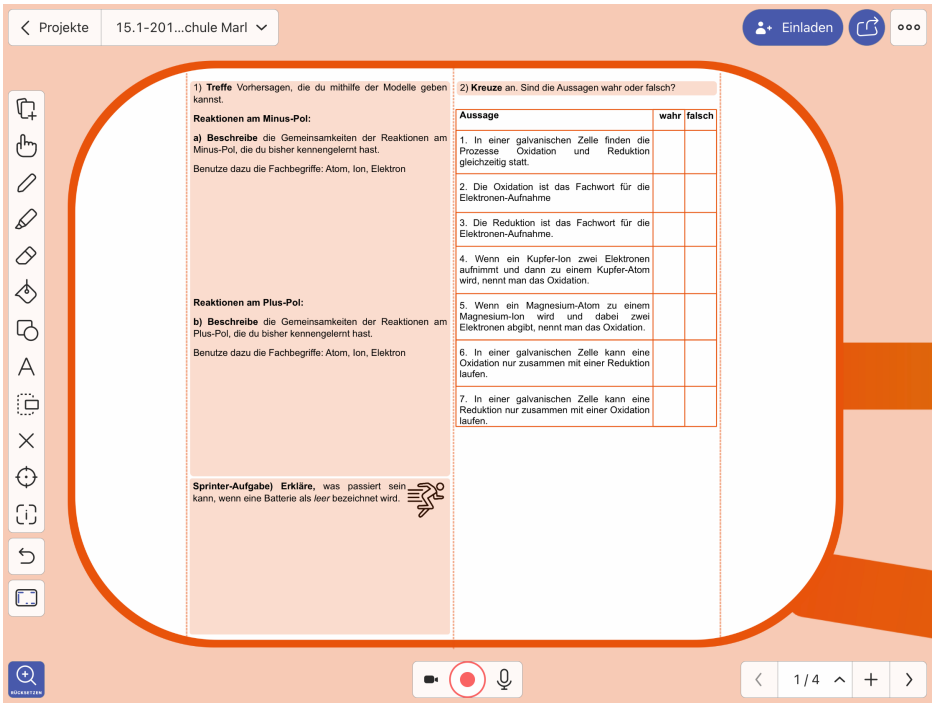
Lehrerhandreichung chemLEVEL

Symbolebene 2:

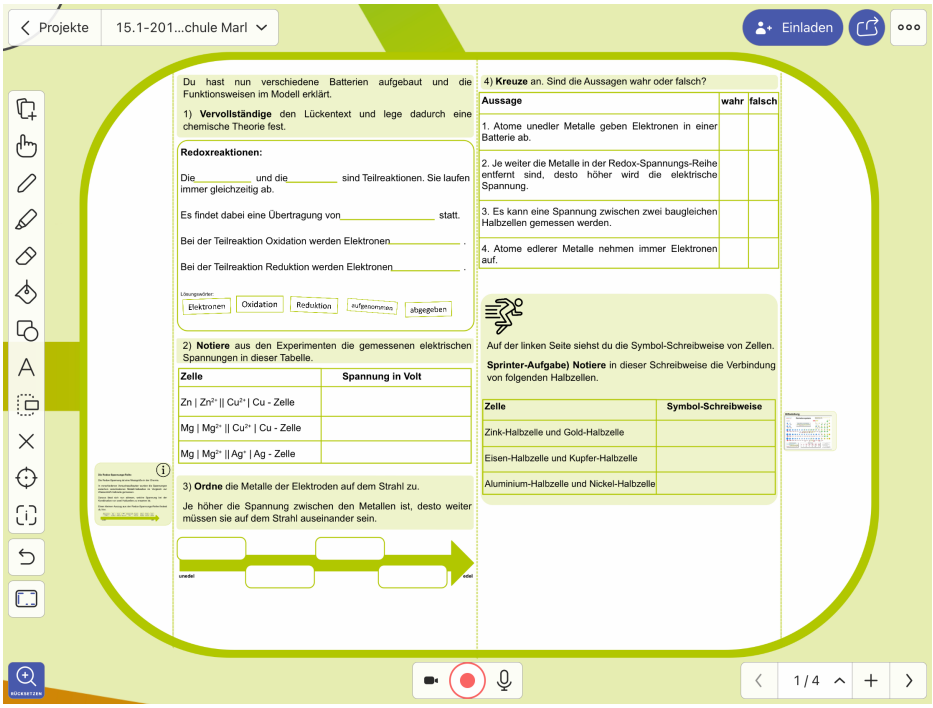


Lehrerhandreichung chemLEVEL

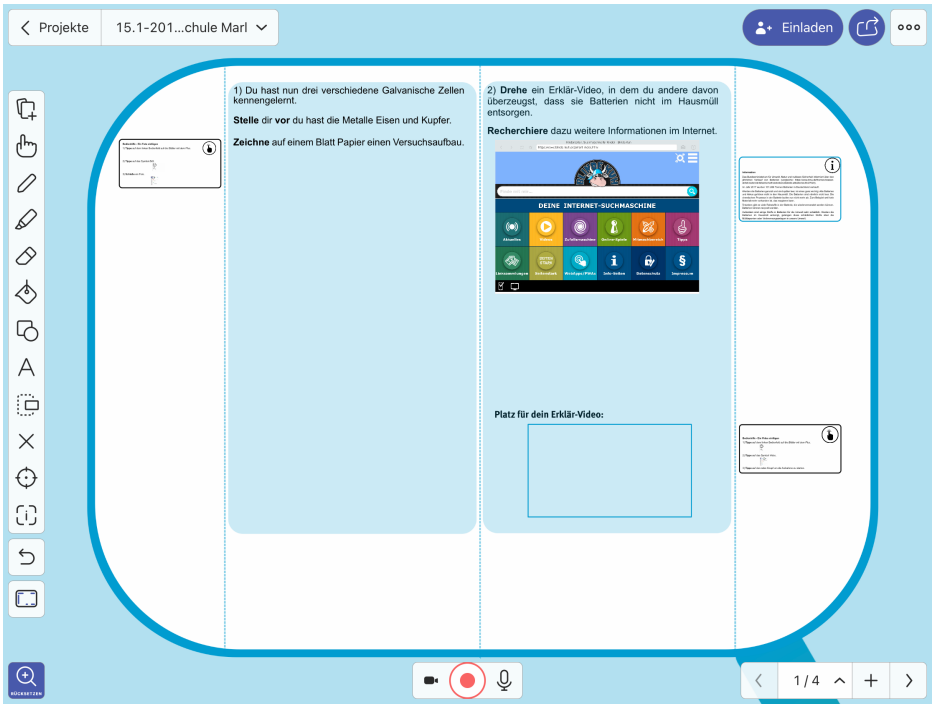
Vorstellungsebene 3:



Symbolebene 3:



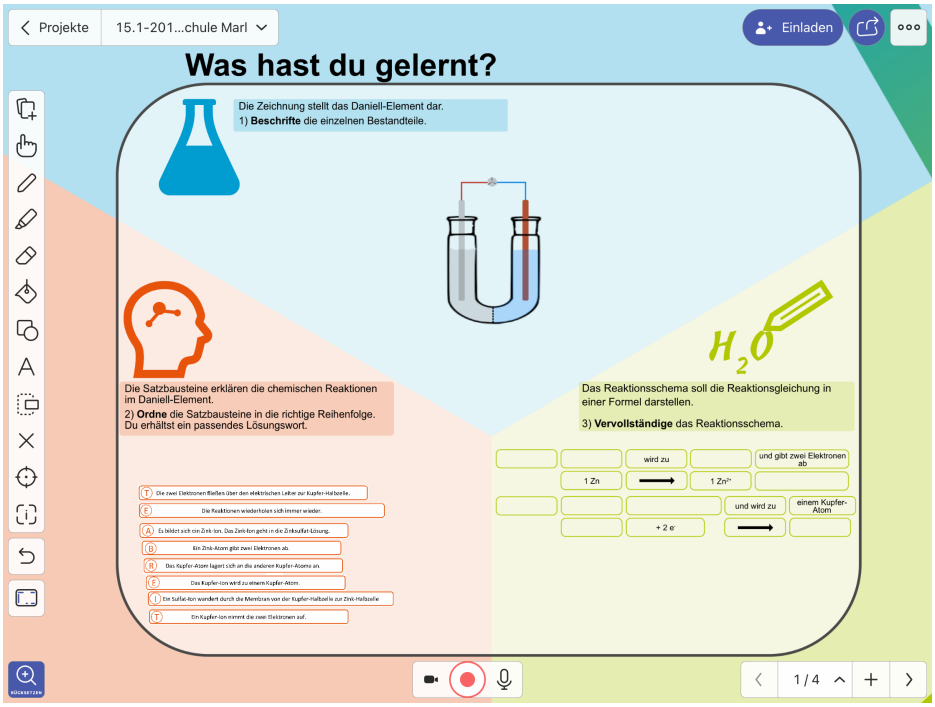
Beobachtungsebene 3:



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Sicherungsknoten:

Zuletzt befindet sich im Zentrum des Dreiecks der Sicherungsknoten, der eine Aufgabe je sprachlicher Ebene beinhaltet.



Lehrerhandreichung chemLEVEL

Wichtige Hinweise zur Handhabung der App:

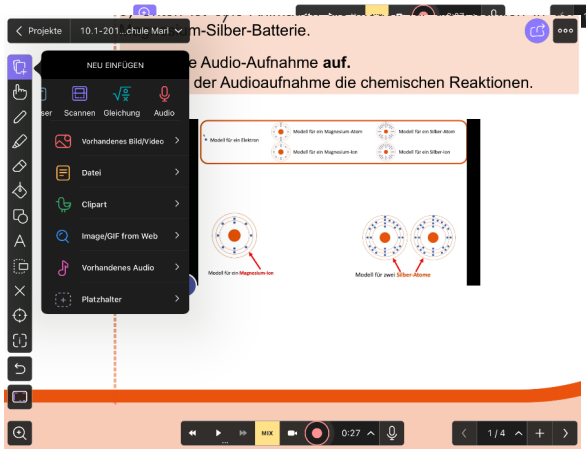
Die Lernumgebung kann in der App ExplainEverything geöffnet werden. Mithilfe der Werkzeugleiste kann man sich innerhalb der Lernumgebung bewegen, Elemente bewegen, neue Elemente einfügen und etwas schreiben oder zeichnen.

Um von einem Knotenpunkt zum anderen zu gelangen kann man im Zoom-Modus ganz einfach mit den Fingern einen Bereich größer ziehen oder es zusammenschieben.



An einigen Stellen können die Schülerinnen und Schüler selbst Bilder, Audioaufnahmen oder ein Erklärvideo aufnehmen. Hierzu gibt es auch innerhalb der Lernumgebung Bedienhilfen. Wichtig ist insbesondere, dass Audioaufnahmen über die Option „Elemente einfügen“ in die Lernumgebung integriert werden. Die Bildschirmaufnahmefunktion am unteren Rand des App-Interfaces eignet sich nicht dafür.





IX. Gefährdungsbeurteilung Experimente

DOKUMENTATION DER GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG NACH GefStoffV

1. Tätigkeit/Experiment

Untersuchung des Daniell-Experiments	JgSt:5	lfd Nr.:

Tätigkeitsbeschreibung: Ein U-Rohr mit Membran wird mit einer Muffe und einer Klammer am Stativ befestigt. Mithilfe zweier Trichter, wird die linke Hälfte des U-Rohrs mit einer Zinksulfat-Lösung (1 M) und die rechte Hälfte mit Kupfersulfat-Lösung (1 M) befüllt. Anschließend wird die Zink-Elektrode in die Zinksulfat-Lösung und die Kupfer-Elektrode in die Kupfersulfat-Lösung getaucht. An den Elektroden wird jeweils ein Kabel befestigt. Anschließend wird nacheinander ein Elektromotor, ein Summer, eine LED und ein Voltmeter ggf. mithilfe der Krokodilklemmen an die Kabel angeschlossen

geplanter Einsatz: **Lehrerversuch** ☐ **Schülerversuch** ☒ **besonders schutzbedürftige Personen** ☐

2. Ermittlung der gefährlichen Stoffeigenschaften (Edukte/Produkte/Nebenprodukte)

Stoff/Gemisch	Signalwort	H-Ziffern und H-Sätze
1. Kupfer(II)-sulfat-Lösung 1 M	Gefahr	H 318, Verursacht schwere Augenschäden H 411, Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
2. Kupfer, Stab	-	
3. Zinksulfat-Lösung 1 M	Gefahr	H 318, Verursacht schwere Augenschäden H 411, Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
4. Zink, Stab	-	

Werden Gasbrenner verwendet? **Ja** ☐ **Nein** ☒

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒

3. Beurteilung der Gefahren

Gefahr	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
durch Haut- und Augenkontakt	Flussdiagramm, S. 3	☒	☐
durch Einatmen		☐	☒
durch Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tabelle „Sonstige Gefahren“, S. 5	☐	☒

Ggf. Erläuterungen zu weiteren Gefahren:

Ergebnis der verpflichtenden Substitutionsprüfung nach Gefahrstoffverordnung:

4. Beurteilung des Grads der Gefährdung für die gesamte Tätigkeit			
gering ☐	mittel ☒	hoch ☐	sehr hoch ☐

bitte wenden!

5. Verwendungsverbote und Tätigkeitsbeschränkungen

für die Personen unter 1. werden beachtet (vgl. RISU-NRW). ja ☒

6. Festlegung der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard vgl. RISU-NRW	 Schutzbrille	 Handschuhe	 Abzug	 geschl. System	 Lüften	 Brandschutz
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

weitere Maßnahmen:

☐	

Maßnahmen für besonders schutzbedürftige Personen:

☐	

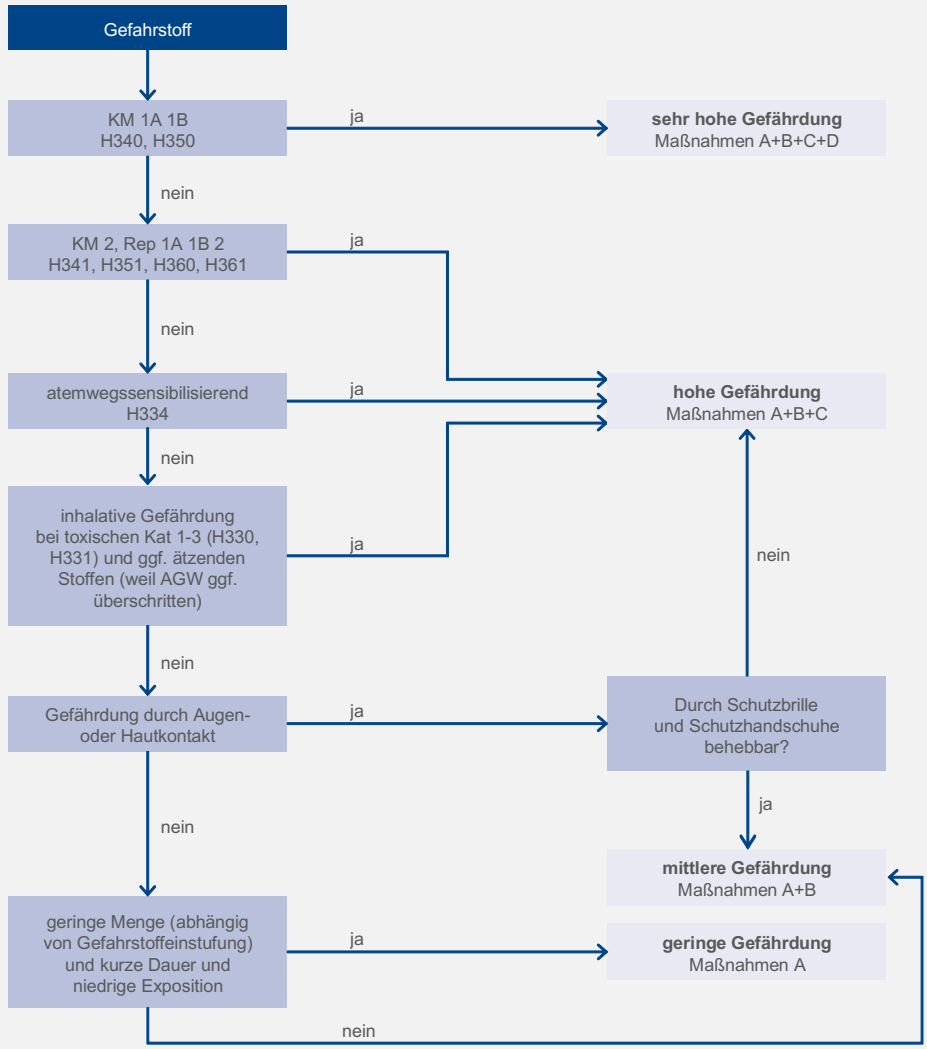
7. Entsorgung (optional)

Anlagen (z. B. Versuchsaufbau):

Datum: **Unterschrift:**

ABSCHÄTZUNG DES GEFÄHRDUNGSPOTENZIALS

Die Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Gefahrstoffen bei Gesundheitsgefahren unter Berücksichtigung von Gefahrstoffeinstufung, Menge, Freisetzungspotenzial, Wirkungsdauer und Erfahrung der Experimentierenden kann mit folgendem Flussdiagramm erfolgen.
Die zu ergreifenden Maßnahmen finden sich auf S. 4.



Geringe Gefährdung – Maßnahmen A

- Die Anforderungen der Checkliste „Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit chemischen Arbeitsstoffen“ (RISU III - 2.4.5) als Mindeststandard umsetzen.
- Keine detaillierte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nötig.

Mittlere Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen B

- Bis Klasse 4 Tätigkeitsbeschränkungen beachten (vgl. RISU I - 3.6).
- Ersatzstoffe nach Möglichkeit einsetzen.
- Arbeitsplatzgrenzwerte einhalten.
- Minimierung der Stoffmengen.
- Vermeidung von Hautkontakt sicherstellen.
- Persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille, ggf. Schutzhandschuhe) benutzen.

 ☐  ☐

- Ggf. Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr ergreifen.

 ☐

- Gefährdungsbeurteilung erstellen und dokumentieren.
- Unterweisungen durchführen.

Hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen C

- Tätigkeitsbeschränkung beachten, z. B. für akut toxische und KMR-Stoffe (vgl. RISU I - 3.6 und I - 3.7).
- Substitution (Ersatzstoffe und Ersatzverfahren)
  Ein Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden.
- Wenn Substitution nicht möglich: Einsatz im geschlossenen System

 ☐

- Wenn geschlossenes System nicht möglich:
  Arbeitsverfahren mit geringer Exposition (z. B. Arbeiten im Abzug) wählen.

 ☐

Sehr hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen D

- Tätigkeitsbeschränkung und Verwendungsverbote für KMR-Stoffe beachten (vgl. RISU I - 3.5, I - 3.6 und I - 3.7).
- Bei Experimenten mit zulässigen Gefahrstoffen dieser Kategorien alle
  - technischen
  - organisatorischen
  - personengebundenen

  } Schutzmaßnahmen ausschöpfen,

um eine Exposition von Personen ganz zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren.

TABELLE: SONSTIGE GEFAHREN

Beurteilung		Maßnahmen	
Liegen Gefahren vor durch **narkotisch wirkende Stoffe?** Beispiel: Distickstoffmonooxid (Lachgas) siehe Sicherheitsdatenblatt	ja →	Tätigkeiten mit diesen Stoffen unter einem Abzug oder mit kleinen Mengen (ml) bei ausreichend guter Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **erstickend wirkende Stoffe?** Beispiele: Stickstoff, Kohlenstoffdioxid	ja →	zeitliche Begrenzung und Mengenbegrenzung, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen Gefahren vor durch **tiefkalte Medien?** Beispiele: flüssiger Stickstoff, Trockeneis	ja →	technische Hilfsmittel (snowpack): zeitliche Begrenzung auf 1 Min., Kälteschutzhandschuhe, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **heiße Medien?** Beispiel: Thermit-Verfahren	ja →	Ausführung der Thermit-Reaktion im Freien, Auffangen des Reaktionsprodukts im Sandbett, ausreichender Schutzabstand für Personen und brennbare Materialien	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen **weitere Gefahren** vor u. a. durch stoffliche Eigenschaften oder Tätigkeiten? Beispiele: • erhöhter Druck: Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe • Vakuum • chronisch schädigend: Feinstäube • explosionsfähig: brennbare Stäube • Schneiden	ja →	Geeignete Schutzmaßnahmen gegen mögliche Gefahren ergreifen und dokumentieren.	III - 2.4.5 und  ☐  ☐  ☐  ☐ Schutzscheibe ☐

DOKUMENTATION DER GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG NACH GefStoffV

1. Tätigkeit/Experiment

Untersuchung eines Kupfer/Magnesium-Elements	JgSt:5	lfd Nr.:

Tätigkeitsbeschreibung: Ein U-Rohr mit Membran wird mit einer Muffe und einer Klammer am Stativ befestigt. Mithilfe zweier Trichter, wird die linke Hälfte des U-Rohrs mit einer Magnesiumsulfat-Lösung (1 M) und die rechte Hälfte mit einer Kupfersulfat-Lösung (1 M) befüllt. Anschließend wird die Magnesium-Elektrode in die Magnesiumsulfat-Lösung und die Kupfer-Elektrode in die Kupfersulfat-Lösung getaucht. An den Elektroden wird jeweils ein Kabel befestigt. Anschließend wird nacheinander ein Elektromotor, ein Summer, eine LED und ein Voltmeter ggf. mithilfe der Krokodilklemmen an die Kabel angeschlossen

geplanter Einsatz: **Lehrerversuch** ☐ **Schülerversuch** ☒ **besonders schutzbedürftige Personen** ☐

2. Ermittlung der gefährlichen Stoffeigenschaften (Edukte/Produkte/Nebenprodukte)

Stoff/Gemisch	Signalwort	H-Ziffern und H-Sätze
1. Kupfer(II)-sulfat-Lösung 1 M	Gefahr	H 318, Verursacht schwere Augenschäden H 411, Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung
2. Kupfer, Stab	-	
3. Magnesiumsulfat-Lösung 1 M	-	
4. Magnesium, Stab	-	

Werden Gasbrenner verwendet? **Ja** ☐ **Nein** ☐

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒

3. Beurteilung der Gefahren

Gefahr	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
durch Haut- und Augenkontakt	Flussdiagramm, S. 3	☒	☐
durch Einatmen		☐	☒
durch Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tabelle „Sonstige Gefahren“, S. 5	☐	☒

Ggf. Erläuterungen zu weiteren Gefahren:

Ergebnis der verpflichtenden Substitutionsprüfung nach Gefahrstoffverordnung:

4. Beurteilung des Grads der Gefährdung für die gesamte Tätigkeit			
gering ☐	mittel ☒	hoch ☐	sehr hoch ☐

bitte wenden!

5. Verwendungsverbote und Tätigkeitsbeschränkungen

für die Personen unter 1. werden beachtet (vgl. RISU-NRW). ja ☒

6. Festlegung der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard vgl. RISU-NRW	 Schutzbrille	 Handschuhe	 Abzug	 geschl. System	 Lüften	 Brandschutz
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

weitere Maßnahmen:

☐	

Maßnahmen für besonders schutzbedürftige Personen:

☐	

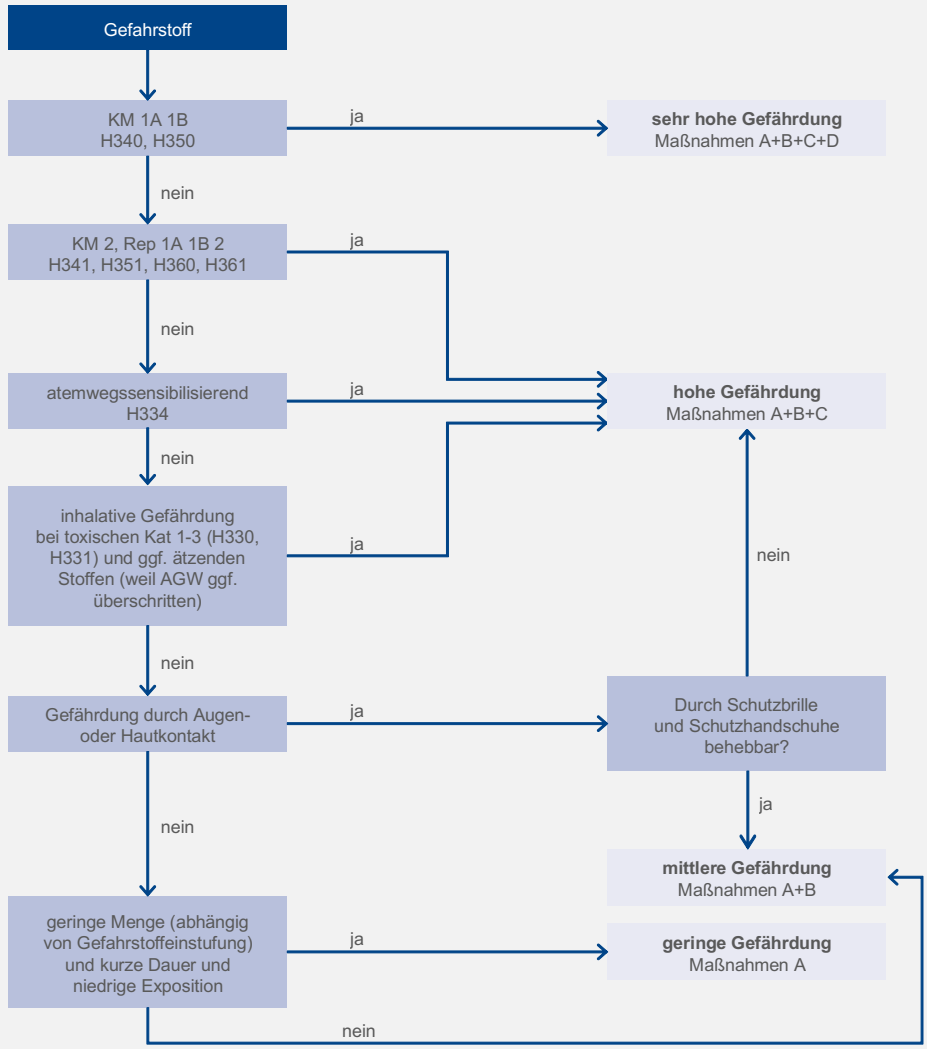
7. Entsorgung (optional)

Anlagen (z. B. Versuchsaufbau):

Datum: **Unterschrift:**

ABSCHÄTZUNG DES GEFÄHRDUNGSPOTENZIALS

Die Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Gefahrstoffen bei Gesundheitsgefahren unter Berücksichtigung von Gefahrstoffeinstufung, Menge, Freisetzungspotenzial, Wirkungsdauer und Erfahrung der Experimentierenden kann mit folgendem Flussdiagramm erfolgen.
Die zu ergreifenden Maßnahmen finden sich auf S. 4.



Geringe Gefährdung – Maßnahmen A

- Die Anforderungen der Checkliste „Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit chemischen Arbeitsstoffen“ (RISU III - 2.4.5) als Mindeststandard umsetzen.
- Keine detaillierte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nötig.

Mittlere Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen B

- Bis Klasse 4 Tätigkeitsbeschränkungen beachten (vgl. RISU I - 3.6).
- Ersatzstoffe nach Möglichkeit einsetzen.
- Arbeitsplatzgrenzwerte einhalten.
- Minimierung der Stoffmengen.
- Vermeidung von Hautkontakt sicherstellen.
- Persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille, ggf. Schutzhandschuhe) benutzen.

 ☐  ☐

- Ggf. Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr ergreifen.

 ☐

- Gefährdungsbeurteilung erstellen und dokumentieren.
- Unterweisungen durchführen.

Hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen C

- Tätigkeitsbeschränkung beachten, z. B. für akut toxische und KMR-Stoffe (vgl. RISU I - 3.6 und I - 3.7).
- Substitution (Ersatzstoffe und Ersatzverfahren)
  Ein Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden.
- Wenn Substitution nicht möglich: Einsatz im geschlossenen System

 ☐

- Wenn geschlossenes System nicht möglich:
  Arbeitsverfahren mit geringer Exposition (z. B. Arbeiten im Abzug) wählen.

 ☐

Sehr hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen D

- Tätigkeitsbeschränkung und Verwendungsverbote für KMR-Stoffe beachten (vgl. RISU I - 3.5, I - 3.6 und I - 3.7).
- Bei Experimenten mit zulässigen Gefahrstoffen dieser Kategorien alle
  - technischen
  - organisatorischen
  - personengebundenen

  } Schutzmaßnahmen ausschöpfen,

um eine Exposition von Personen ganz zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren.

TABELLE: SONSTIGE GEFAHREN

Beurteilung		Maßnahmen	
Liegen Gefahren vor durch **narkotisch wirkende Stoffe?** Beispiel: Distickstoffmonooxid (Lachgas) siehe Sicherheitsdatenblatt	ja →	Tätigkeiten mit diesen Stoffen unter einem Abzug oder mit kleinen Mengen (ml) bei ausreichend guter Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **erstickend wirkende Stoffe?** Beispiele: Stickstoff, Kohlenstoffdioxid	ja →	zeitliche Begrenzung und Mengenbegrenzung, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen Gefahren vor durch **tiefkalte Medien?** Beispiele: flüssiger Stickstoff, Trockeneis	ja →	technische Hilfsmittel (snowpack): zeitliche Begrenzung auf 1 Min., Kälteschutzhandschuhe, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **heiße Medien?** Beispiel: Thermit-Verfahren	ja →	Ausführung der Thermit-Reaktion im Freien, Auffangen des Reaktionsprodukts im Sandbett, ausreichender Schutzabstand für Personen und brennbare Materialien	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen **weitere Gefahren** vor u. a. durch stoffliche Eigenschaften oder Tätigkeiten? Beispiele: • erhöhter Druck: Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe • Vakuum • chronisch schädigend: Feinstäube • explosionsfähig: brennbare Stäube • Schneiden	ja →	Geeignete Schutzmaßnahmen gegen mögliche Gefahren ergreifen und dokumentieren.	III - 2.4.5 und  ☐  ☐  ☐  ☐ Schutzscheibe ☐

DOKUMENTATION DER GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG NACH GefStoffV

1. Tätigkeit/Experiment

Untersuchung einer Silber/Magnesium-Zelle	JgSt:5	lfd Nr.:

Tätigkeitsbeschreibung: Ein U-Rohr mit Membran wird mit einer Muffe und einer Klammer am Stativ befestigt. Mithilfe zweier Trichter, wird die linke Hälfte des U-Rohrs mit einer Magnesiumsulfat-Lösung (1 M) und die rechte Hälfte mit einer Silbernitrat-Lösung (1 M) befüllt. Anschließend wird die Magnesium-Elektrode in die Magnesiumsulfat-Lösung und die Silber-Elektrode in die Silbernitrat-Lösung getaucht. An den Elektroden wird jeweils ein Kabel befestigt. Anschließend wird nacheinander ein Elektromotor, ein Summer, eine LED und ein Voltmeter ggf. mithilfe der Krokodilklemmen an die Kabel angeschlossen

geplanter Einsatz: **Lehrerversuch** ☐ **Schülerversuch** ☒ **besonders schutzbedürftige Personen** ☐

2. Ermittlung der gefährlichen Stoffeigenschaften (Edukte/Produkte/Nebenprodukte)

Stoff/Gemisch	Signalwort	H-Ziffern und H-Sätze
1. Silbernitrat-Lösung 0,1 M	Gefahr	H 219, Kann gegenüber Metallen korrosiv sein H 314, Verursacht schwere Verätzungen der Haupt und schwere Augenschäden H 410, Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung
2. Silber, Stab	-	
3. Magnesiumsulfat 1 M	-	
4. Magnesium, Stab	-	

Werden Gasbrenner verwendet? **Ja** ☐ **Nein** ☐

Piktogramme der beteiligten Stoffe									
	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☒

3. Beurteilung der Gefahren

Gefahr	zu prüfen mit	vorhanden	nicht vorhanden
durch Haut- und Augenkontakt	Flussdiagramm, S. 3	☒	☐
durch Einatmen		☐	☒
durch Brand, Explosion		☐	☒
Sonstige Gefahren	Tabelle „Sonstige Gefahren“, S. 5	☐	☒

Ggf. Erläuterungen zu weiteren Gefahren:

Ergebnis der verpflichtenden Substitutionsprüfung nach Gefahrstoffverordnung:

4. Beurteilung des Grads der Gefährdung für die gesamte Tätigkeit			
gering ☐	mittel ☒	hoch ☐	sehr hoch ☐

bitte wenden!

5. Verwendungsverbote und Tätigkeitsbeschränkungen

für die Personen unter 1. werden beachtet (vgl. RISU-NRW). ja ☒

6. Festlegung der Maßnahmen für die geplante Tätigkeit

Mindest-standard vgl. RISU-NRW	 Schutzbrille	 Handschuhe	 Abzug	 geschl. System	 Lüften	 Brandschutz
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

weitere Maßnahmen:

☐	

Maßnahmen für besonders schutzbedürftige Personen:

☐	

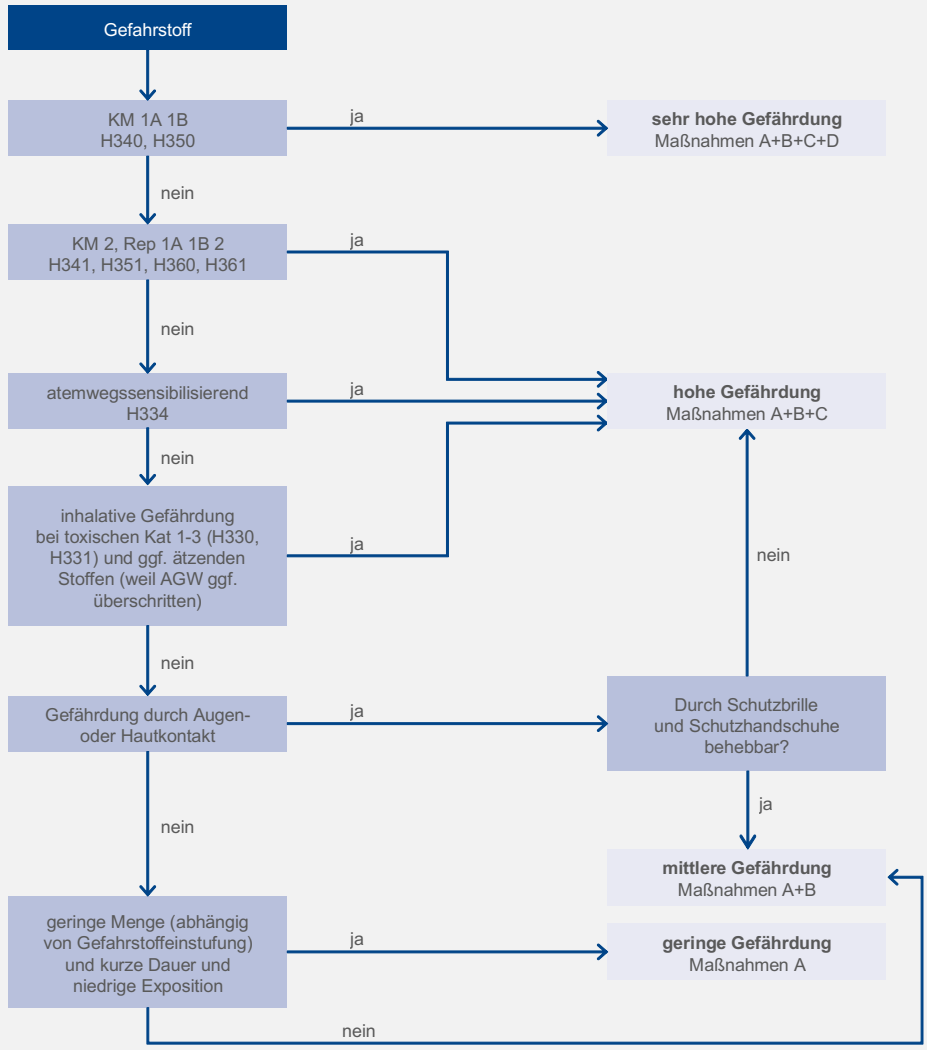
7. Entsorgung (optional)

Anlagen (z. B. Versuchsaufbau):

Datum: **Unterschrift:**

ABSCHÄTZUNG DES GEFÄHRDUNGSPOTENZIALS

Die Abschätzung des Gefährdungspotenzials von Gefahrstoffen bei Gesundheitsgefahren unter Berücksichtigung von Gefahrstoffeinstufung, Menge, Freisetzungspotenzial, Wirkungsdauer und Erfahrung der Experimentierenden kann mit folgendem Flussdiagramm erfolgen.
Die zu ergreifenden Maßnahmen finden sich auf S. 4.



Geringe Gefährdung – Maßnahmen A

- Die Anforderungen der Checkliste „Handlungshilfe zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit chemischen Arbeitsstoffen“ (RISU III - 2.4.5) als Mindeststandard umsetzen.
- Keine detaillierte Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung nötig.

Mittlere Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen B

- Bis Klasse 4 Tätigkeitsbeschränkungen beachten (vgl. RISU I - 3.6).
- Ersatzstoffe nach Möglichkeit einsetzen.
- Arbeitsplatzgrenzwerte einhalten.
- Minimierung der Stoffmengen.
- Vermeidung von Hautkontakt sicherstellen.
- Persönliche Schutzausrüstung (Schutzbrille, ggf. Schutzhandschuhe) benutzen.

 ☐  ☐

- Ggf. Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahr ergreifen.

 ☐

- Gefährdungsbeurteilung erstellen und dokumentieren.
- Unterweisungen durchführen.

Hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen C

- Tätigkeitsbeschränkung beachten, z. B. für akut toxische und KMR-Stoffe (vgl. RISU I - 3.6 und I - 3.7).
- Substitution (Ersatzstoffe und Ersatzverfahren)
  Ein Verzicht auf Substitution muss schriftlich begründet werden.
- Wenn Substitution nicht möglich: Einsatz im geschlossenen System

 ☐

- Wenn geschlossenes System nicht möglich:
  Arbeitsverfahren mit geringer Exposition (z. B. Arbeiten im Abzug) wählen.

 ☐

Sehr hohe Gefährdung – zusätzliche Maßnahmen D

- Tätigkeitsbeschränkung und Verwendungsverbote für KMR-Stoffe beachten (vgl. RISU I - 3.5, I - 3.6 und I - 3.7).
- Bei Experimenten mit zulässigen Gefahrstoffen dieser Kategorien alle
  - technischen
  - organisatorischen
  - personengebundenen

  } Schutzmaßnahmen ausschöpfen,

um eine Exposition von Personen ganz zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren.

TABELLE: SONSTIGE GEFAHREN

Beurteilung		Maßnahmen	
Liegen Gefahren vor durch **narkotisch wirkende Stoffe?** Beispiel: Distickstoffmonooxid (Lachgas) siehe Sicherheitsdatenblatt	ja →	Tätigkeiten mit diesen Stoffen unter einem Abzug oder mit kleinen Mengen (ml) bei ausreichend guter Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **erstickend wirkende Stoffe?** Beispiele: Stickstoff, Kohlenstoffdioxid	ja →	zeitliche Begrenzung und Mengenbegrenzung, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen Gefahren vor durch **tiefkalte Medien?** Beispiele: flüssiger Stickstoff, Trockeneis	ja →	technische Hilfsmittel (snowpack): zeitliche Begrenzung auf 1 Min., Kälteschutzhandschuhe, ausreichend gute Raumlüftung	III - 2.4.5 und  ☐  ☐
Liegen Gefahren vor durch **heiße Medien?** Beispiel: Thermit-Verfahren	ja →	Ausführung der Thermit-Reaktion im Freien, Auffangen des Reaktionsprodukts im Sandbett, ausreichender Schutzabstand für Personen und brennbare Materialien	III - 2.4.5 und  ☐
Liegen **weitere Gefahren** vor u. a. durch stoffliche Eigenschaften oder Tätigkeiten? Beispiele: • erhöhter Druck: Flüssigkeiten, Gase, Dämpfe • Vakuum • chronisch schädigend: Feinstäube • explosionsfähig: brennbare Stäube • Schneiden	ja →	Geeignete Schutzmaßnahmen gegen mögliche Gefahren ergreifen und dokumentieren.	III - 2.4.5 und  ☐  ☐  ☐  ☐ Schutzscheibe ☐

X. Änderungsentscheidungen Intercoderver-gleich

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
1.3	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:12:26.9	0:13:03.2	Lösung von Person 1 übernommen; falsche Aufgabenzuordnung
1.3	2.3.3\Schüler 2	1	0	0	0:12:27.0	0:13:03.5	
2.2	2.3.1\Schüler 1	1	0	0	0:13:34.5	0:13:36.6	Fehler im System; Code ist nicht gesetzt und wird hier aber angezeigt
2.2	2.3.1\Schüler 2	1	0	0	0:15:38.2	0:15:51.8	Fehler im System; Code ist nicht gesetzt und wird hier aber angezeigt
2.3	2.3.7\Schüler 2	1	0	0	0:16:20.2	0:16:23.1	Lösung von Person 2 übernommen; Fehler bezog sich auf Gespräch der Nachbargruppe
3.2	2.3.1\Schüler 1	1	0	0	0:13:34.5	0:13:38.1	Lösung von Person1 wird nach Einigung auf fachsprachlichen Fehler übernommen
3.3	2.3.1\Schüler 2	1	0	0	0:01:45.5	0:02:00.9	Lösung von Person 2 übernommen, da die Bezeichnung Punkte nicht als falsch gewertet wird.
3.3	2.3.2\Schüler 1	0	1	0	0:04:28.3	0:04:45.3	Zeitliche Anpassung
3.3	2.3.2\Schüler 1	1	0	0	0:04:29.2	0:04:47.7	Zeitliche Anpassung
3.3	2.3.4\Schüler 1	1	0	0	0:16:50.4	0:16:53.2	Lösung von Person 2 übernommen, da die Bezeichnung Teile nicht als falsch gewertet wird.
3.4	2.3.8\Schüler 2	1	0	0	0:14:39.5	0:14:42.7	Lösung von Person 2 übernommen, da Person 1 Schüler vertauscht; zeitliche Anpassung
3.4	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:14:39.9	0:14:46.8	
3.5konv	2.3 fachsprachlich falsche Kommunikation\2.3.8	0	1	0	0:01:26.3	0:01:29.4	Flüchtigkeitsfehler von Person 2; zeitliche Anpassung
3.5konv	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:01:27.3	0:01:30.1	
4.3	2.3.1\Schüler 2	1	0	0	0:00:21.6	0:00:52.3	Lösung Person 1 übernommen; Durch Glas laufen wird als fachsprachlich falsch bewertet
4.3	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:05:18.1	0:05:28.9	Lösung Person 2 nach Einigung auf fachsprachlichen Fehler übernommen
4.3	2.3.7\Schüler 1	1	0	0	0:16:39.4	0:16:48.5	Lösung Person 2 übernommen; es wird sich darauf geeinigt, dass es sich eher um Metakommunikation handelt
4.4	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:08:22.9	0:08:27.0	Zeitliche Anpassung
5.2	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:13:34.9	0:13:36.1	Zeitliche Anpassung
5.2	2.3.2\Schüler 2	1	0	0	0:13:35.0	0:13:35.9	Zeitliche Anpassung
5.2	2.3.3\Schüler 1	1	0	0	0:16:00.9	0:16:18.9	Zeitliche Anpassung
5.2	2.3.2\Schüler 1	0	1	0	0:16:02.2	0:16:19.1	Zeitliche Anpassung
5.3	2.3.5\Schüler 1	1	0	0	0:02:21.0	0:02:30.0	Zeitliche Anpassung
5.3	2.3.5\Schüler 1	0	1	0	0:02:21.9	0:02:29.4	Zeitliche Anpassung
5.3	2.3.5\Schüler 2	0	1	0	0:02:29.5	0:02:34.2	Lösung von Person 2 nach Einigung auf fachsprachlichen Fehler übernommen
5.4	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:04:53.5	0:04:58.6	Zeitliche Anpassung
5.4	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:04:54.0	0:04:58.6	Zeitliche Anpassung
5.4	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:06:18.7	0:06:23.0	Zeitliche Anpassung
5.4	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:06:18.7	0:06:26.1	Zeitliche Anpassung
6.3	2.3.7\Schüler 2	0	1	0	0:01:49.8	0:02:01.5	Lösung von Person 2 übernommen; "Ich hab Kupfer über Sulfat geschrieben"
6.3	2.3.7\Schüler 1	1	0	0	0:06:34.2	0:06:37.6	Zeitliche Anpassung
6.3	2.3.7\Schüler 1	0	1	0	0:06:35.3	0:06:37.1	Zeitliche Anpassung
6.3	2.3.7\Schüler 2	1	0	0	0:06:44.2	0:06:52.4	Zeitliche Anpassung
6.3	2.3.7\Schüler 2	0	1	0	0:06:45.0	0:06:52.3	Zeitliche Anpassung
6.4	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:00:43.9	0:00:48.3	Zeitliche Anpassung
6.4	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:00:44.0	0:00:50.1	Zeitliche Anpassung
8.2	2.3.1\Schüler 1	1	0	0	0:02:02.4	0:02:15.6	Zeitliche Anpassung
8.2	2.3.1\Schüler 1	0	1	0	0:02:03.6	0:02:14.5	Zeitliche Anpassung
8.2	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:05:09.0	0:05:22.5	Lösung Person 2 übernommen; Fehler von Person 1 überhört
8.2	2.3.5\Schüler 1	1	0	0	0:11:59.7	0:12:04.6	Lösung Person 1 übernommen; Lon statt Ion
8.3	2.3.8\Schüler 2	1	0	0	0:03:52.1	0:04:02.2	Lösung Person 2 übernommen; Schüler vertauscht
8.3	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:03:52.2	0:04:02.2	
8.3	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:05:09.5	0:05:30.0	Zeitliche Anpassung
8.3	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:05:09.7	0:05:27.8	Zeitliche Anpassung
8.3	2.3.8\Schüler 2	0	1	0	0:05:57.0	0:06:13.8	Nach Besprechung genauere Schülerzuorndung; Zeitliche Anpassung
8.3	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:05:57.4	0:06:13.5	
8.3	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:06:13.8	0:06:20.7	Zeitliche Anpassung
8.3	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:06:17.0	0:06:20.9	Zeitliche Anpassung
9.2	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:04:29.4	0:04:37.0	Lösung Person 2 nach Einigung auf fachsprachlichen Fehler übernommen
9.2	2.3 fachsprachlich falsche Kommunikation	1	0	0	0:10:29.0	0:10:34.0	Übergeordneter Code
9.2	2.3.6\Schüler 1	1	0	0	0:10:29.0	0:10:34.0	Zeitliche Anpassung
9.2	2.3.6\Schüler 1	0	1	0	0:10:29.8	0:10:35.6	Zeitliche Anpassung
9.2	2.3.7\Schüler 1	0	1	0	0:12:44.4	0:12:47.9	Lösung Person 2 nach Einigung auf fachsprachlichen Fehler übernommen
10.2	2.3.1\Schüler 2	1	0	0	0:09:55.3	0:10:08.0	Lösung von Person 1; auflösen als makroskopisches Phänomen bewertet
10.3	2.3.3\Schüler 1	0	1	0	0:00:11.8	0:00:19.9	Zeitliche Anpassung; Rückfrage von S2 mitcodiert
10.3	2.3.3\Schüler 1	1	0	0	0:00:12.1	0:00:16.0	
10.3	2.3.5\Schüler 1	0	1	0	0:03:51.0	0:03:57.3	Zeitliche Anpassung
10.3	2.3.5\Schüler 1	1	0	0	0:03:51.4	0:03:57.8	Zeitliche Anpassung
10.3	2.3.8\Schüler 1	1	0	0	0:16:22.9	0:16:25.6	Zeitliche Anpassung

Anhang

10.3	2.3.8\Schüler 1	0	1	0	0:16:23.9	0:16:25.4	Zeitliche Anpassung
11.9	2.3.7\Schüler 1	1	0	0	0:10:19.2	0:10:23.0	Lösung von Person 1; S1 sagt Lon statt Ion
13.9	2.3.2\Schüler 2	0	1	0	0:11:55.0	0:12:00.7	Lösung von Person 2; Zinkatom, Zinkion, Zink-HÄ?
13.10	2.3.7\Schüler 2	0	1	0	0:01:03.8	0:01:14.9	Zeitliche Anpassung
13.10	2.3.7\Schüler 2	1	0	0	0:01:03.8	0:01:16.4	Zeitliche Anpassung

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
1.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:59.7	0:02:07.7	Zeitliche Anpassung
1.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:00.0	0:02:10.3	Zeitliche Anpassung
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:30.7	0:05:56.7	Zeitliche Anpassung
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:32.2	0:05:56.1	Zeitliche Anpassung
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:07:14.0	0:07:47.0	Zeitliche Anpassung
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:07:14.0	0:07:49.6	Zeitliche Anpassung
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:07:47.0	0:11:00.0	
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	0	1	0	0:07:49.6	0:12:03.2	
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:00.0	0:11:29.0	Ablenkung übernommen. S1 richtet Kamera aus
1.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:11:29.0	0:12:06.0	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:03:50.0	0:06:02.1	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:03:54.0	0:04:18.8	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:04:19.2	0:04:38.5	Ablenkung übernommen. S2 hat Probleme mit der App S1 hilft
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:04:37.3	0:06:06.0	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:06:02.2	0:06:36.1	Zeitliche Anpassung
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:06:04.6	0:06:36.0	Zeitliche Anpassung
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:06:36.1	0:06:55.6	Zeitliche Anpassung
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:06:37.3	0:06:55.5	Zeitliche Anpassung
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:08:30.7	0:12:04.5	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:08:32.0	0:17:34.0	
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:12:04.5	0:12:27.2	Ablenkung übernommen, aber zeitlich gekürzt
1.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:12:27.3	0:17:34.0	
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:00:00.0	0:07:41.9	Zeitliche Anpassung
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:00:37.0	0:07:46.3	Zeitliche Anpassung
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:08:00.4	0:14:25.0	
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:08:01.1	0:17:34.0	
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:25.7	0:14:35.6	Ablenkung übernommen. Kurzes Gespräch mit Nachbargruppe
1.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:14:35.5	0:17:34.0	
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:03:41.2	0:04:20.2	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:03:42.6	0:04:22.8	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:06:09.7	0:06:18.2	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:06:10.0	0:06:18.0	Zeitliche Anpassung

1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:18.0	0:06:33.6	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:18.2	0:06:35.3	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:06:33.6	0:12:47.4	
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:06:35.4	0:11:26.0	
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:11:26.0	0:12:15.3	Hier SE1 codieren, da sie VE1 nur als Hilfe nutzen
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:12:15.3	0:12:46.9	
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:12:46.9	0:13:11.3	Zeitliche Anpassung
1.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:12:47.6	0:13:12.6	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:37.2	0:03:54.7	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:37.5	0:03:56.7	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:03:54.7	0:04:25.2	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:03:56.8	0:04:25.9	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:06:30.5	0:15:29.7	
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:06:41.0	0:10:14.5	
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:14.5	0:10:27.0	Einigung auf keine Ablenkung, da weitergearbeitet wird.
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:10:27.8	0:15:29.0	
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:16:42.8	0:17:17.0	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:16:43.9	0:17:21.9	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:17:17.0	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:17:22.0	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:58.4	0:06:40.3	Zeitliche Anpassung
1.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:03.9	0:06:40.4	Zeitliche Anpassung
1.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:05:16.1	0:17:34.0	
1.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:37.2	0:05:55.2	Einigung auf keine Ablenkung, da weitergearbeitet wird.
1.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:05:55.0	0:17:34.0	
1.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:05:45.0	0:06:59.1	
1.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:05:47.6	0:17:01.0	
1.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:06:59.1	0:08:05.6	Wechsel auf VE2 übernommen, da die Aufgabe nochmal bearbeitet wird
1.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:08:05.6	0:17:02.3	
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:29.6	0:01:37.8	Zeitliche Anpassung
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:30.4	0:01:38.2	Zeitliche Anpassung
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:04:27.8	0:07:13.8	
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:04:29.2	0:06:05.8	
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:06:05.8	0:06:22.9	VE3 codieren, da SE2 nur zur Hilfe genutzt wird
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:06:22.9	0:07:14.0	
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:14.1	0:07:23.9	Zeitliche Anpassung
1.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:14.2	0:07:27.5	Zeitliche Anpassung
1.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:01:58.9	0:02:16.9	
1.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:02:01.3	0:02:10.3	

1.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:02:10.4	0:02:14.0	Übernommen. Kurzes reinzoomen.
1.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:02:14.0	0:03:28.3	Zeitliche Anpassung
1.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:02:16.9	0:03:27.1	Zeitliche Anpassung
2.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:58.5	0:02:03.8	Zeitliche Anpassung
2.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:58.7	0:02:03.6	Zeitliche Anpassung
2.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:11:39.0	0:12:14.1	Zeitliche Anpassung
2.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:11:39.5	0:12:19.7	Zeitliche Anpassung
2.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:00:00.0	0:00:29.0	Zeitliche Anpassung
2.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:00.0	0:00:31.4	Zeitliche Anpassung
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:01:05.9	0:01:32.0	Zeitliche Anpassung
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:01:06.9	0:01:32.7	Zeitliche Anpassung
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:10:10.2	0:15:18.5	
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:10:12.0	0:17:34.0	
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:15:18.5	0:15:44.1	Ablenkung übernommen. S1 hilft S2 bei Störung in der App
2.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:15:44.1	0:17:34.0	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:00:00.0	0:01:16.0	Zeitliche Anpassung
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:00.0	0:01:27.3	Zeitliche Anpassung
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:01:16.0	0:02:32.3	Zeitliche Anpassung
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:01:27.2	0:02:28.2	Zeitliche Anpassung
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:02:32.2	0:02:52.4	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:02:32.3	0:04:06.7	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:52.4	0:03:05.3	Ablenkung übernommen
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:03:05.3	0:04:06.8	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:04:41.7	0:05:12.0	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:04:42.6	0:06:48.1	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:12.0	0:05:57.6	Ablenkung übernommen
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:05:57.6	0:06:47.7	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:11:24.8	0:11:43.7	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:11:24.8	0:11:59.2	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:11:43.2	0:12:03.3	Ablenkung übernommen
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:59.2	0:12:13.3	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:01.4	0:12:11.9	
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:12:12.8	0:12:44.8	Zeitliche Anpassung
2.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:12:13.3	0:12:46.5	Zeitliche Anpassung
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:06:06.0	0:06:19.3	Zeitliche Anpassung

2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:06:06.5	0:06:19.7	Zeitliche Anpassung
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:06:37.0	0:14:39.9	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:06:37.6	0:10:02.0	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:02.5	0:10:50.8	Ablenkung übernommen
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:10:50.7	0:12:53.1	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:53.0	0:13:15.3	Ablenkung übernommen
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:13:15.3	0:14:36.0	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:14:39.4	0:17:05.4	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:14:39.9	0:17:34.0	
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:17:05.6	0:17:14.5	Ablenkung übernommen
2.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:17:14.5	0:17:34.0	
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:10.5	0:08:14.3	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:32.9	0:08:16.2	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:08:14.3	0:09:48.8	
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:08:16.3	0:10:33.9	
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:09:48.9	0:10:12.7	Ablenkung übernommen
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:10:14.4	0:10:29.3	
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:29.3	0:10:50.0	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:10:33.9	0:10:50.9	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:10:50.0	0:12:12.8	Zeitliche Anpassung

2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:10:50.9	0:12:20.2	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:13.9	0:12:35.4	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:12:20.2	0:12:35.0	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:14:58.7	0:17:08.4	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:14:59.2	0:16:24.9	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:16:25.0	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:17:08.4	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:00:00.0	0:00:37.0	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:00:44.2	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:37.1	0:01:39.4	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:44.2	0:01:33.9	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:01:33.9	0:01:52.2	Zeitliche Anpassung
2.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:01:39.3	0:01:52.9	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:56.0	0:06:47.1	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:56.3	0:06:40.1	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:56.8	0:12:12.2	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:57.8	0:12:15.6	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:12:12.2	0:12:41.9	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:12:15.6	0:12:41.0	Zeitliche Anpassung

2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:13:35.2	0:14:05.2	Zeitliche Anpassung
2.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:13:36.5	0:14:04.2	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:05:21.2	0:05:58.7	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:05:28.2	0:05:54.2	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:05:54.2	0:06:18.9	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:05:58.7	0:06:18.8	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:13:12.1	0:16:40.5	
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:13:12.5	0:15:43.7	
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:15:44.2	0:16:14.2	Ablenkung übernommen
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:16:14.4	0:16:40.2	
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:16:40.2	0:16:55.7	Zeitliche Anpassung
2.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:16:40.6	0:16:56.1	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:00:21.3	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:00:02.0	0:01:00.5	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:00:21.3	0:00:59.7	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:01:38.6	0:02:14.0	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:01:38.8	0:02:06.2	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:06.2	0:02:30.8	Zeitliche Anpassung

2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:14.0	0:02:27.0	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:02:27.0	0:03:10.3	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:02:30.2	0:03:10.0	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:03:10.0	0:06:27.3	
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:03:10.4	0:07:00.6	
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:27.2	0:06:38.3	Ablenkung übernommen
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:06:38.2	0:07:00.5	
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:00.5	0:07:19.1	Zeitliche Anpassung
2.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:00.6	0:07:17.5	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:00:00.0	0:00:04.1	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:00.0	0:01:17.7	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:04.2	0:01:17.2	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:01:17.3	0:02:21.6	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:01:17.7	0:02:12.0	Zeitliche Anpassung
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:12.0	0:07:50.8	
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:02:21.7	0:02:27.9	Ab hier Ablenkung durchgezogen, da SuS nur noch Aufgaben durchstreichen, die sie nicht gemacht haben
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:02:27.9	0:02:36.9	
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:02:36.9	0:02:47.8	
2.12konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:47.8	0:07:50.4	
3.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:14:42.9	0:14:48.7	Zeitliche Anpassung

3.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	0	1	0	0:14:43.1	0:14:49.2	Zeitliche Anpassung
3.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:14:48.7	0:16:00.0	
3.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:14:49.2	0:15:40.8	
3.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:15:40.9	0:15:58.4	zusammengefügt mit Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung
3.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	0	1	0	0:08:32.7	0:09:58.0	Zeitliche Anpassung
3.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:08:37.0	0:10:03.1	Zeitliche Anpassung
3.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:09:58.1	0:10:08.0	übernommen, gehört noch nicht zur Ablenkung dazu
3.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:04.0	0:11:16.0	Zeitliche Anpassung
3.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:10:08.1	0:11:16.5	Zeitliche Anpassung
3.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:40.4	0:01:03.5	Zeitliche Anpassung
3.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:41.1	0:01:00.4	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:37.0	0:03:44.5	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:37.6	0:03:44.4	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:04:06.8	0:04:11.7	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:04:07.0	0:04:11.5	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:09.6	0:05:17.8	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:10.4	0:05:17.6	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:07:19.5	0:12:03.0	
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:07:22.0	0:11:33.0	zeitlich hieran angepasst, Ansage zur Pause löst Abbau aus, der nicht zur Aufgabe gehört

3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:33.0	0:13:03.4	
3.5konv	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:12:03.0	0:13:03.8	
3.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:25.4	0:11:00.4	Ablenkung ab ausziehen des Handschuhs
3.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:10:40.9	0:10:58.4	
3.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:16:49.3	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
3.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:16:53.8	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:02:43.0	0:09:07.2	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:02:43.8	0:09:29.1	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:09:07.0	0:09:34.8	Ablenkung übernommen, zeitlich gekürzt
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:09:29.1	0:10:32.5	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:09:34.8	0:10:33.1	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:10:32.5	0:11:16.4	Zeitliche Anpassung
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:33.7	0:11:20.4	Zeitliche Anpassung
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:11:16.5	0:11:30.5	Zeitliche Anpassung
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:11:17.7	0:11:30.0	Zeitliche Anpassung
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:30.0	0:13:08.8	zeitlich gekürzt, Bezug zur Aufgabe im Gespräch
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:30.5	0:12:44.4	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:12:44.4	0:17:34.3	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:13:08.7	0:13:29.7	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:13:29.7	0:14:09.2	übernommen, zeitlich gekürzt

3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:14:09.2	0:15:57.1	
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:15:58.0	0:16:55.4	rausgenommen, stellt eher Hilfestellung von außen dar
3.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:16:56.0	0:17:34.3	
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:44.9	0:01:11.7	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:45.5	0:01:09.8	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:01:09.8	0:01:19.3	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:01:11.7	0:01:19.2	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:01:19.2	0:01:51.8	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:01:19.3	0:01:54.1	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:03:53.6	0:04:01.1	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:03:54.4	0:04:01.2	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:06:47.8	0:06:58.0	Zeitliche Anpassung
3.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:06:48.5	0:06:58.9	Zeitliche Anpassung
3.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:07:01.2	0:15:57.0	
3.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:03.0	0:07:17.1	übernommen, zeitlich gekürzt
3.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:07:17.1	0:14:18.5	
3.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:17.5	0:16:24.2	Einigung auf Unterteilung der Ablenkung
3.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:15:57.0	0:16:24.1	
4.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:51.1	0:01:32.5	Zeitliche Anpassung
4.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:00:53.6	0:01:34.0	Zeitliche Anpassung
4.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:08:38.9	0:09:35.5	Zeitliche Anpassung
4.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:08:55.0	0:09:30.2	Zeitliche Anpassung
4.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:14:50.4	0:15:10.7	Zeitliche Anpassung
4.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:14:50.9	0:15:10.1	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:02:03.0	0:02:58.9	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:02:04.9	0:03:12.6	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:59.7	0:03:40.2	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:12.6	0:03:37.5	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:03:37.5	0:05:39.8	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:03:40.2	0:05:21.0	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:26.5	0:06:25.9	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:39.8	0:06:24.8	Zeitliche Anpassung
4.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:10:21.0	0:10:39.8	Ablenkung übernommen, zeitlich gekürzt
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:01:14.5	0:01:29.1	Zeitliche Anpassung
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:01:14.6	0:01:30.1	Zeitliche Anpassung
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Störung mit Material	1	0	0	0:01:56.2	0:04:59.4	Einigung auf Ablenkung

4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:04:19.0	0:04:40.0	Zeitliche Anpassung
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:04:19.6	0:04:41.4	Zeitliche Anpassung
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:09:22.0	0:11:54.8	
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:09:22.1	0:12:59.1	
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:54.8	0:12:05.4	übernommen
4.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:12:05.4	0:13:00.6	
4.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:00.8	0:03:50.0	Zeitliche Anpassung
4.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:01.8	0:03:51.7	Zeitliche Anpassung
4.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:03:50.0	0:04:02.5	Zeitliche Anpassung
4.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:03:51.7	0:04:02.1	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:03:06.2	0:06:16.9	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:03:07.0	0:06:41.0	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:16.9	0:06:44.8	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:06:42.7	0:07:23.7	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:06:44.9	0:07:20.9	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:21.0	0:07:40.6	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:23.5	0:07:45.4	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:07:40.6	0:08:57.8	Zeitliche Anpassung
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:07:45.4	0:08:58.0	Zeitliche Anpassung

4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:09:58.5	0:14:11.9	
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:09:59.6	0:17:34.3	
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:12.7	0:14:35.3	übernommen
4.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:14:35.1	0:17:34.3	
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:01:25.1	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:00:00.0	0:01:20.7	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:20.7	0:02:33.2	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:25.1	0:02:33.1	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:02:33.2	0:03:00.7	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:02:33.2	0:02:57.7	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:03:00.7	0:03:26.5	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:03:01.9	0:03:26.1	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:04:39.0	0:05:01.0	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:04:40.3	0:05:00.5	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:11:30.0	0:11:48.8	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:11:30.4	0:11:49.9	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:12:41.2	0:13:05.7	Zeitliche Anpassung
4.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:12:44.4	0:13:03.8	SE3
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:00.0	0:00:55.3	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:00.0	0:00:40.9	Zeitliche Anpassung

4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:00:40.9	0:01:41.9	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:00:55.3	0:01:44.2	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:03:34.8	0:04:02.6	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:03:37.0	0:04:06.3	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:04:02.6	0:05:21.7	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:04:06.3	0:05:19.1	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:05:19.1	0:06:55.3	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:05:21.7	0:06:47.6	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:47.3	0:07:02.6	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:06:55.3	0:07:16.1	
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:07:03.4	0:09:54.9	
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:07:16.1	0:08:13.7	übernommen, weil nicht nur Unterstützung, sondern auch nachträglich etwas bearbeitet wird
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:08:13.7	0:09:55.5	
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:12:52.0	0:14:34.5	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:12:52.4	0:14:40.9	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:14:34.5	0:16:49.7	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:14:40.9	0:16:49.1	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:49.1	0:17:04.4	Zeitliche Anpassung
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:49.8	0:17:04.3	Zeitliche Anpassung

4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:17:04.3	0:17:34.3	
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:17:04.4	0:17:23.4	
4.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:17:23.4	0:17:34.3	übernommen
5.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:08:06.2	0:13:17.5	
5.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:08:07.0	0:12:17.7	
5.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:12:17.7	0:12:40.3	übernommen
5.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:12:40.7	0:13:15.0	
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:01:44.4	0:07:36.5	
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:01:44.5	0:01:50.1	
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Störung mit Material	1	0	0	0:01:50.1	0:02:59.0	übernommen
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:02:59.0	0:04:04.8	
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:04:04.8	0:04:40.5	übernommen, zeitlich gekürzt
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:04:40.5	0:07:34.0	
5.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Störung mit Material	1	0	0	0:09:41.5	0:16:16.9	rausgenommen, selbstverschuldet
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:10:01.7	
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:00:01.0	0:05:21.8	
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:05:21.8	0:06:01.5	übernommen
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:06:03.0	0:09:59.5	
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:10:01.8	0:17:34.0	

5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:10:02.5	0:14:15.4	
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:15.7	0:14:30.0	übernommen
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:14:30.3	0:14:47.8	übernommen
5.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:14:47.8	0:17:34.0	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:06:58.3	0:07:26.1	Zeitliche Anpassung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:07:01.1	0:07:25.5	Zeitliche Anpassung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:25.5	0:09:50.2	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:26.1	0:09:27.0	Verlängerung übernommen
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:09:27.0	0:10:11.5	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:09:51.0	0:11:19.9	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:10:11.6	0:10:27.7	VE3, dient der Unterstützung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:10:27.8	0:13:25.2	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:19.9	0:11:58.0	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:11:58.0	0:16:21.1	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:13:25.3	0:13:32.8	VE3, dient der Unterstützung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:13:32.9	0:13:50.4	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:13:50.5	0:14:04.5	VE3, dient der Unterstützung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:14:04.5	0:16:16.1	
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:16:16.1	0:17:16.1	Zeitliche Anpassung

5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:16:21.1	0:17:16.8	Zeitliche Anpassung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:17:16.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
5.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:17:17.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:00:00.0	0:04:06.3	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:00:00.0	0:03:25.2	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	0	1	0	0:03:25.3	0:03:51.9	rausgenommen, Unterstützung für VE3
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:03:52.0	0:04:13.5	
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:04:08.8	0:05:32.6	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:04:13.5	0:05:33.3	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:46.7	0:15:07.4	Zeitliche Anpassung
5.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:14:48.0	0:15:07.6	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:06:26.8	0:06:58.3	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:06:29.2	0:06:57.4	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:06:58.3	0:07:14.0	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:06:59.7	0:07:14.1	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:07:14.0	0:07:46.3	Zeitliche Anpassung
5.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:07:15.2	0:07:44.4	Zeitliche Anpassung
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	0	1	0	0:00:14.2	0:17:35.0	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:00:14.2	0:08:29.0	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:08:31.8	0:08:49.7	Stolperstein/ Frage, keine Ablenkung

Anhang

6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:08:50.0	0:09:22.6	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:09:23.9	0:15:02.5	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:15:03.1	0:15:34.6	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:15:35.2	0:15:54.2	
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:15:54.7	0:16:02.0	rausgenommen, keine richtige Ablenkung von der Aufgabe
6.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 1	1	0	0	0:16:02.0	0:17:35.0	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:02:28.5	0:08:30.6	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:02:32.5	0:06:07.4	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:07.5	0:06:17.4	Ablenkung übernommen
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:06:17.4	0:08:17.3	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:08:17.9	0:09:27.5	unterteilt in Ablenkung und Ablenkung durch Störung Lernumgebung + zeitlich angepasst
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:08:30.7	0:08:56.7	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:08:56.7	0:11:41.5	
6.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:09:27.5	0:11:39.0	
6.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:00.0	0:00:04.7	Zeitliche Anpassung
6.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:00.0	0:00:04.2	Zeitliche Anpassung
6.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:37.1	0:03:08.0	Zeitliche Anpassung
6.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:40.2	0:03:08.0	Zeitliche Anpassung

6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:08.1	0:01:27.2	Zeitliche Anpassung
6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:08.5	0:01:25.0	Zeitliche Anpassung
6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:01:25.0	0:02:04.1	Zeitliche Anpassung
6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:01:27.2	0:02:09.3	Zeitliche Anpassung
6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:13:27.7	0:14:08.0	Zeitliche Anpassung
6.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:13:28.7	0:14:09.7	Zeitliche Anpassung
6.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:04:53.5	0:04:59.3	Zeitliche Anpassung
6.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:04:53.6	0:04:59.5	Zeitliche Anpassung
6.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:17:16.9	0:17:35.0	Zeitliche Anpassung
6.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:17:18.1	0:17:35.0	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:00:23.1	0:00:41.8	
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:00:24.0	0:01:11.8	
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:41.4	0:01:58.9	diese Startzeit für Ablenkung in der App übernommen
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:01:11.8	0:02:04.4	
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:01:58.9	0:02:54.7	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:02:04.4	0:02:56.4	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:54.7	0:03:18.0	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:56.5	0:03:15.2	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:09:50.0	0:10:49.7	Zeitliche Anpassung

6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:09:52.5	0:10:48.6	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:38.0	0:15:06.3	Zeitliche Anpassung
6.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:14:40.5	0:15:07.4	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:09:58.4	0:10:30.4	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:09:58.5	0:10:32.2	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:10:30.4	0:10:53.8	übernommen
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:10:32.2	0:11:24.4	
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:10:53.8	0:11:24.5	
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:24.4	0:11:42.6	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:24.5	0:11:40.8	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:11:41.4	0:12:01.1	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:11:42.7	0:12:01.0	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:29.0	0:16:40.0	Zeitliche Anpassung
6.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:29.7	0:16:40.9	Zeitliche Anpassung
6.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:57.6	0:04:11.9	übernommen
6.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:06.8	0:06:16.2	
6.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:09:45.3	0:09:50.9	nicht übernommen, sehr kurz
8.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:17:23.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:17:25.3	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung

8.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:38.6	0:17:10.1	Zeitliche Anpassung
8.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:39.1	0:17:07.0	Zeitliche Anpassung
8.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:17:06.9	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:17:10.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:04:14.5	0:04:25.0	Zeitliche Anpassung
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:04:15.6	0:04:25.8	Zeitliche Anpassung
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:04:25.0	0:04:41.4	Zeitliche Anpassung
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:04:25.8	0:04:41.9	Zeitliche Anpassung
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:13:53.4	0:16:59.6	
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:13:53.5	0:14:56.7	
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:14:56.7	0:16:22.9	übernommen
8.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:16:23.0	0:17:00.3	
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:02:11.3	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:00:00.0	0:01:48.8	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:22.5	0:15:12.4	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:14:22.5	0:15:08.4	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:42.5	0:17:08.3	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:43.0	0:17:06.2	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:17:06.3	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:17:08.3	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung

8.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:00:00.0	0:00:13.4	Zeitliche Anpassung
8.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:00:00.0	0:00:12.0	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:03:08.6	0:04:42.8	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:03:10.4	0:04:37.3	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:04:37.1	0:05:11.7	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:04:42.8	0:05:10.8	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:05:10.8	0:05:31.7	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:05:11.8	0:05:31.6	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:09:18.2	0:09:43.0	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:09:19.3	0:09:41.8	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:17:20.0	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:17:24.0	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:45.1	0:02:16.0	Zeitliche Anpassung
8.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:45.8	0:02:19.2	Zeitliche Anpassung
9.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:17:16.4	0:17:21.8	Zeitliche Anpassung
9.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:17:17.1	0:17:21.9	Zeitliche Anpassung
9.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:03:49.0	0:04:02.5	Zeitliche Anpassung
9.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:03:49.8	0:04:02.1	Zeitliche Anpassung
9.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:41.7	0:07:21.1	Zeitliche Anpassung
9.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:43.9	0:07:21.1	Zeitliche Anpassung

9.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:11.7	0:01:38.9	Zeitliche Anpassung
9.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:01:11.7	0:01:39.2	Zeitliche Anpassung
9.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:04:09.6	0:04:26.2	Zeitliche Anpassung
9.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:04:10.5	0:04:26.0	Zeitliche Anpassung
9.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:13:44.5	0:14:51.2	Zeitliche Anpassung
9.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:13:48.9	0:14:51.2	Zeitliche Anpassung
9.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:00:00.0	0:00:17.8	Zeitliche Anpassung
9.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:00:00.0	0:00:18.9	Zeitliche Anpassung
9.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:00:17.9	0:00:41.0	Zeitliche Anpassung
9.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:18.6	0:00:40.3	Zeitliche Anpassung
9.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:43.8	0:03:31.8	Zeitliche Anpassung
9.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:44.2	0:03:28.5	Zeitliche Anpassung
9.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:17:30.5	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
9.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:17:32.5	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	0	1	0	0:03:32.2	0:03:52.7	Zeitliche Anpassung
9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 3	1	0	0	0:03:32.3	0:03:59.0	Zeitliche Anpassung
9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:03:52.8	0:03:59.1	
9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:03:59.0	0:05:10.5	hier wird nur nachgetragen, was ausversehen radiert wurde -> keine SE3 o. BE3 nachfolgend

9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:59.1	0:04:34.5	
9.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:04:34.5	0:05:10.8	
10.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:36.7	0:02:42.6	Zeitliche Anpassung
10.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:38.1	0:02:37.3	Zeitliche Anpassung
10.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:42.2	0:06:02.8	Zeitliche Anpassung
10.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:42.8	0:06:05.1	Zeitliche Anpassung
10.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:17.5	0:11:49.7	Zeitliche Anpassung
10.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:21.3	0:11:49.9	Zeitliche Anpassung
10.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:38.5	0:17:01.0	Zeitliche Anpassung
10.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:38.8	0:17:02.2	Zeitliche Anpassung
10.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:14.6	0:06:42.9	Zeitliche Anpassung
10.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:15.6	0:06:44.6	Zeitliche Anpassung
10.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:33.0	0:11:52.3	Zeitliche Anpassung
10.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:36.9	0:11:51.6	Zeitliche Anpassung
10.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	0	1	0	0:00:54.0	0:01:23.5	Zeitliche Anpassung
10.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 2	1	0	0	0:00:55.0	0:01:25.0	Zeitliche Anpassung
10.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:37.0	0:07:00.3	Zeitliche Anpassung
10.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:38.4	0:07:00.3	Zeitliche Anpassung
10.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:13:36.9	0:13:56.7	Zeitliche Anpassung
10.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:13:37.8	0:13:55.8	Zeitliche Anpassung

10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:06:06.5	0:06:38.2	Zeitliche Anpassung
10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:06:08.0	0:06:38.0	Zeitliche Anpassung
10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:07:55.0	0:08:04.7	Zeitliche Anpassung
10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:07:55.7	0:08:04.5	Zeitliche Anpassung
10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:14:45.3	0:14:58.4	Zeitliche Anpassung
10.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:14:46.0	0:14:58.5	Zeitliche Anpassung
10.12	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:03:53.5	0:04:10.0	Zeitliche Anpassung
10.12	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:03:53.9	0:04:11.6	Zeitliche Anpassung
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:48.9	0:02:01.5	Zeitliche Anpassung
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:49.6	0:02:01.7	Zeitliche Anpassung
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:14:34.2	0:17:34.0	
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:14:34.6	0:15:13.1	
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:15:13.7	0:16:05.7	übernommen
11.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:16:05.7	0:17:34.0	
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:00:00.0	0:00:26.0	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:00:01.0	0:00:27.4	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:00:26.0	0:01:31.6	Zeitliche Anpassung

11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:00:27.4	0:01:29.7	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:04:20.3	0:05:16.0	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:04:21.4	0:05:14.0	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:05:14.1	0:05:54.9	Zeitliche Anpassung
11.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:05:16.1	0:05:54.4	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:04:03.6	0:04:20.5	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:04:04.8	0:04:20.5	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:08:38.9	0:08:54.4	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:08:40.0	0:08:54.2	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:28.5	0:12:43.3	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:12:29.1	0:12:42.4	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:12:42.4	0:13:06.5	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:12:44.0	0:13:11.5	Zeitliche Anpassung
11.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:22.6	0:03:41.4	Zeitliche Anpassung
11.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:23.6	0:03:41.3	Zeitliche Anpassung
11.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:05:18.0	0:05:38.8	Zeitliche Anpassung
11.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:05:20.0	0:05:39.1	Zeitliche Anpassung
11.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:57.9	0:03:08.5	Zeitliche Anpassung
11.8	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:58.6	0:03:08.5	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:10:10.5	0:10:39.2	Zeitliche Anpassung

11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:10:11.5	0:10:40.0	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:10:39.2	0:10:55.0	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:10:40.0	0:10:55.0	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:12:36.8	0:13:20.2	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:12:39.4	0:13:22.9	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	0	1	0	0:13:20.2	0:13:30.7	Zeitliche Anpassung
11.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 1	1	0	0	0:13:22.6	0:13:30.0	Zeitliche Anpassung
11.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	1	0	0	0:00:49.0	0:00:57.7	Zeitliche Anpassung
11.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 1	0	1	0	0:00:49.5	0:00:57.7	Zeitliche Anpassung
12.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:11:55.0	0:12:17.1	Zeitliche Anpassung
12.1	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:11:55.4	0:12:15.7	Zeitliche Anpassung
12.2	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:40.6	0:13:34.7	übernommen, ist zeitliche Verlängerung
12.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:03.4	0:02:59.6	Zeitliche Anpassung
12.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:07.0	0:02:59.4	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:06:49.6	0:07:15.2	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:06:49.8	0:07:19.0	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:15.3	0:07:47.2	längere Ablenkung übernommen
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:19.0	0:07:33.4	

12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:15:16.2	0:16:11.4	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:15:17.1	0:16:09.1	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:16:09.1	0:16:25.2	Zeitliche Anpassung
12.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:16:11.4	0:16:26.1	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:00:00.0	0:00:03.9	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:00:00.0	0:00:03.2	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:04:40.8	0:05:07.3	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:04:42.7	0:05:08.8	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:05:07.4	0:05:32.7	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:05:08.8	0:05:33.6	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	1	0	0	0:05:33.0	0:06:05.1	Zeitliche Anpassung
12.5	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 2	0	1	0	0:05:33.6	0:06:06.8	Zeitliche Anpassung
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:08:04.0	0:08:27.3	
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:08:06.5	0:10:52.2	
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:08:27.4	0:08:41.3	übernommen
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:08:41.3	0:10:52.5	
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:10:52.2	0:11:23.0	Zeitliche Anpassung
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:10:52.5	0:11:20.3	Zeitliche Anpassung
12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:13:56.2	0:14:07.8	Zeitliche Anpassung

12.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:13:58.1	0:14:08.3	Zeitliche Anpassung
12.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:56.4	0:02:22.1	Zeitliche Anpassung
12.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:59.1	0:02:23.5	Zeitliche Anpassung
12.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:02:22.1	0:03:42.0	Zeitliche Anpassung
12.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:02:23.6	0:03:34.7	Zeitliche Anpassung
13.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:54.0	0:15:07.9	Zeitliche Anpassung
13.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:14:54.4	0:15:09.9	Zeitliche Anpassung
13.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	1	0	0	0:15:08.0	0:15:20.9	Zeitliche Anpassung
13.3	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 BE 2	0	1	0	0:15:09.9	0:15:20.9	Zeitliche Anpassung
13.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	0	1	0	0:01:12.8	0:01:20.3	Zeitliche Anpassung
13.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung durch Störung in der Lernumgebung	1	0	0	0:01:12.8	0:01:21.2	Zeitliche Anpassung
13.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:02:03.5	0:02:37.7	Zeitliche Anpassung
13.4	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:02:03.7	0:02:36.1	Zeitliche Anpassung
13.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:07:11.7	0:07:23.4	Zeitliche Anpassung
13.6	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:07:12.0	0:07:23.8	Zeitliche Anpassung
13.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	1	0	0	0:11:16.9	0:11:23.7	Zeitliche Anpassung
13.7	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 SE 3	0	1	0	0:11:17.3	0:11:24.5	Zeitliche Anpassung
13.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:14:16.5	0:14:35.6	Zeitliche Anpassung
13.9	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:14:19.4	0:14:35.4	Zeitliche Anpassung

Anhang

13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:01:50.3	0:02:00.6	Zeitliche Anpassung
13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:01:51.4	0:01:59.7	Zeitliche Anpassung
13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:03:54.0	0:04:11.0	Zeitliche Anpassung
13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:03:54.9	0:04:10.7	Zeitliche Anpassung
13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	0	1	0	0:12:50.3	0:12:59.9	Zeitliche Anpassung
13.10	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Ablenkung	1	0	0	0:12:50.9	0:12:59.8	Zeitliche Anpassung
13.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	1	0	0	0:01:48.3	0:01:56.3	Zeitliche Anpassung
13.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 VE 3	0	1	0	0:01:48.4	0:01:56.7	Zeitliche Anpassung
13.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:08:56.4	0:09:21.8	Zeitliche Anpassung
13.11	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:08:57.4	0:09:21.3	Zeitliche Anpassung
13.12	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	0	1	0	0:00:00.0	0:00:13.2	Zeitliche Anpassung
13.12	3.1 Wie viel Arbeitszeit benötigen die SuS für die Knotenpunkte\3.1 Sicherungsknoten	1	0	0	0:00:00.0	0:00:12.0	Zeitliche Anpassung

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
4.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:07:34.3	0:09:11.4	Zeitliche Anpassung
4.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:07:35.6	0:09:15.6	
5.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:00:50.1	0:01:57.6	Zeitliche Anpassung
5.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:00:55.4	0:01:57.4	
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 2	0	1	0	0:05:53.8	0:09:17.1	Gesamtes Video 6.2 gemeinsam durchgegangen
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 2	1	0	0	0:06:33.3	0:08:31.6	
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	0	1	0	0:09:17.1	0:11:19.3	
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	1	0	0	0:09:26.8	0:11:04.1	
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	0	1	0	0:14:11.9	0:16:08.2	
6.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	1	0	0	0:14:18.4	0:16:08.2	
8.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:09:41.6	0:10:44.2	Zeitliche Anpassung
8.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:09:47.6	0:10:44.7	
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 1	1	0	0	0:00:00.0	0:02:48.0	Erste Hälfte des Videos 9.2 gemeinsam durchgegangen
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 1	0	1	0	0:00:22.5	0:02:47.8	
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:05:21.4	0:06:11.9	
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:05:25.0	0:06:12.8	
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 2	0	1	0	0:06:11.9	0:06:18.1	
9.2	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 2	1	0	0	0:06:12.7	0:06:17.5	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	1	0	0	0:00:00.0	0:00:20.5	Erste Hälfte des Videos 10.3 gemeinsam durchgesprochen
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	0	1	0	0:00:00.0	0:00:09.2	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:00:09.3	0:01:41.3	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:00:21.0	0:01:42.8	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	0	1	0	0:01:41.3	0:03:21.1	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	1	0	0	0:01:43.3	0:03:15.5	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:03:16.4	0:03:30.6	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	0	1	0	0:03:21.1	0:03:30.0	
10.3	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	0	1	0	0:05:06.5	0:06:04.9	
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	0	1	0	0:04:27.1	0:12:26.1	
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	1	0	0	0:06:46.3	0:07:11.7	
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 4	1	0	0	0:07:11.7	0:07:57.5	Bearbeitung der Aufgabe 4 von Person 2 übersehen
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 5	1	0	0	0:08:41.3	0:12:26.7	
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 6	0	1	0	0:12:26.1	0:17:34.3	Zeitliche Anpassung
11.6	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 6	1	0	0	0:12:43.1	0:17:34.3	
13.9	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	0	1	0	0:12:43.4	0:13:54.4	Zeitliche Anpassung
13.9	3.1 VE 1\3.1 Ve1 Aufgabe 3	1	0	0	0:12:48.1	0:13:54.4	

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
1.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:05:36.6	0:05:39.8	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:05:36.9	0:05:38.3	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:28.2	0:06:32.0	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:28.8	0:06:32.5	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:41.5	0:06:45.0	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:41.5	0:06:45.6	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:55.3	0:07:10.2	Zeitliche Anpassung
1.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:57.7	0:07:10.6	Zeitliche Anpassung
1.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:14:10.0	0:14:20.1	Zeitliche Anpassung

1.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:14:10.6	0:14:20.3	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hinweis Elektrode - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:03:35.2	0:03:50.5	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hinweis Elektrode - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:03:36.0	0:03:51.0	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hinweis Elektrode - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:06:25.9	0:06:42.3	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hinweis Elektrode - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:06:27.4	0:06:42.7	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:16:50.0	0:16:53.9	Zeitliche Anpassung
2.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:16:50.2	0:16:54.0	Zeitliche Anpassung
2.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:01:03.3	0:01:25.5	Zeitliche Anpassung
2.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:01:03.5	0:01:27.7	Zeitliche Anpassung
2.6	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:13:50.3	0:14:05.7	Zeitliche Anpassung
2.6	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:13:52.2	0:14:05.7	Zeitliche Anpassung
2.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:05:09.1	0:05:35.3	Zeitliche Anpassung
2.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:05:10.2	0:05:36.2	Zeitliche Anpassung
2.10	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:03:33.0	0:03:39.0	Zeitliche Anpassung
2.10	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:03:33.5	0:03:39.2	Zeitliche Anpassung
2.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:11:55.1	0:12:07.5	Zeitliche Anpassung
2.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:11:57.9	0:12:09.0	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:07:40.5	0:07:44.6	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:07:41.4	0:07:45.4	Zeitliche Anpassung
3.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:06:10.7	0:06:24.9	Zeitliche Anpassung
3.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:06:12.0	0:06:26.4	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:03:14.0	0:03:27.9	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:03:16.6	0:03:28.4	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:03:27.9	0:03:39.9	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:03:28.4	0:03:41.2	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:03:40.0	0:03:44.2	Zeitliche Anpassung
4.2	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:03:40.6	0:03:44.6	Zeitliche Anpassung
4.3	3.2 Hinweis - Elektronenaufnahme/-abgabe - VE 1\Nutzen	1	0	0	0:10:14.8	0:10:21.2	Zeitliche Anpassung
4.3	3.2 Hinweis - Elektronenaufnahme/-abgabe - VE 1\Nutzen	0	1	0	0:10:15.3	0:10:25.8	Zeitliche Anpassung
4.4	3.2 Hinweis - Elektronenaufnahme/-abgabe - VE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:00:00.0	0:00:05.2	Zeitliche Anpassung
4.4	3.2 Hinweis - Elektronenaufnahme/-abgabe - VE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:00:00.1	0:00:05.0	Zeitliche Anpassung
4.4	3.2 Hilfestellung 5 - Satzanfänge - VE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:00:05.3	0:00:13.2	Zeitliche Anpassung
4.4	3.2 Hilfestellung 5 - Satzanfänge - VE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:00:05.7	0:00:14.6	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:05:00.0	0:05:06.0	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:05:00.2	0:05:06.1	Zeitliche Anpassung

4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:03:12.2	0:03:19.0	Zeitliche Anpassung
4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:03:13.1	0:03:21.0	Zeitliche Anpassung
4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	1	0	0	0:04:53.2	0:05:02.9	Zeitliche Anpassung
4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	0	1	0	0:04:54.7	0:05:04.3	Zeitliche Anpassung
4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:13:02.7	0:13:10.0	Zeitliche Anpassung
4.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:13:04.0	0:13:10.8	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:09:32.2	0:09:45.4	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:09:34.8	0:09:45.7	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:11:06.1	0:11:09.8	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:11:06.8	0:11:11.1	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:14:45.0	0:15:01.6	Zeitliche Anpassung
5.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:14:45.5	0:14:51.3	Zeitliche Anpassung
5.11	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:02:07.4	0:02:11.2	Zeitliche Anpassung
5.11	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:02:08.5	0:02:12.1	Zeitliche Anpassung
5.11	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:02:25.1	0:02:34.5	Zeitliche Anpassung
5.11	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:02:25.8	0:02:34.6	Zeitliche Anpassung
6.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:43.4	0:06:48.7	Zeitliche Anpassung
6.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:43.9	0:06:47.4	Zeitliche Anpassung
6.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:51.6	0:06:57.1	Zeitliche Anpassung
6.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:51.7	0:06:58.5	Zeitliche Anpassung
6.6	3.2 Hilfestellung 7 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:07:36.4	0:07:41.3	Zeitliche Anpassung
6.6	3.2 Hilfestellung 7 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:07:39.4	0:07:41.1	Zeitliche Anpassung
6.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	1	0	0	0:14:09.4	0:14:32.4	Zeitliche Anpassung
6.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	0	1	0	0:14:09.6	0:14:20.3	Zeitliche Anpassung
6.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:04:32.2	0:04:38.9	Zeitliche Anpassung
6.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:04:33.3	0:04:38.5	Zeitliche Anpassung
6.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	1	0	0	0:04:48.0	0:05:01.7	Zeitliche Anpassung
6.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 2\Nutzen	0	1	0	0:04:50.4	0:05:01.8	Zeitliche Anpassung
6.11	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:06:56.7	0:07:03.0	Zeitliche Anpassung
6.11	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:06:57.2	0:07:03.7	Zeitliche Anpassung
6.11	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:07:35.0	0:07:37.1	Zeitliche Anpassung
6.11	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:07:35.5	0:07:37.6	Zeitliche Anpassung
9.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:06:16.0	0:06:20.0	Zeitliche Anpassung
9.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:06:17.3	0:06:22.8	Zeitliche Anpassung
9.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:08:19.7	0:08:28.8	Zeitliche Anpassung

Anhang

9.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:08:20.4	0:08:28.4	Zeitliche Anpassung
9.1	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:13:03.9	0:13:06.1	Zeitliche Anpassung
9.1	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:13:04.3	0:13:06.2	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:02:24.9	0:02:28.6	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:02:25.7	0:02:28.5	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:03:02.1	0:03:09.4	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:03:02.3	0:03:07.9	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:03:13.3	0:03:15.4	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:03:13.3	0:03:15.9	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	1	0	0	0:03:30.1	0:03:34.2	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\kein Nutzen	0	1	0	0:03:30.5	0:03:33.8	Zeitliche Anpassung
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:03:37.1	0:03:38.6	Übernommen und zeitlich angepasst
9.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:06:37.1	0:06:39.4	Übernommen und zeitlich angepasst
9.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:02:47.2	0:02:54.8	Zeitliche Anpassung
9.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:02:47.3	0:02:53.4	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:00:48.2	0:00:53.0	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:00:49.4	0:00:51.0	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:01:45.8	0:01:56.1	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:01:50.6	0:01:55.8	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:04:57.3	0:05:00.8	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:04:57.5	0:05:01.1	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Bedienhilfe - Foto einfügen - BE 3\kein Nutzen	1	0	0	0:08:23.0	0:08:32.7	Zeitliche Anpassung
9.9	3.2 Bedienhilfe - Foto einfügen - BE 3\kein Nutzen	0	1	0	0:08:23.1	0:08:33.7	Zeitliche Anpassung
9.10	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:03:49.1	0:03:56.8	Zeitliche Anpassung
9.10	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:03:54.1	0:03:56.9	Zeitliche Anpassung
10.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:11:27.5	0:11:38.7	Zeitliche Anpassung
10.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:11:27.6	0:11:39.3	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:14:26.1	0:14:42.0	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:14:26.3	0:14:43.0	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:14:47.0	0:14:51.7	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:14:48.4	0:14:52.1	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:15:03.5	0:15:07.1	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:15:04.1	0:15:07.3	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:15:16.6	0:15:22.4	Zeitliche Anpassung
10.10	3.2 Hilfestellung Periodensystem - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:15:17.1	0:15:22.8	Zeitliche Anpassung

11.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:13:10.1	0:13:20.4	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:13:14.3	0:13:19.0	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:13:32.4	0:13:35.2	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:13:32.8	0:13:37.4	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:15:58.9	0:16:04.7	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:15:59.3	0:16:04.6	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:16:41.0	0:16:46.5	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:16:41.4	0:16:46.3	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:16:46.4	0:16:59.9	Zeitliche Anpassung
11.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:16:46.6	0:17:00.4	Zeitliche Anpassung
11.2	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:05:34.8	0:05:40.4	Zeitliche Anpassung
11.2	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:05:35.9	0:05:40.8	Zeitliche Anpassung
11.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:11:07.6	0:11:57.5	Zeitliche Anpassung
11.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:11:07.6	0:11:54.5	Zeitliche Anpassung
11.3	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:01:13.0	0:01:20.0	Zeitliche Anpassung
11.3	3.2 Hilfestellung 1 - Elektromotor - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:01:13.0	0:01:20.5	Zeitliche Anpassung
11.11	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:06:37.0	0:06:46.3	Zeitliche Anpassung
11.11	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:06:40.1	0:06:45.9	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:04:25.3	0:04:31.3	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:04:25.7	0:04:32.5	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:05:07.9	0:05:13.6	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:05:08.4	0:05:13.1	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:05:35.3	0:05:40.1	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:05:35.3	0:05:40.5	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:06:52.3	0:06:57.4	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:06:52.8	0:06:57.5	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:08:01.0	0:08:11.2	Zeitliche Anpassung
12.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:08:01.8	0:08:10.3	Zeitliche Anpassung
12.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:15:30.2	0:15:38.9	Zeitliche Anpassung
12.4	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:15:34.1	0:15:39.6	Zeitliche Anpassung
13.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:14:47.8	0:15:09.5	Zeitliche Anpassung
13.1	3.2 Hilfestellung 2 - Summer - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:14:55.2	0:15:12.8	Zeitliche Anpassung
13.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\kein Nutzen	1	0	0	0:16:31.7	0:16:37.1	Zeitliche Anpassung
13.1	3.2 Hilfestellung 3 - LED - BE 1\kein Nutzen	0	1	0	0:16:32.2	0:16:37.7	Zeitliche Anpassung
13.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	1	0	0	0:01:45.6	0:02:15.2	Zeitliche Anpassung

13.2	3.2 Hilfestellung 4 - Voltmeter - BE 1\Nutzen	0	1	0	0:01:47.0	0:02:16.8	Zeitliche Anpassung
13.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	1	0	0	0:10:28.8	0:11:26.0	Zeitliche Anpassung
13.2	3.2 Hilfestellung 6 - Versuchsaufbau - BE 2\Nutzen	0	1	0	0:10:33.4	0:10:45.8	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:00:15.5	0:00:19.9	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:00:15.7	0:00:20.6	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:03:18.3	0:03:21.3	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:03:18.3	0:03:21.1	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:04:11.7	0:04:12.6	Zeitliche Anpassung
13.8	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:04:11.9	0:04:12.9	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:03:45.8	0:03:50.4	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:03:47.5	0:03:50.9	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:04:04.3	0:04:17.3	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:04:06.8	0:04:17.7	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	1	0	0	0:04:25.3	0:04:29.9	Zeitliche Anpassung
13.9	3.2 Hinweis - Redoxreihe - SE 3\Nutzen	0	1	0	0:04:27.4	0:04:30.2	Zeitliche Anpassung

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
1.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:03:13.9	0:05:18.7	Zeitliche Anpassung
1.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollaborativ	1	0	0	0:03:14.6	0:05:19.1	Zeitliche Anpassung
1.2	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:12:13.8	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.2	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:12:14.3	0:16:51.0	Zeitliche Anpassung
1.2	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:17:16.5	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.6	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:01:54.4	0:04:26.3	Zeitliche Anpassung
1.6	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:02:01.2	0:06:36.0	Zeitliche Anpassung
1.7	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:04:47.3	0:08:42.0	Zeitliche Anpassung
1.7	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:04:47.3	0:08:04.8	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:08:05.0	0:11:46.9	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:08:42.1	0:11:49.8	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:11:46.9	0:12:47.7	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:11:49.8	0:12:48.7	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	0	1	0	0:12:48.8	0:16:54.4	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	1	0	0	0:12:49.9	0:16:38.6	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:16:38.7	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.7	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:16:54.4	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
1.8	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:03:27.2	0:03:41.0	Zeitliche Anpassung
1.8	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:03:28.0	0:03:40.6	Zeitliche Anpassung
1.8	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:03:40.6	0:03:53.5	Zeitliche Anpassung
1.8	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:03:41.1	0:03:53.8	Zeitliche Anpassung
1.10	3.3 SE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:06:10.5	0:06:57.3	Zeitliche Anpassung
1.10	3.3 SE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:06:10.8	0:06:59.4	Zeitliche Anpassung
1.10	3.3 VE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:07:03.9	0:08:05.6	Zeitliche Anpassung
1.10	3.3 VE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:07:04.1	0:08:01.0	Zeitliche Anpassung
2.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollaborativ	1	0	0	0:00:58.1	0:02:29.1	Zeitliche Anpassung
2.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:00:58.3	0:02:28.9	Zeitliche Anpassung
2.2	3.3 VE 1 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:09:40.9	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.2	3.3 VE 1 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:10:25.8	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.3	3.3 VE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:11:26.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.3	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:11:27.2	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.4	3.3 VE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:01:31.0	Zeitliche Anpassung
2.4	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:00.0	0:01:36.0	Zeitliche Anpassung
2.4	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:01:31.1	0:02:42.7	Zeitliche Anpassung
2.4	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollaborativ	1	0	0	0:01:36.1	0:02:45.0	Zeitliche Anpassung
2.4	3.3 VE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:02:42.7	0:03:38.0	Zeitliche Anpassung
2.4	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:02:45.0	0:03:38.9	Zeitliche Anpassung
2.6	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:01:15.9	0:02:58.2	Zeitliche Anpassung
2.6	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:02:11.2	0:02:58.5	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:08:16.3	0:09:52.4	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:08:16.9	0:09:37.0	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:09:37.0	0:10:19.6	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:09:52.5	0:10:17.9	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	0	1	0	0:10:17.9	0:11:02.7	Zeitliche Anpassung
2.6	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	1	0	0	0:10:19.7	0:11:05.2	Zeitliche Anpassung
2.7	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:05:36.1	0:12:13.3	Zeitliche Anpassung
2.7	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:05:39.8	0:12:35.9	Zeitliche Anpassung
2.7	3.3 VE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:12:13.4	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.7	3.3 VE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:12:35.9	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
2.8	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:00:36.9	0:06:04.5	Zeitliche Anpassung
2.8	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:01:38.5	0:06:02.0	Zeitliche Anpassung
2.9	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:04:53.3	0:15:21.4	Unstimmig, da S1 durch das Labor läuft
2.9	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:04:53.6	0:14:02.9	Unstimmig, da S1 durch das Labor läuft
2.9	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:14:02.9	0:15:38.3	Unstimmig, da S1 durch das Labor läuft
2.9	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:15:21.4	0:15:42.1	Unstimmig, da S1 durch das Labor läuft

Anhang

2.9	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:17:25.4	0:17:52.0	Zeitliche Anpassung
2.9	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:17:27.4	0:17:52.0	Zeitliche Anpassung
2.10	3.3 SE 3 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:04:05.0	0:06:19.1	Zeitliche Anpassung
2.10	3.3 SE 3 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:04:05.0	0:07:18.9	Zeitliche Anpassung
2.10	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:07:18.8	0:09:05.2	Zeitliche Anpassung
2.10	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:07:25.8	0:09:04.9	Zeitliche Anpassung
2.11	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:02:26.1	Zeitliche Anpassung
2.11	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:02:04.4	Zeitliche Anpassung
2.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 1 BE\Kollabrativ	0	1	0	0:07:19.5	0:10:45.7	Zeitliche Anpassung
2.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 1 BE\Kollabrativ	1	0	0	0:07:20.1	0:11:51.0	Zeitliche Anpassung
3.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:12:02.1	0:14:21.5	Zeitliche Anpassung
3.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:12:04.4	0:14:41.3	Zeitliche Anpassung
3.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:02:51.9	0:05:12.7	Zeitliche Anpassung
3.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollaborativ	1	0	0	0:02:52.4	0:05:11.4	Zeitliche Anpassung
3.4	3.3 VE 1 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:07:49.9	0:12:29.3	Zeitliche Anpassung
3.4	3.3 SE 1 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:07:54.7	0:12:29.9	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:07:16.4	0:13:03.8	Zeitliche Anpassung
3.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:07:16.8	0:11:57.9	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:01:32.5	0:03:12.5	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:01:32.9	0:03:30.8	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:03:12.6	0:07:29.3	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:03:30.9	0:07:21.7	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:07:21.8	0:09:27.2	Zeitliche Anpassung
3.6	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:07:29.4	0:09:27.5	Zeitliche Anpassung
3.8konv	3.3 VE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:00:00.0	0:05:55.0	Zeitliche Anpassung
3.8konv	3.3 VE 2 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:00:00.0	0:06:33.4	Zeitliche Anpassung
3.11	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:00:00.0	0:00:10.1	Zeitliche Anpassung
3.11	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:00.0	0:02:08.3	Zeitliche Anpassung
3.11	3.3 VE 3 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:00:10.2	0:06:53.9	Zeitliche Anpassung
3.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 2 VE\Kollabrativ	1	0	0	0:09:19.9	0:09:57.8	Zeitliche Anpassung
3.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 2 VE\Kollabrativ	0	1	0	0:09:39.7	0:09:57.5	Zeitliche Anpassung
3.12konv	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:02:42.0	Zeitliche Anpassung
3.12konv	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:03:14.4	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:07:03.1	0:11:47.2	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:07:03.7	0:11:30.9	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:11:31.0	0:15:23.7	Zeitliche Anpassung

4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:11:47.3	0:15:21.5	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:15:21.6	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:15:23.7	0:16:12.1	Zeitliche Anpassung
4.1	3.3 BE 1 - Aufg. 1\Kollaborativ	1	0	0	0:16:12.2	0:17:34.0	SuS befüllen das U-Rohr mit mehr Lösung. Auf dem ipad bleiben die SuS bei Aufgabe 4
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:00:33.2	
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:04:01.9	
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:00:33.3	0:02:41.1	
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:02:41.0	0:03:59.9	
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:06:38.2	0:07:27.8	Wiederholungen der Experimente aufgrund von Störungen im Material. Unterschiedliche Codierung und Bewertung dieser Situation. Einigung darauf, einzelne Wiederholungen zu codieren
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:07:27.8	0:09:00.5	Zeitliche Anpassung
4.2	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:07:47.9	0:08:59.8	Zeitliche Anpassung
4.4	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:01:58.5	0:10:58.5	Zeitliche Anpassung
4.4	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:02:30.9	0:10:02.9	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	1	0	0	0:02:01.1	0:06:55.9	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	0	1	0	0:02:09.7	0:06:48.5	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:06:48.6	0:08:18.7	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:06:55.9	0:08:21.1	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:08:18.8	0:09:11.0	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:08:21.2	0:09:10.7	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:09:10.8	0:10:55.0	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:09:11.0	0:15:38.0	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	1	0	0	0:15:28.9	0:16:50.7	Zeitliche Anpassung
4.6	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	0	1	0	0:15:38.0	0:16:49.4	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:05:07.4	0:07:44.5	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:05:10.6	0:07:57.6	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:07:44.5	0:08:39.7	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:07:57.7	0:08:40.1	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:08:39.7	0:09:44.2	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:08:40.2	0:09:39.1	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:09:39.2	0:11:15.6	Zeitliche Anpassung
4.5konv	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:09:44.4	0:11:15.4	Zeitliche Anpassung
5.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:12:48.8	0:14:36.2	Zeitliche Anpassung
5.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:12:54.7	0:14:41.2	Zeitliche Anpassung

5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:01:42.8	0:04:26.5	Zeitliche Anpassung
5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:01:44.1	0:04:02.4	Zeitliche Anpassung
5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:04:02.5	0:05:04.3	Zeitliche Anpassung
5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:04:26.5	0:05:03.4	Zeitliche Anpassung
5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:05:04.5	0:06:36.9	Zeitliche Anpassung
5.6	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:06:03.2	0:06:36.4	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:02:21.7	0:03:47.7	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:02:21.8	0:04:20.1	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:03:47.7	0:05:23.4	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:04:20.2	0:06:02.9	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:05:23.4	0:06:50.2	Zeitliche Anpassung
5.7	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:06:02.9	0:06:47.1	Zeitliche Anpassung
5.9	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:07:38.9	0:11:38.5	Zeitliche Anpassung
5.9	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:09:50.4	0:11:40.6	Zeitliche Anpassung
5.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 1 BE\Kollabrativ	0	1	0	0:07:44.5	0:11:12.6	Zeitliche Anpassung
5.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 1 BE\Kollabrativ	1	0	0	0:07:45.6	0:11:32.1	Zeitliche Anpassung
5.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 2 VE\Kollabrativ	1	0	0	0:11:32.1	0:11:45.0	Zeitliche Anpassung
5.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	1	0	0	0:11:45.0	0:11:54.0	Zeitliche Anpassung
6.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:11:16.3	0:12:15.0	Zeitliche Anpassung
6.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:11:19.6	0:12:13.4	Zeitliche Anpassung
6.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:10:42.4	0:11:30.5	Zeitliche Anpassung
6.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:10:44.4	0:11:31.8	Zeitliche Anpassung
6.7	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:03:27.0	0:07:58.4	Zeitliche Anpassung
6.7	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:03:30.2	0:07:24.5	Zeitliche Anpassung
6.7	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:07:58.5	0:09:32.4	Zeitliche Anpassung
6.7	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:08:04.6	0:09:35.3	Zeitliche Anpassung
6.11	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:06:44.5	0:08:07.4	Zeitliche Anpassung
6.11	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:06:53.4	0:08:08.5	Zeitliche Anpassung
8.1	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:14:52.2	0:15:53.0	Zeitliche Anpassung
8.1	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:15:00.2	0:15:38.2	Zeitliche Anpassung
8.4	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:01:52.1	0:02:50.1	Zeitliche Anpassung
8.4	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:01:54.2	0:02:49.3	Zeitliche Anpassung
8.4	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:13:15.9	0:14:04.3	Zeitliche Anpassung
8.4	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:13:16.7	0:14:01.7	Zeitliche Anpassung
8.7	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:17:07.2	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
8.7	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:17:11.4	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung

8.8	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:00.0	0:00:13.7	Zeitliche Anpassung
8.8	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:00:00.0	0:03:12.2	Zeitliche Anpassung
8.8	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:03:02.6	0:03:12.8	Zeitliche Anpassung
8.8	3.3 SE 3 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:03:13.0	0:04:09.3	Zeitliche Anpassung
8.8	3.3 SE 3 - Aufg. 1\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:03:14.3	0:04:20.1	Zeitliche Anpassung
8.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:04:09.3	0:05:32.0	Zeitliche Anpassung
8.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:04:20.3	0:05:32.4	Zeitliche Anpassung
8.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:03:46.7	0:04:43.2	Zeitliche Anpassung
8.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:03:47.2	0:04:21.7	Zeitliche Anpassung
8.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:05:10.9	0:05:42.2	Zeitliche Anpassung
8.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:05:13.7	0:05:43.1	Zeitliche Anpassung
8.9	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:05:42.2	0:06:31.1	Zeitliche Anpassung
8.9	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:05:43.2	0:06:15.3	Zeitliche Anpassung
8.9	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:06:15.4	0:07:17.5	Zeitliche Anpassung
8.9	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:06:31.1	0:07:19.1	Zeitliche Anpassung
8.11	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:00:00.0	0:01:45.2	Zeitliche Anpassung
8.11	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:00.0	0:01:51.7	Zeitliche Anpassung
8.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:06:00.2	0:09:09.3	Zeitliche Anpassung
8.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:06:00.5	0:08:59.8	Zeitliche Anpassung
9.3	3.3 SE 1 - Aufg. 3/4/5\Kollabrativ	1	0	0	0:14:20.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung; Aufgabe 2 nicht von Aufgabe 3,4,5 trennbar, deshalb hier nur der Code für Letzteres verwendet.
9.3	3.3 SE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:14:33.4	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
9.4	3.3 SE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:00:12.6	Zeitliche Anpassung
9.4	3.3 SE 1 - Aufg. 3/4/5\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:02:15.7	Zeitliche Anpassung
9.4	3.3 SE 1 - Aufg. 3/4/5\Kollabrativ	0	1	0	0:00:12.7	0:02:13.7	Zeitliche Anpassung
9.4	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:17:21.9	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
9.4	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:17:22.6	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
9.5	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:00:00.0	0:00:20.4	Zeitliche Anpassung
9.5	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:00:00.0	0:00:21.8	Zeitliche Anpassung
9.7	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:04:08.4	0:05:46.3	Nur schwer erkennbar, welche Aufgabe bearbeitet wird
9.7	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:04:12.1	0:07:08.0	Zeitliche Anpassung
9.7	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:05:46.4	0:07:08.3	Zeitliche Anpassung
9.7	3.3 VE 2 - Aufg. 3\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:07:23.7	0:08:42.5	Fehlerhafter Code verwendet
9.7	3.3 VE 3 - Aufg. 2\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:07:24.0	0:09:54.6	Unterschiedliche Codierung aufgrund langer Ablenkungsphase

Anhang

9.7	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:09:54.7	0:16:51.5	Zeitliche Anpassung
9.7	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:13:44.7	0:16:52.2	Zeitliche Anpassung
9.9	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:06:23.7	0:06:46.9	Zeitliche Anpassung
9.9	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:06:30.5	0:06:47.4	Zeitliche Anpassung
9.10	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:00:00.0	0:04:33.5	Zeitliche Anpassung
9.10	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:00.0	0:03:49.7	Zeitliche Anpassung
9.10	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:05:10.0	0:08:22.8	Zeitliche Anpassung
9.10	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:05:10.4	0:09:02.2	Zeitliche Anpassung
9.10	3.3 BE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:08:22.8	0:08:33.3	S1 redet nur kurz von der Aufgabe, bearbeitet sie aber nicht
9.10	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:08:33.2	0:09:03.7	Zeitliche Anpassung
9.11	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:04:59.1	0:08:34.1	Zeitliche Anpassung
9.11	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:04:59.6	0:08:42.5	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 1\Kollaborativ	0	1	0	0:02:03.4	0:10:12.0	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 1\Kollaborativ	1	0	0	0:02:25.8	0:10:15.1	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:12:46.0	0:15:00.5	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:12:47.2	0:15:07.4	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:15:00.6	0:16:49.0	Zeitliche Anpassung
10.1	3.3 BE 1 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:15:07.5	0:16:49.1	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:04:54.0	0:06:04.0	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:04:55.7	0:06:06.2	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:06:04.1	0:07:30.3	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:06:06.2	0:07:32.9	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	0	1	0	0:09:09.4	0:11:33.1	Zeitliche Anpassung
10.5	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	1	0	0	0:09:09.5	0:11:21.6	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	1	0	0	0:01:34.6	0:04:43.3	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	0	1	0	0:01:46.6	0:05:09.5	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:04:43.5	0:06:38.8	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:05:09.6	0:06:39.3	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:09:04.5	0:11:00.9	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:09:06.2	0:10:22.4	Zeitliche Anpassung
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:10:22.5	0:10:37.9	Code wird übernommen; kurzer Aufgabenwechsel
10.6	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:10:37.9	0:11:00.7	Zeitliche Anpassung
10.7	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:05:01.2	0:07:57.7	Zeitliche Anpassung
10.7	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:05:10.1	0:07:57.8	Zeitliche Anpassung
10.7	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:12:55.2	0:15:31.4	Zeitliche Anpassung

10.7	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:13:03.1	0:15:27.1	Zeitliche Anpassung
10.9	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:05:43.6	0:06:36.9	Hier wird angenommen, dass S1 sich ebenfalls mit der Aufgabe beschäftigt
10.10	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 2 VE\Einzeln/Nebeneinanderher	1	0	0	0:15:44.8	0:17:07.0	Zeitliche Anpassung
10.10	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 2 VE\Einzeln/Nebeneinanderher	0	1	0	0:15:44.8	0:16:56.2	Zeitliche Anpassung
10.10	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:16:56.3	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
10.10	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:17:07.1	0:17:34.0	Zeitliche Anpassung
10.11	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:12:30.2	0:14:58.7	Zeitliche Anpassung
10.11	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:12:32.1	0:14:58.5	Zeitliche Anpassung
10.12	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:03:52.1	0:04:09.6	Zeitliche Anpassung
10.12	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:03:53.3	0:04:09.5	Zeitliche Anpassung
11.2	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:08:36.7	0:08:47.5	Zeitliche Anpassung
11.2	3.3 BE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:08:38.6	0:08:47.5	Zeitliche Anpassung
11.3	Helfend\S2 --> S1	0	1	0	0:00:43.5	0:04:54.9	Zeitliche Anpassung
11.3	Helfend\S2 --> S1	1	0	0	0:00:43.9	0:06:47.3	Zeitliche Anpassung
11.8	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:05:12.1	Zeitliche Anpassung
11.8	3.3 VE 1 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:04:55.3	Zeitliche Anpassung
11.11	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:11:02.1	0:13:18.3	Zeitliche Anpassung
11.11	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:11:02.3	0:13:11.5	Zeitliche Anpassung
11.11	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:13:11.7	0:14:04.5	Zeitliche Anpassung
11.11	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:13:18.4	0:14:06.3	Zeitliche Anpassung
12.2	3.3 SE 1 - Aufg. 3/4/5\Kollabrativ	0	1	0	0:01:19.0	0:03:13.9	zeitliche Anpassung
12.2	3.3 SE 1 - Aufg. 3/4/5\Kollabrativ	1	0	0	0:01:19.3	0:03:20.0	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	1	0	0	0:03:04.8	0:07:52.1	wird nicht übernommen
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:03:15.0	0:03:28.0	wird übernommen, da S1 hier ihre Beobachtungen jeweils notiert
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:03:28.0	0:03:39.0	
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:03:39.1	0:03:51.5	
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 6\Kollabrativ	0	1	0	0:03:51.5	0:06:50.0	
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:06:50.0	0:09:45.3	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:07:52.2	0:09:52.7	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:09:45.4	0:11:00.1	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:09:52.7	0:10:58.0	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:10:58.0	0:11:32.4	zeitliche Anpassung
12.4	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:11:00.2	0:11:29.0	zeitliche Anpassung
12.5	Helfend\S1 --> S2	0	1	0	0:15:59.8	0:17:34.3	zeitliche Anpassung
12.5	Helfend\S1 --> S2	1	0	0	0:16:06.7	0:17:34.3	zeitliche Anpassung

13.1	3.3 BE 1 - Aufg. 1\Kollaborativ	1	0	0	0:00:31.1	0:09:53.8	Zeitliche Anpassung
13.1	3.3 BE 1 - Aufg. 1\Kollaborativ	0	1	0	0:02:21.5	0:09:53.1	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:01:45.6	0:02:55.7	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 1 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:01:45.6	0:02:51.0	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:09:20.5	0:14:46.1	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 2 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:09:35.7	0:14:30.5	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:14:30.6	0:16:42.3	Zeitliche Anpassung
13.2	3.3 BE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:14:46.2	0:16:44.8	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	0	1	0	0:00:30.3	0:01:30.5	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 4\Kollabrativ	1	0	0	0:00:31.0	0:01:34.2	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	0	1	0	0:01:30.6	0:03:14.9	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 5\Kollabrativ	1	0	0	0:01:34.2	0:02:58.1	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	0	1	0	0:12:28.2	0:13:26.3	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 7\Kollabrativ	1	0	0	0:12:32.0	0:13:43.9	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	0	1	0	0:13:26.3	0:14:23.8	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 8\Kollabrativ	1	0	0	0:13:44.0	0:14:20.4	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	1	0	0	0:14:20.5	0:15:21.3	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 9\Kollabrativ	0	1	0	0:14:23.8	0:15:30.5	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	1	0	0	0:15:21.3	0:16:34.8	Zeitliche Anpassung
13.3	3.3 BE 2 - Aufg. 10\Kollabrativ	0	1	0	0:15:30.5	0:16:34.3	Zeitliche Anpassung
13.7	3.3 SE 3 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:00:12.3	0:00:46.5	Zeitliche Anpassung
13.7	3.3 SE 3 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:00:12.6	0:00:44.1	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:00:00.0	0:00:20.0	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:00:00.0	0:03:13.7	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:00:20.1	0:03:14.1	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:03:39.1	0:03:58.8	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:03:39.1	0:04:02.0	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:03:58.8	0:04:26.2	Zeitliche Anpassung
13.8	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:04:02.2	0:04:25.4	Zeitliche Anpassung
13.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:01:22.7	0:03:06.4	Zeitliche Anpassung
13.9	3.3 SE 3 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:01:32.9	0:03:06.4	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	1	0	0	0:04:18.0	0:07:12.2	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 1 - Aufg. 3\Kollabrativ	0	1	0	0:04:18.7	0:07:26.0	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	1	0	0	0:07:28.9	0:12:40.4	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 2 - Aufg. 2\Kollabrativ	0	1	0	0:07:29.3	0:12:04.7	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 3 - Aufg. 1\Kollabrativ	0	1	0	0:12:28.7	0:15:49.3	Zeitliche Anpassung

13.10	3.3 VE 3 - Aufg. 1\Kollabrativ	1	0	0	0:12:40.7	0:15:47.5	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 3 - Sprinteraufgabe\Kollabrativ	1	0	0	0:15:47.7	0:16:24.3	Zeitliche Anpassung
13.10	3.3 VE 3 - Sprinteraufgabe\Kollabrativ	0	1	0	0:15:49.4	0:16:24.5	Zeitliche Anpassung
13.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	1	0	0	0:05:23.3	0:14:50.1	Einigung darauf, dass die Unterbrechung der Aufgabe nicht codiert wird. Folglich wird die Aufgabe durchweg codiert
13.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	0	1	0	0:05:24.9	0:09:44.1	
13.11	3.3 Sicherungsknoten Aufg. 3 SE\Kollabrativ	0	1	0	0:12:13.4	0:14:51.8	

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
2.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:13:16.0	0:13:34.0	Zeitliche Anpassung
2.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:13:16.0	0:13:32.1	Zeitliche Anpassung
2.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:06:53.0	0:07:04.0	Zeitliche Anpassung
2.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:06:53.9	0:07:03.4	Zeitliche Anpassung
2.11	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:00:00.0	0:00:22.0	Zeitliche Anpassung
2.11	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:00:00.0	0:00:24.9	Zeitliche Anpassung
3.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:04:30.5	0:04:43.3	Zeitliche Anpassung
3.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:04:31.9	0:04:42.3	Zeitliche Anpassung
3.2	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:01:12.1	0:01:34.3	Zeitliche Anpassung
3.2	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:01:12.8	0:01:33.8	Zeitliche Anpassung
3.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:02:39.9	0:02:52.8	Zeitliche Anpassung
3.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:02:40.8	0:02:53.0	Zeitliche Anpassung
3.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:15:50.3	0:16:44.2	Zeitliche Anpassung
3.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:15:50.8	0:16:55.4	Zeitliche Anpassung
4.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:09:57.7	0:10:25.7	Zeitliche Anpassung
4.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:09:59.7	0:10:24.8	Zeitliche Anpassung

Anhang

5.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:07:38.7	0:08:43.2	Zeitliche Anpassung
5.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:07:44.5	0:08:42.8	Zeitliche Anpassung
6.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:03:51.7	0:04:15.1	Zeitliche Anpassung
6.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:03:53.6	0:04:15.5	Zeitliche Anpassung
6.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:08:41.7	0:08:48.0	Zeitliche Anpassung
6.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:08:41.9	0:08:48.6	Zeitliche Anpassung
6.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:08:37.2	0:08:50.0	Zeitliche Anpassung
6.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:08:37.7	0:08:50.2	Zeitliche Anpassung
6.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:15:39.0	0:16:32.0	Zeitliche Anpassung
6.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:15:42.3	0:16:34.1	Zeitliche Anpassung
6.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:02:00.4	0:02:23.7	Zeitliche Anpassung
6.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:02:01.7	0:02:23.1	Zeitliche Anpassung
8.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:14:51.3	0:15:00.0	Kein Stolperstein
8.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:15:38.3	0:15:56.3	Übernommen
9.3	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:03:22.9	0:03:37.9	Zeitliche Anpassung
9.3	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:03:23.1	0:03:37.2	Zeitliche Anpassung
9.5	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:06:32.9	0:08:22.3	Zeitliche Anpassung
9.5	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:07:44.1	0:08:22.0	Zeitliche Anpassung
9.8	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:04:13.9	0:05:17.5	Zeitliche Anpassung
9.8	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:04:15.9	0:05:27.8	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:05:21.9	0:05:29.4	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:05:22.8	0:05:29.7	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:08:42.0	0:09:09.6	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:08:42.5	0:09:07.7	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:11:30.9	0:11:39.5	Zeitliche Anpassung
9.9	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:11:31.8	0:11:39.8	Zeitliche Anpassung
10.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:04:09.6	0:04:21.8	Zeitliche Anpassung
10.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:04:10.4	0:04:20.5	Zeitliche Anpassung
10.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:10:20.4	0:10:35.0	Zeitliche Anpassung
10.4	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:10:21.2	0:10:32.6	Zeitliche Anpassung
10.5	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:01:02.5	0:02:14.2	Zeitliche Anpassung
10.5	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:01:02.5	0:02:18.1	Zeitliche Anpassung
11.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:12:41.8	0:12:46.8	Zeitliche Anpassung
11.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:12:42.1	0:12:46.3	Zeitliche Anpassung
11.11	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	0	1	0	0:14:22.0	0:15:06.0	Zeitliche Anpassung
11.11	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.4 Hilfestellung wird von außen gegeben	1	0	0	0:14:22.7	0:15:00.6	Zeitliche Anpassung
12.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:11:01.7	0:11:17.4	Zeitliche Anpassung
12.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:11:01.7	0:11:18.9	Zeitliche Anpassung
13.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:05:30.0	0:05:58.3	Zeitliche Anpassung
13.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:05:30.1	0:05:59.8	Zeitliche Anpassung
13.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	0	1	0	0:11:42.3	0:11:50.0	Zeitliche Anpassung
13.1	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.3 Lösung wird von außen gegeben	1	0	0	0:11:42.4	0:11:49.1	Zeitliche Anpassung
13.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	1	0	0	0:04:25.3	0:04:56.8	Zeitliche Anpassung
13.6	3.4 Inwieweit lösen die SuS die Lernumgebung eigenständig?\3.4.2 Hinweis von Außen auf Hilfen der Lernumgebung	0	1	0	0:04:27.0	0:04:57.3	Zeitliche Anpassung

Dokument	Code	Person 1	Person 2	Übereinstimmung	Anfang	Ende	Bemerkung
1.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	1	0	0	0:04:46.8	0:04:53.2	Zeitliche Anpassung
1.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:00:00.0	0:00:07.1	Zeitliche Anpassung
1.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:13:47.7	0:13:55.8	Zeitliche Anpassung
1.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:14:25.7	0:14:35.6	Zeitliche Anpassung
1.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:14:27.1	0:14:29.0	Zeitliche Anpassung
2.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	1	0	0	0:04:39.3	0:04:42.5	Zeitliche Anpassung
2.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:12:02.7	0:12:05.6	Zeitliche Anpassung
2.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:10:28.0	0:10:38.0	Zeitliche Anpassung
2.5	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	0	1	0	0:12:41.8	0:12:58.2	Zeitliche Anpassung
2.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:08:42.5	0:08:48.5	Zeitliche Anpassung

2.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:08:42.8	0:08:47.4	Zeitliche Anpassung
2.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:16:01.3	0:16:09.1	Zeitliche Anpassung
2.8	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:00:27.5	0:00:32.8	Zeitliche Anpassung
2.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:17:06.1	0:17:15.4	Zeitliche Anpassung
3.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:06:35.2	0:06:46.0	Zeitliche Anpassung
3.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	0	1	0	0:06:35.3	0:06:46.5	Zeitliche Anpassung
3.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:09:28.0	0:09:40.9	Zeitliche Anpassung
3.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:12:52.6	0:13:09.2	Zeitliche Anpassung
3.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:15:37.7	0:15:43.5	Zeitliche Anpassung
3.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:06:12.0	0:06:26.4	Zeitliche Anpassung
3.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:11:29.9	0:11:36.4	Zeitliche Anpassung
3.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:09:36.9	0:09:39.6	Zeitliche Anpassung
3.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:14:18.6	0:14:22.3	Zeitliche Anpassung
3.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:16:24.2	0:16:41.2	Zeitliche Anpassung
3.12konv	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:03:08.2	0:03:23.9	Zeitliche Anpassung
4.1	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:08:02.0	0:08:11.3	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:04:12.7	0:04:21.1	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:05:34.7	0:05:42.1	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:05:58.2	0:06:00.5	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:07:35.8	0:07:38.5	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:09:01.3	0:09:06.4	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	1	0	0	0:14:44.2	0:14:47.3	Zeitliche Anpassung
4.3	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:17:12.0	0:17:14.5	Zeitliche Anpassung
4.7	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:16:11.1	0:16:20.0	Zeitliche Anpassung
4.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:14:12.7	0:14:35.3	Zeitliche Anpassung
4.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:17:00.0	0:17:02.0	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:01:21.3	0:01:24.9	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:02:52.2	0:02:55.4	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:02:53.3	0:03:01.6	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:02:55.4	0:02:58.3	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:05:08.7	0:05:10.5	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:05:13.5	0:05:19.0	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:05:20.5	0:05:22.6	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:07:20.3	0:07:24.8	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:10:43.2	0:10:52.3	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:11:48.1	0:11:49.5	Zeitliche Anpassung

4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:12:09.0	0:12:13.0	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:17:26.5	0:17:29.1	Zeitliche Anpassung
4.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:17:32.0	0:17:34.3	Zeitliche Anpassung
5.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:14:58.6	0:15:01.3	Zeitliche Anpassung
6.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:11:41.8	0:11:50.8	Zeitliche Anpassung
6.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:12:45.0	0:12:48.9	Zeitliche Anpassung
6.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:16:30.9	0:16:33.2	Zeitliche Anpassung
6.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:05:54.9	0:05:57.9	Zeitliche Anpassung
6.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:15:23.0	0:15:34.0	Zeitliche Anpassung
8.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:17:22.5	0:17:25.8	Zeitliche Anpassung
8.12	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:00:27.0	0:01:58.7	Zeitliche Anpassung
9.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:10:05.0	0:10:12.0	Zeitliche Anpassung
9.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:11:30.0	0:11:38.9	Zeitliche Anpassung
9.2	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:11:36.0	0:11:40.1	Zeitliche Anpassung
9.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:05:38.9	0:05:40.6	Zeitliche Anpassung
10.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:08:56.0	0:09:08.2	Zeitliche Anpassung
10.7	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:02:29.5	0:02:33.3	Zeitliche Anpassung
10.8	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:03:06.2	0:03:11.6	Zeitliche Anpassung
10.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:09:09.7	0:09:16.2	Zeitliche Anpassung
10.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:17:06.2	0:17:10.6	Zeitliche Anpassung
10.10	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:17:06.4	0:17:11.0	Zeitliche Anpassung
10.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:14:29.8	0:14:32.0	Zeitliche Anpassung
10.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:16:09.5	0:16:32.9	Zeitliche Anpassung
10.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	1	0	0	0:16:10.0	0:16:15.5	Zeitliche Anpassung
11.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:07:09.1	0:07:16.9	Zeitliche Anpassung
12.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.2 Die S äußern Kommentare zum Umgang mit den Tablets	0	1	0	0:12:19.1	0:12:27.2	Zeitliche Anpassung
12.6	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	1	0	0	0:12:19.6	0:12:26.4	Zeitliche Anpassung
12.7	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:03:55.2	0:04:01.4	Zeitliche Anpassung
13.4	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:15:23.4	0:15:27.1	Zeitliche Anpassung
13.7	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:09:23.1	0:09:26.3	Zeitliche Anpassung
13.9	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:15:20.0	0:15:47.7	Zeitliche Anpassung
13.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.3 Die S äußern Kommentare zur PA und/oder Laborarbeit	0	1	0	0:04:33.3	0:04:36.7	Zeitliche Anpassung
13.11	3.5 Kommentare zur Lernumgebung\3.5.1 Die S äußern Kommentare zur Lernumgebung	0	1	0	0:04:33.3	0:04:36.7	Zeitliche Anpassung

Bisher erschienene Bände der Reihe

Lernen in Naturwissenschaften

ISSN 2566-493X

1	Maria Egbers	Konzeptentwicklungs- und Gesprächsprozesse im Rahmen der Unterrichtskonzeption „choice2learn“ ISBN 978-3-8325-4510-9 53.00 EUR
2	Daniel Laumann	Magnetismus hoch 4. Fachliche Strukturierung und Entwicklung multipler Repräsentationen zum Magnetismus für die Hochschule ISBN 978-3-8325-4571-0 60.50 EUR
3	Friederike Rohrbach-Lochner	Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerausbildung zu Schülervorstellungen. Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts ISBN 978-3-8325-4944-2 53.50 EUR
4	Lisa Rott	Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren. Die Unterrichtskonzeption „choice2explore“ ISBN 978-3-8325-4817-9 83.00 EUR
5	Eva Julia Kolbeck	Schulung von Vermittlungsfähigkeiten Promovierender im Fach Chemie. Die Weiterbildung „How to communicate chemistry?“ ISBN 978-3-8325-4953-4 71.00 EUR
6	Björn Dellbrügge	Choice2interact. Interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht ISBN 978-3-8325-5119-3 79.00 EUR
7	Felicitas Jürgensmeier	Offene Experimentiersituationen ermöglichen und charakterisieren. Eine Schülerlaboreinheit zu einem curricular innovativen Thema ISBN 978-3-8325-5184-1 89.00 EUR
8	Jan-Bernd Haas	chem.LEVEL. Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks ISBN 978-3-8325-5345-6 89.00 EUR

9	Florian Jungkamp	Kontroversen mit Hilfe wissenschaftlicher Prüfkriterien bewerten. Die Unterrichtskonzeption choice^{2}reflect ISBN 978-3-8325-5362-3 69.50 EUR
10	Christopher Kralisch	Wissenschaftskriterien verstehen und anwenden Weiterentwicklung der Unterrichtskonzeption choice^{2}reflect zur Bewertung gesellschaftlicher Kontroversen ISBN 978-3-8325-5517-7 91.50 EUR
11	Fabian Gust	Das Self-assembLAB. Entwicklung, Erprobung und Optimierung eines curricular innovativen Schülerlabors zum Thema Self-assembly ISBN 978-3-8325-5517-7 85.50 EUR
12	Marius van den Boom	Die Unterrichtskonzeption *feil*. Fehlschlüsse identifizieren lernen ISBN 978-3-8325-5562-7 87.00 EUR
13	Larissa Katharina Fühner	Experimentierpraxis im Spektrum der Möglichkeiten. Eine rekonstruktive Analyse der Experimentierpraxis im inklusionsorientierten Physikunterricht ISBN 978-3-8325-5562-7 59.50 EUR
14	Tobias Bergold	NAWI-Konzepte. Digitaler Transfer von neuen Unterrichtskonzepten für den naturwissenschaftlichen Unterricht mithilfe einer Website ISBN 978-3-8325-5719-5 78.00 EUR
15	Yvonne Rath	Stolpersteine im Lehrerhandeln. Anbahnung eines Handlungsrepertoires durch videobasierte Reflexionen im Lehr-Lern-Labor ISBN 978-3-8325-5769-0 89.00 EUR
16	Carolin Banse	Nachhaltigkeit bewerten mithilfe einer Bewertungsscheibe. Entwicklung einer Konzeption für den naturwissenschaftlichen Unterricht am Beispiel Elektromobilität ISBN 978-3-8325-5895-6 98.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN-Nummer direkt online (http://www.logos-verlag.de) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Verstehen und *Entwickeln* bilden eine fachdidaktische Einheit: das Verstehen von Lernprozessen hilft uns, innovative Lernangebote zu entwickeln und an Rahmenbedingungen anzupassen. Die Erprobung und Analyse dieser Angebote kann wiederum zu erweiterten Erkenntnissen und einem tieferen Verstehen führen. Diese Schriftenreihe rückt daher beide Aspekte in den Fokus – mit dem Ziel, das zu fördern, was uns als Naturwissenschaftsdidaktikern am Herzen liegt: das Lernen in Naturwissenschaften!

Die Welt der Chemie kann nach Johnstone in drei Ebenen eingeordnet werden: die makroskopische, submikroskopische und repräsentative Ebene. Chemiker können problemlos innerhalb dieser Ebenen kommunizieren und zwischen diesen wechseln - Lernenden fällt dieses jedoch schwer. Eine sprachliche oder bildliche Vermischung der Ebenen kann Verständnisschwierigkeiten und fachlich nicht anschlussfähige Vorstellungen hervorrufen.
Ziel des Projektes chem.LEVEL war es, die genannten Ebenen im Unterricht bewusst zu machen und eine fachsprachlich korrekte und ebenenspezifische Kommunikation zu fördern. Zu diesem Zweck wurde eine digitale, interaktive Lernumgebung für Tablets entwickelt. Diese beinhaltet Lernaufgaben, die optisch in die drei Ebenen eingebettet sind. Diese werden schülergerecht als Beobachtungs-Ebene, Vorstellungs-Ebene und Symbol-Ebene benannt.
Jede Ebene ist in drei Stufen differenziert, um eine Förderung aller Schüler:innen zu ermöglichen. Die Basis bildet eine entwickelte Differenzierungsmatrix, die zwischen den drei Anforderungsbereichen der Bildungsstandards unterscheidet. Die Gestaltung der Lernumgebung basiert auf Kriterien aus den Bereichen der cognitive theory of multimedia learning und des sprachsensiblen Fachunterrichts. Die Entwicklung und Optimierung des Lernmaterials erfolgte gemäß dem Ansatz des Design Based-Research in einem zyklischen Prozess aus Entwicklung, Erprobung, Analyse und Optimierung. Lernprozesse sowie Lernzuwächse wurden im Rahmen von Videoanalysen und Prä-Post-Erhebungen untersucht.

ISBN 978-3-8325-5345-6

Logos Verlag Berlin

ISSN 2566-493X