

Die Förderung vertiefter Lernprozesse durch Sachfachliteratur:

**Eine vergleichende Studie zum expliziten Scaffolding kognitiver
Diskursfunktionen im bilingualen Chemieunterricht am Beispiel des
Erklärens**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Akademischen Grades eines Dr. phil.,
vorgelegt dem Fachbereich 05 – Philosophie und Philologie
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Teresa Connolly

geb. am 08.04.1988 in Mainz

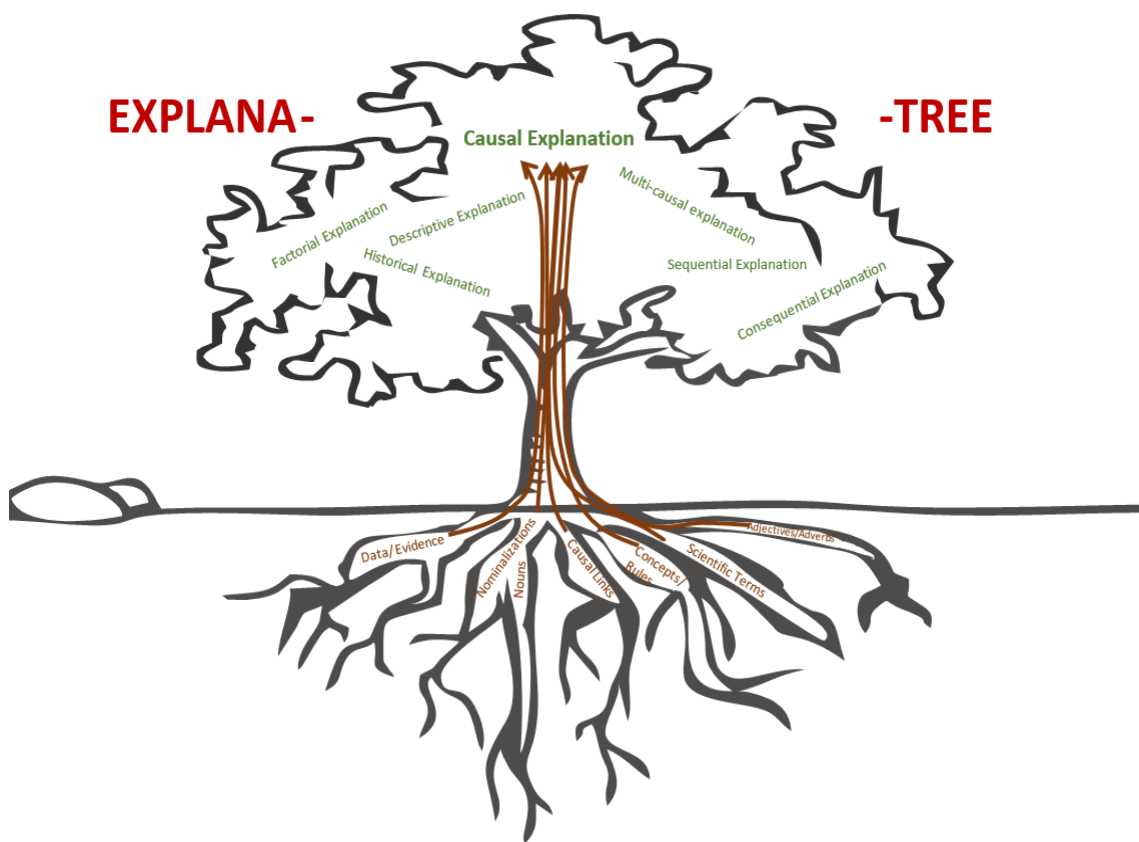
2019

Erstgutachter: [Name aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt]

Zweitgutachter: [Name aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt]

Datum der mündlichen Prüfung: 15. Februar 2019

[Widmung aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt]



Danksagung

[aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt]

Zusammenfassung

Eine erfolgreiche Schulbildung im 21sten Jahrhundert muss in der Befähigung des Individuums zum lebenslangen und selbstregulierten Lernen liegen, sowie der Fähigkeit, Sachverhalte in mehreren Sprachen fachgerecht kommunizieren zu können. Dazu sind zum einen kognitiv anspruchsvolle Denkstrategien, die sogenannten *higher order thinking skills*, zum anderen aber auch fachsprachliche Strukturen notwendig. Zur Aneignung solcher *subject specific literacies* bedarf es einer langfristigen, strukturierten und expliziten Unterstützung in allen Phasen des Lernprozesses. Das *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* stellt eine holistische Herangehensweise dar, Schülerinnen und Schüler je nach ihrem Entwicklungsstand und ihrer fachlichen Expertise dazu zu befähigen, ihr Wissen über Fächer, Sprachen und Fachkulturen hinweg systematisch und umfassend zu kommunizieren.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Lernmaterial basierend auf dem pluriliteralen Lehr-Lern-Modell für den bilingualen Chemieunterricht zu entwickeln. Der inhaltliche Fokus lag dabei auf den Redox-Reaktionen, die es anhand der für die Chemie zentralen kausalen Erklärungen zu deuten galt. Um sowohl die fachliche als auch die sprachliche Progression des Lernmaterials zu verdeutlichen, wurde jeweils für die Orientierungsstufe, die Sekundarstufe I und II gezeigt, wie fachsprachliche Genrestrukturen systematisch aufgebaut und Fachinhalte durch deren Verwendung vertieft werden können.

Innerhalb des empirischen Teils der Arbeit wurde der Einfluss dieser expliziten Fachsprachenschulung auf die Entwicklung des Fachwissens, der Fachsprache und der affektiven Schülermerkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung, Fachinteresse Chemie und Englisch) überprüft. Die drei Studien mit insgesamt $N = 240$ Schülerinnen und Schülern haben ergeben, dass alle untersuchten Gruppen ihr Fachwissen im Laufe der Unterrichtsreihe signifikant verbessert haben. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die mit dem speziell entwickelten Material zur Förderung der Fachsprache und vertiefter Lernprozesse unterrichtet wurden, verzeichneten außerdem einen deskriptiv größeren Fachwissenszuwachs und einen signifikant größeren Fachsprachenzuwachs als die Vergleichsgruppen. Ähnlich verhielt es sich mit dem Selbstvertrauen in die eigene Leistung, welches für die Versuchsgruppen im Laufe der Unterrichtsreihe gestiegen ist, für die Vergleichsgruppen allerdings abnahm. Die affektiven Merkmale konnten weder für die Versuchsgruppen noch für die Vergleichsgruppen signifikant verbessert werden.

Anhand der Ergebnisse kann das pluriliterale Lehr-Lern-Modell bezüglich des Fachsprachen- und Fachwissens-Zuwachses validiert werden. Weitere Forschung ist notwendig, um Möglichkeiten zur Förderung der affektiven Komponente des Lernens zu evaluieren. Neben der Herausarbeitung zentraler Merkmale zum vertieften Lernen für den Chemieunterricht und der Entwicklung des Unterrichtsmaterials leistet die vorliegende Arbeit ebenso einen Beitrag zur Auswertung schriftlicher Schülererklärungen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	15
1. Einleitung.....	19
1.1 Einführung in das Fachgebiet	19
1.2 Darlegung des Problems und Motivation für dessen Lösung	20
1.3 Gliederung der Arbeit	20
2. Theoretischer und empirischer Hintergrund zur Förderung vertiefter Lernprozesse	22
2.1 21st Century Skills und Deeper Learning	22
2.1.1 Veränderte Lebensumstände fordern veränderte Lernumstände	22
2.1.2 Deeper Learning als Prozess zur Förderung der 21st Century Skills	23
2.1.3 Einführung des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells	28
2.2 Die Rolle der Sprache im Rahmen vertiefter Lernprozesse	30
2.2.1 Die epistemische Funktion der Sprache	30
2.2.2 Die Notwendigkeit einer Scientific Literacy	32
2.2.3 Kognitive Diskursfunktionen als Motor vertieften Lernens	41
2.2.4 Der bilinguale Unterricht auf dem Prüfstand	49
2.2.5 Fazit der Rolle der Sprache im Rahmen vertiefter Lernprozesse	55
2.3 Die Rolle individueller Persönlichkeitsmerkmale im Rahmen vertiefter Lernprozesse.....	56
2.3.1 Affekt.....	56
2.3.2 Engagement	62
2.3.3 Performanz.....	64
2.3.4 Selbst-Reflexion	66
2.3.5 Fazit der Rolle individueller Persönlichkeitsmerkmale im Rahmen vertiefter Lernprozesse	66
2.4 Die Rolle der Lehrkraft und ihrer pädagogischen Entscheidungen im Rahmen vertiefter Lernprozesse	67
2.4.1 Merkmale guten Unterrichts zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität.....	67
2.4.2 Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse notwendig	68
2.5 Forschungsfragen und Hypothesen.....	70
2.5.1 Zusammenfassung der fünf zentralen Forschungsdesiderate	70
2.5.2 Formulierung der Forschungsfragen und Hypothesen	71

3. Forschungskonstrukt, Methoden und Instrumente	76
3.1 Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität	76
3.1.1 Merkmalskatalog für Materialien zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität.....	76
3.1.2 Exemplarisches Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität.....	81
3.2 Bewertungsraster zur Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität	88
3.2.1 Bewertungsraster bezüglich der Fachsprache.....	88
3.2.2 Bewertungsraster bezüglich des Fachwissens	90
3.2.3 Bewertungsraster bezüglich der kognitiven Diskursfunktion des Erklärens	94
3.2.4 Synopse des <i>Framework for assessing subject specific explanations</i> basierend auf zentralen Elementen zuvor vorgestellter Bewertungsraster..	94
3.3 Design zur Evaluation vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität	97
3.4 Erhebungsinstrumente zur Erfassung vertiefter Lernprozesse, der Sachfachliteralität und affektiven Schülermerkmalen.....	98
3.4.1 Fragebogen zum demographischen Hintergrund.....	98
3.4.2 Messung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten anhand des Kognitiven Fähigkeitstests	99
3.4.3 Erfassung metakognitiver Kompetenzen mit Hilfe eines Lerntagebuches..	99
3.4.4 Fragebogen zum Fachinteresse.....	101
3.4.5 Fragebogen zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung	102
3.4.6 Fragebogen zur Selbstregulation	102
3.4.7 Fragebogen zum Fachwissen und der Fachsprache.....	102
3.4.8 Schülerfragebogen zur Bewertung der Unterrichtsreihe	105
4. Pilotstudie in der Sekundarstufe I (7. Klasse).....	106
4.1 Methode	106
4.1.1 Design.....	106
4.1.2 Stichprobe.....	107
4.1.3 Unterrichtsmaterialien	107
4.1.4 Auswertung des Lernerfolgs bezüglich der Sachfachliteralität und vertiefter Lernprozesse im Wissenstest.....	111
4.1.5 Durchführung	117
4.2 Ergebnisse.....	119

4.2.1	Allgemeine Durchführbarkeit der Studie	119
4.2.2	Validierung der Erhebungsinstrumente	120
4.2.3	Vergleich der Gruppen	122
4.2.4	Lerntagebuch	124
4.3	Diskussion und Fazit.....	125
5.	Hauptstudie I (Sekundarstufe I: 7. und 8. Klassenstufe).....	127
5.1	Methode	127
5.1.1	Design.....	127
5.1.2	Stichprobe.....	128
5.1.3	Erhebungsinstrumente	129
5.1.4	Durchführung	134
5.2	Ergebnisse.....	137
5.2.1	Validierung der Erhebungsinstrumente	137
5.2.2	Vergleich der Gruppen	139
5.2.3	Vergleich des PTDL-Materials mit traditionellem Material des bilingualen Chemieunterrichts bezüglich der Veränderung kognitiver und affektiver Merkmale	143
5.2.4	Effekte des PTDL-Materials auf individuelle Schülerinnen und Schüler .	147
5.2.5	Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale	150
5.2.6	Einstellung zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus	151
5.2.7	Bewertung der Unterrichtsreihe und des Fachsprachentrainings im Nachtest.....	155
5.3	Zusammenfassung der Studie der 7. und 8. Klassenstufe.....	162
6.	Hauptstudie II (Sekundarstufe II: E-Phase)	163
6.1	Methode	163
6.1.1	Design.....	163
6.1.2	Stichprobe.....	163
6.1.3	Erhebungsinstrumente	164
6.1.4	Unterrichtsmaterialien zur Förderung fachspezifischer Literalität und vertiefter Lernprozesse.....	166
6.1.5	Durchführung	167
6.2	Ergebnisse.....	169
6.2.1	Validierung der Erhebungsinstrumente	169
6.2.2	Vergleich der Gruppen	170

6.2.3	Vergleich des PTDL-Materials mit traditionellem Material des bilingualen Chemieunterrichts bezüglich der Veränderung kognitiver und affektiver Merkmale	174
6.2.4	Veränderung affektiver Schülermerkmale.....	177
6.2.5	Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale	178
6.3	Zusammenfassung der Hauptstudie II in der Sekundarstufe II	180
7.	Hauptstudie III (Orientierungsstufe: 6. Klassenstufe).....	181
7.1	Methode	181
7.1.1	Design.....	181
7.1.2	Stichprobe.....	181
7.1.3	Erhebungsinstrumente	182
7.1.4	Unterrichtsmaterialien zur Förderung fachspezifischer Literarität und vertiefter Lernprozesse	183
7.1.5	Durchführung	185
7.2	Ergebnisse.....	187
7.2.1	Validierung der Erhebungsinstrumente	187
7.2.2	Ausgangsbedingungen der Versuchsgruppe.....	189
7.2.3	Entwicklung kognitiver und affektiver Merkmale	191
7.2.4	Veränderung affektiver Schülermerkmale.....	193
7.2.5	Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale	194
7.2.6	Bewertung der Unterrichtsreihe	195
7.3	Zusammenfassung der Studie in der 6. Klasse	197
8.	Diskussion	198
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	198
8.1.1	Beeinflusst eine gezielte Fachsprachenförderung den Fachwissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im (bilingualen) Chemieunterricht?	198
8.1.2	Beeinflusst eine gezielte Fachsprachenförderung den Fachsprachenzuwachs der Schülerinnen und Schüler im (bilingualen) Chemieunterricht?	199
8.1.3	Hat die Unterrichtsmethodik und -didaktik des pluriliteralen Lehrens und Lernens im Vergleich zu der des bilingualen Sachfachunterrichts einen positiveren Einfluss auf die Veränderung affektiver Schülermerkmale?	204
8.1.4	Welche Schülerinnen und Schüler profitieren am meisten von dem pluriliteralen Lernansatz?	205
8.1.5	Besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Entwicklung affektiver und kognitiver Merkmale?.....	206

8.1.6	Welche Einstellung haben Schülerinnen und Schüler gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung vor bzw. nach der Intervention?	207
8.2	Grenzen der vorliegenden Studien.....	209
8.2.1	Design.....	209
8.2.2	Eingesetzte Messinstrumente zur Erfassung der Fachsprache	211
8.2.3	Validierung der Erhebungsinstrumente	213
8.2.4	Gütekriterien.....	214
8.3	Theoretische und praktische Implikationen	216
8.3.1	Der Einfluss der Fachsprache und der Fachinhalte auf vertiefte Lernprozesse.....	216
8.3.2	Der Einfluss schülerspezifischer Persönlichkeitsmerkmale	219
8.3.3	Der Einfluss der Lehrkraft und ihrer pädagogischen Entscheidungen	220
8.4	Fazit und Ausblick.....	221
	Literaturverzeichnis	223
	Anhang.....	238
	Anhang A: Material der Hauptstudie I in der Sekundarstufe I.....	240
	Anhang B: Material der Hauptstudie II in der Sekundarstufe II.....	323
	Anhang C: Material der Hauptstudie III in der Orientierungsstufe	392
	Erklärungen gemäß § 6 der Promotionsordnung	449
	Curriculum Vitae.....	450

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundfläche des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells mit den vier zentralen Elementen vertiefter Lernprozesse	29
Abbildung 2: Beispiel zum Storytelling: Bildung und Reduktion von Eisenoxid aus Sicht reagierender Substanzen.....	37
Abbildung 3: Schema eines kausalen Ursache-Wirkung-Zusammenhangs am Beispiel der Erstickung einer Kerzenflamme.....	44
Abbildung 4: Visuelle und verbale Darstellung der graduellen Abstufung von Ursache-Wirkung-Zusammenhängen.....	44
Abbildung 5: Infobox zum PEB-Modell (Prinzip - Erklärung - Beobachtung).....	47
Abbildung 6: Dreischichten-Modell von Boekaerts (1999).....	60
Abbildung 7: Operatoren zur Initiierung vertiefter Lernprozesse im Pluriliteracies Wheel.....	65
Abbildung 8: Visualisierung der Hypothesen 1 bis 3 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.....	71
Abbildung 9: Visualisierung der Hypothese 4 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.....	73
Abbildung 10: Visualisierung der Hypothese 5 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.....	74
Abbildung 11: Beispielaufgabe der Doing Phase – Problematisierung.....	82
Abbildung 12: Beispielaufgabe der Doing Phase – Forschungsfrage und Hypothese formulieren.....	83
Abbildung 13: Beispielaufgabe der Doing Phase – Versuchsplanung und Durchführung.....	83
Abbildung 14: Beispielaufgabe der Organizing Phase – Versuchsbeobachtungen strukturiert sichern.....	83
Abbildung 15: Beispielaufgabe der Explaining Phase – Versuchsbeobachtungen anhand des PRO-Modells erklären.....	84
Abbildung 16: Fortsetzung Beispielaufgabe der Explaining Phase – Versuchsbeobachtungen anhand des PRO-Modells erklären.....	85
Abbildung 17: Beispielaufgabe der Arguing Phase – Fachbegriffsdefinition.....	85
Abbildung 18: Beispielaufgabe der Arguing Phase – Fachbegriffszuordnung in das Redox-Schema.....	86
Abbildung 19: Beispielaufgabe der Arguing Phase – Fachbegriffe und Definitionen als Hilfe zum Ausfüllen des Diagramms.....	86
Abbildung 20: Beispielaufgabe der Arguing Phase – Beschriftung eines komplexen Diagramms.....	87

Abbildung 21: Beispielaufgabe der Arguing Phase – Beantwortung der Forschungsfrage in Form eines Briefes.	87
Abbildung 22: Framework for assessing subject specific explanations.	96
Abbildung 23: Versuchsdesign mit zeitlichem Ablauf und zu erfassenden Konstrukten je Messzeitpunkt.	97
Abbildung 24: Beispielim aus dem KFT 4-12+R für die figurale Kompetenz.	99
Abbildung 25: Beispielim im Single Choice und Multiple Choice Antwortformat.	103
Abbildung 26: Lückentext und offenes Antwortformat zur Definition chemischer Fachbegriffe.	103
Abbildung 27: Übersicht der Aufgaben zur Überprüfung der Transferfähigkeit der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.	104
Abbildung 28: Beispielim zur Zuordnung chemischer Fachbegriffe in eine Wortgleichung mit Teilreaktionspfeilen der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.	104
Abbildung 29: Versuchsdesign der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.	106
Abbildung 30: Beispielaufgabe der Einführungsphase – Informationstext zur Herstellung von Kupfer in der Jungsteinzeit am Beispiel von Ötzi Kupferbeil.	109
Abbildung 31: Beispielaufgabe zur Versuchsdurchführung der Herstellung von elementarem Kupfer aus Kupferoxid und Kohle.	109
Abbildung 32: Beispielaufgabe der Vergleichsgruppe zur Sicherung der Versuchsbeobachtungen.	110
Abbildung 33: Beispielaufgaben zur Erklärung der Versuchsbeobachtungen anhand von vorgegebenen Fachbegriffen.	110
Abbildung 34: Beispielaufgabe der Vergleichsgruppe zum Erstellen einer Wortgleichung.	110
Abbildung 35: Vertiefungsaufgabe der Vergleichsgruppe zum Zeichnen eines Energieschemas.	110
Abbildung 36: Verkürztes Auswertungsraster Framework for assessing subject specific explanations.	112
Abbildung 37: Durchführung der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen je Einheit.	118
Abbildung 38: Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.	123
Abbildung 39: Versuchsdesign der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.	127
Abbildung 40: Geschlossene dichotome (ja-nein) Fragen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe mit Antwortsicherheit nach.	131

Abbildung 41: Beispielitem mit halboffenem Antwortformat zum Vollenden von Satzanfängen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.	132
Abbildung 42: Beispielitem mit kombiniertem Antwortformat aus Multiple Choice und Begründung im halboffenen Antwortformat im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.	133
Abbildung 43: Offene Erklär-Aufgabe zu Korrosionsreaktionen mit Hilfestellungen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.	133
Abbildung 44: Durchführung der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen je Einheit.....	136
Abbildung 45: Zu Hause gesprochenen Sprachen der Versuchspersonen aufgeteilt nach Klassen der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe	139
Abbildung 46: Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie der 7. und 8. Klassenstufe aufgeteilt nach Klassen.	140
Abbildung 47: Ergebnisse zur Bewertung des Themas im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe.....	160
Abbildung 48: Ergebnisse zur Bewertung der Arbeitsblätter im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe.....	161
Abbildung 49: Versuchsdesign der Studie in der Sekundarstufe II mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt	163
Abbildung 50: Beispielaufgabe der Sekundarstufe II. Es findet eine Verknüpfung aus Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, kausalen Erklärungen und verschiedenen Repräsentationsebenen statt (Connolly et al., 2018). ...	166
Abbildung 51: Durchführung der Studie in der Sekundarstufe II unter Angabe der Themen und Sprachübungen.	168
Abbildung 52: Zu Hause gesprochene Sprachen der Versuchspersonen der Studie in der Sekundarstufe II	171
Abbildung 53: Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie der Sekundarstufe II	171
Abbildung 54: Versuchsdesign der Studie in der 6. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt	181
Abbildung 55: Beispielaufgaben der Explaining-Phase in der 6. Klassenstufe zum Thema Verbrennungen.	184
Abbildung 56: Durchführung der Studie in der 6. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen.	186
Abbildung 57: Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie in der 6. Klassenstufe.	190
Abbildung 58: Ergebnisse zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Items 1-13 und 16) der Studie in der 6. Klassenstufe.	196

Abbildung 59: Ergebnisse zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Items 14 und 15) der Studie in der 6. Klassenstufe.	197
Abbildung 60: Schema zum Ursache-Wirkung-Zusammenhang zum Erklären kausaler Zusammenhänge.....	201
Abbildung 61: Schülerantwort im Triadentest zur Erklärung kausaler Zusammenhänge der Begriffe beaker, candle und oxygen.....	202
Abbildung 62: Schülerantwort zur Erklärung der Korrosion unter Verwendung des PRO-Modells.	203
Abbildung 63: Schülererklärung des Daniell-Elements.	204
Abbildung 64: Schrittweiser Übergang von der Alltags- in die Fachsprache	217
Abbildung 65: Visualisierung bestätigter Hypothesen anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.	221

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Morphologische und syntaktische Besonderheiten der chemischen Fachsprache	34
Tabelle 2: Die Verbrennung von Holz auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen	46
Tabelle 3: Skala zur Bewertung der Textkohärenz anhand kausaler Konjunktionen...	89
Tabelle 4: Skala zur Bewertung von Fachbegriffen und fachspezifischen Ausdrücken.....	89
Tabelle 5: Skala zur Bewertung der Validität von Erklärungen.....	91
Tabelle 6: Skala zur Bewertung der Komplexität von Erklärungen.	93
Tabelle 7: Analyseraster zur Bewertung der Conceptual Sophistication einer Erklärung	95
Tabelle 8: Erhebungsinstrumente der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe	98
Tabelle 9: Operationalisierte Konstrukte im Lerntagebuch	100
Tabelle 10: Beispielitems aus dem Lerntagebuch	100
Tabelle 11: Beispielitems des Schülerfragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe	105
Tabelle 12: Conceptual Sophistication Raster mit Schülerantworten	113
Tabelle 13: Communicative Sophistication Raster (Linking) mit Schülerantworten...	115
Tabelle 14: Communicative Sophistication Raster (Scientific Terms) mit Schülerantworten	116
Tabelle 15: Interne Konsistenz der Skalen affektiver Schülermerkmale (Pilotstudie, 7. Kl.)	121
Tabelle 16: Item-Schwierigkeit und korrigierte Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests (Pilotstudie, 7. Kl.)	122
Tabelle 17: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests zum verbalen und nonverbalen Denken (Pilotstudie, 7. Kl.)	123
Tabelle 18: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnote (Pilotstudie, 7. Kl.) ..	124
Tabelle 19: Teilnehmeranzahl, Geschlechterverteilung und mittleres Alter der Versuchspersonen (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	128
Tabelle 20: Beispielitems des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	130
Tabelle 21: Verwendete Aufgabenformate zur Ermittlung der Fachsprache und des Fachwissens (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	131
Tabelle 22: Interne Konsistenz der Skalen affektiver Schülermerkmale (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	137

Tabelle 23: Item-Schwierigkeit und korrigierte Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	138
Tabelle 24: Ergebnisse der non-parametrischen einfaktoriellem Varianzanalyse nach Kruskal Wallis zum außerschulischen Sprachkontakt (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	140
Tabelle 25: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests zum verbalen und nonverbalen Denken (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	141
Tabelle 26: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnote (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	142
Tabelle 27. Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachwissenszuwachses (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	143
Tabelle 28: Selbstvertrauen in das eigene Fachwissen (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	144
Tabelle 29: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachsprachenzuwachses (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	145
Tabelle 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der affektiven Schülermerkmale (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	146
Tabelle 31: Test auf Normalverteilung der Entwicklung affektiver Schülermerkmale nach Shapiro-Wilk (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	147
Tabelle 32: Ergebnisse der einfaktoriellem Varianzanalyse mit Messwiederholung der Fachwissensentwicklung in Abhängigkeit der Ausprägung affektiver Merkmale (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	148
Tabelle 33: Ergebnisse der einfaktoriellem Varianzanalyse mit Messwiederholung der Fachsprachenentwicklung in Abhängigkeit der Ausprägung affektiver Merkmale (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	149
Tabelle 34: Korrelationen affektiver und kognitiver Schülermerkmale (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	150
Tabelle 35. Interne Konsistenz der Subskalen des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	151
Tabelle 36: Mittelwerte und Standardabweichungen des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	152
Tabelle 37: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	153
Tabelle 38: Interne Konsistenz der Subskalen des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	156
Tabelle 39: Mittelwerte und Standardabweichungen des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	157

Tabelle 40: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Hauptstudie I, 7./8. Kl.).....	157
Tabelle 41: Mittelwerte und Standardabweichungen der Items des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Hauptstudie I, 7./8. Kl.)	158
Tabelle 42: Teilnehmeranzahl, Geschlechterverteilung und mittleres Alter der Versuchspersonen (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase)	164
Tabelle 43: Verwendete Aufgabenformate zur Ermittlung der Fachsprache und des Fachwissens (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase)	165
Tabelle 44: Interne Konsistenz der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	169
Tabelle 45: Itemschwierigkeit und korrigierten Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	170
Tabelle 46: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte und Standardabweichungen der Subskalen zum verbalen Denken (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	172
Tabelle 47: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis für die verbale Kompetenz (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	172
Tabelle 48: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnote (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase) ...	173
Tabelle 49: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen im Vor- und Nachtest, sowie die p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachwissenszuwachses (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase)	174
Tabelle 50: Selbstvertrauen in das eigene Fachwissen (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	175
Tabelle 51: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte und Standardabweichungen des Fachsprachentests (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	176
Tabelle 52: Mittelwerte und Standardabweichungen der affektiven Schülermerkmale (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	177
Tabelle 53: Test auf Normalverteilung der Entwicklung affektiver Schülermerkmale nach Shapiro-Wilk (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase)	178
Tabelle 54: Ergebnisse der t-Tests zur Veränderung affektiver Schülermerkmale (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	178
Tabelle 55: Korrelationen affektiver und kognitiver Schülermerkmale (Hauptstudie II, Sek II: E-Phase).....	179
Tabelle 56: Verwendete Aufgabenformate im Fachwissens- und Fachsprachentest (Hauptstudie III, 6. Kl.)	183
Tabelle 57: Interne Konsistenz der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale (Hauptstudie III, 6. Kl.)	187
Tabelle 58: Itemschwierigkeit und korrigierten Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests (Hauptstudie III, 6. Kl.)	189

Tabelle 59: Mittelwerte und Standardabweichungen der Subskalen zur verbalen Kompetenz (Hauptstudie III, 6. Kl.).....	190
Tabelle 60: Teilnehmeranzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests für das Fachwissen (Hauptstudie III, 6. Kl.)	191
Tabelle 61: Selbstvertrauen in das eigene Fachwissen (Hauptstudie III, 6. Kl.).....	192
Tabelle 62: Teilnehmeranzahl, prozentuale Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests für die Fachsprache (Hauptstudie III, 6. Kl.)	192
Tabelle 63: Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests für die affektiven Schülermerkmale (Hauptstudie III, 6. Kl.).....	193
Tabelle 64: Korrelationen affektiver und kognitiver Schülermerkmale (Hauptstudie III, 6. Kl.)	194

1. Einleitung

1.1 Einführung in das Fachgebiet

*Lernen ist wie Rudern gegen den Strom.
Hört man damit auf, treibt man zurück. Laotse*

Doch was, wenn man sich trotz des anhaltenden Stromes immer schneller nach vorne bewegen muss? Im Zeitalter einer globalisierten und digitalisierten Welt übernehmen Computer einen Großteil kognitiv weniger anspruchsvoller Aufgaben wie das Ordnen und Speichern von Daten. Es ist deshalb eine zentrale Kompetenz geworden, Probleme individuell, effektiv und kreativ lösen zu können. Dazu müssen Inhalte, Konzepte und Strategien von einem bekannten Sachverhalt auf neue Sachverhalte flexibel transferiert werden können. Doch was brauchen Lerner, um flexibel Wissen von einem Sachverhalt auf einen anderen übertragen zu können? Dazu gibt es verschiedene Ansätze von problem- und projektbasiertem Lernen, über kooperatives und kollaboratives Lernen, bis hin zu Aufgabenstellungen zur Förderung von higher order thinking skills.

Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning (PTDL) (Meyer, O., Coyle, Imhof & Connolly, 2018) – eine relativ junge Entwicklung des *Content and Language Integrated Learning* (CLIL) – stellt eine holistische Herangehensweise dar, die vertiefte Lernprozesse durch eine Kombination aus Sachfachliterarität und sachfachtypischen Aktivitäten zu fördern versucht. Die Zuhilfenahme der Fachsprache zum Erlernen von Fachinhalten sehen die Autoren darin begründet, dass Sprache in fast jedem Lernprozess eine zentrale Rolle einnimmt. Zum einen wird dadurch die Integration neuer Inhalte im vorhandenen Wissensnetzwerk des Lerners ermöglicht, zum anderen kann das Verständnis dieser Inhalte in der anschließenden Verbalisierungsphase deutlich gemacht werden. Besonders kausale Erklärungen weisen diesbezüglich ein großes Potential auf, da durch sie Beziehungen zwischen scheinbar isolierten Fakten explizit gemacht werden können. Das Verständnis solcher Zusammenhänge ist für ein vertieftes Verständnis unabdingbar. Zudem ermöglichen Erklärungen die Generalisierung bestimmter Sachverhalte hin zu abstrakten Konzepten, Gesetzmäßigkeiten oder Regeln. Sollen nun *Fachinhalte* erworben werden, ist es folglich allein die jeweilige *Fachsprache*, die das Erlernen neuer Konzepte ermöglichen kann. Neben der vertieften Verarbeitung fachlicher Inhalte wird es aufgrund internationaler Zusammenarbeit zudem immer wichtiger, dieses Wissen adäquat und in mehreren Sprachen, sowie über Fachkulturen hinaus kommunizieren und anwenden zu können. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, Sachfachliterarität in mehr als einer Sprache zu erwerben.

1.2 Darlegung des Problems und Motivation für dessen Lösung

Den theoretischen Erkenntnissen und Forderungen steht ein ernüchterndes Bild der Unterrichtspraxis gegenüber. Es existiert weder ausreichend Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachlitalität (Byrnes, 2013; Meyer, O., Coyle et al., 2018; Pellegrino & Hilton, 2012; Polias, 2016), noch verfügen die Lehrkräfte über eine entsprechende Metasprache, fachsprachliche Strukturen explizit zu machen, diese zu modellieren und gezielt einzufordern (Rose & Martin, 2012). Besonders in den Naturwissenschaften kommt erschwerend hinzu, dass die Rolle der Fachsprache im Lernprozess teilweise nicht erkannt und für deren Förderung keine wertvolle Unterrichtszeit „geopfert“ wird. Ist diese Einsicht über die Notwendigkeit der Fachsprache vorhanden, so bedarf es dennoch spezieller Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen (Lamsfuß-Schenk & Wolff, 1999) damit Lehrkräfte gezielt und effizient Fachsprachenförderung leisten können.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, diesen Missständen entgegenzuwirken, indem zum einen Material basierend auf dem pluriliteralen Lehr-Lern-Modell entwickelt und dieses zum anderen auf seine lernförderliche Wirkung hin überprüft wird. Das Material für den bilingualen Chemieunterricht bezieht sich inhaltlich auf die Redox-Reaktionen und sprachlich auf die für die Naturwissenschaft zentrale Diskursfunktion der kausalen Erklärung.

Von den im Material verwendeten Scaffolds, also den flexibel anwendbaren Hilfestellungen in Form von Schreibmustern, wird angenommen, dass dadurch der mangelnden Metasprache Abhilfe geschaffen werden kann. Indem die Unterrichtsreihen von traditionellen Chemielehrkräften durchgeführt werden, wird gezeigt, dass anhand des verwendeten Materials Fachsprachenarbeit auch ohne besondere Vorerfahrungen geleistet werden kann.

1.3 Gliederung der Arbeit

Kapitel 2 dient der theoretischen und empirischen Fundierung der Arbeit. Anhand der vier Lerndimensionen des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells werden zentrale Merkmale herausgearbeitet, die zentral zur Initiierung vertiefter Lernprozesse und der Förderung der Sachfachlitalität sind. In Kapitel 3 wird anhand einer exemplarischen Unterrichtsstunde verdeutlicht, wie die praktische Umsetzung dieses Lehr-Lern-Modells erfolgen kann. Des Weiteren wird in Kapitel 3 genauer auf das Forschungskonstrukt und Möglichkeiten zur Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachlitalität eingegangen.

Kapitel 4 beschreibt die Methode, Durchführung und Auswertung der Pilotstudie in der Sekundarstufe I. Ziel dieser Studie ist es, Messinstrumente zu validieren und eine Erkenntnis darüber zu erlangen, inwiefern der Einsatz des entwickelten Materials im realen Unterrichtsgeschehen umsetzbar ist. Dabei sind vor allem eine sprachlich angemessene und verständliche Formulierung der Aufgabenstellungen, die

Durchführbarkeit der Versuche, sowie die Sinnhaftigkeit eingesetzter Sozialformen von Interesse.

In den Kapiteln 5 bis 7 erfolgt schließlich die Validierung der entwickelten Materialien. Um die inhaltliche und fachsprachliche Progression je nach Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen, sind Studien in der Orientierungsstufe, der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II vorgesehen. Am Ende der Studien erfolgt jeweils eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse, die Diskussion dieser findet gebündelt in Kapitel 8 statt. Dadurch können die Ergebnisse sowohl zwischen den Versuchs- und Vergleichsgruppen als auch in einer Art studienübergreifendem Längsschnittvergleich gegenübergestellt werden. Innerhalb der Diskussion werden ebenfalls die Grenzen der Studien, die praktischen und theoretischen Implikationen genannt, sowie ein ausblickendes Fazit gegeben.

2. Theoretischer und empirischer Hintergrund zur Förderung vertiefter Lernprozesse

In diesem Kapitel wird der theoretische und empirische Hintergrund der Arbeit erläutert. Dazu wird zunächst auf die veränderten Lebens- und Lernumstände des 21. Jahrhunderts eingegangen, mit denen auch eine neue Auffassung des Unterrichtens einhergehen muss. Nur so wird die Teilhabe an der Gesellschaft und das Vorantreiben dieser auch weiterhin ermöglicht. Basierend auf diesen theoretischen und empirischen Grundlagen erfolgt die Ableitung der Forschungsfragen und der Hypothesen, die anschließend empirisch überprüft werden.

2.1 21st Century Skills und Deeper Learning

2.1.1 Veränderte Lebensumstände fordern veränderte Lernumstände

Täglich entstehen neue Berufe und die, die einst das Ziel der Schulausbildung waren, existieren nicht mehr, da viele Aufgaben von effizienten Maschinen und Computern erledigt werden. Was muss die Schule also leisten, um auch weiterhin jungen Menschen vielfältige Berufschancen, sowie ein lebenslanges und selbstständiges Lernen, das kritische Reflektieren und die Teilhabe an der Gesellschaft zu ermöglichen? Es sind Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die gemeinsam als *21st century skills* (Pellegrino & Hilton, 2012), generische oder transversale Kompetenzen (Schratz, 2017) bezeichnet werden. Sie sind sozialer, kultureller oder kognitiver Art und lassen sich in die vier folgenden Hauptkategorien einteilen: *digital age literacy*, *inventive thinking*, *effective communication* und *high productivity* (Turiman, Omar, Daud & Osman, 2012). Mit dem Ziel, kreative Innovationen zu ermöglichen und komplexe Probleme lösen zu können, befähigen sie den Lerner, kritisch zu denken, Entscheidungen zu treffen und Informationen zu analysieren und zu transferieren.

Von diesen Kompetenzen kann im Alltag und im späteren Berufsleben aber nur Gebrauch gemacht werden, wenn Schülerinnen und Schüler bereits im Unterricht mit solchen anwendungsbasierten Aufgabenformaten konfrontiert wurden. Es wird deutlich, dass ein Paradigmenwechsel stattfinden muss, da der Fokus nun stark auf dem Anwenden und Weiterentwickeln von Strategien liegt. Erlernte Wissens Elemente und Kompetenzen stellen somit nicht mehr das Produkt eines Lernprozesses dar. Stattdessen müssen Sachverhalte tiefgründig verstanden werden, sowie Strategien und Prozeduren flexibel anwendbar und auf neue Problemsituationen übertragbar sein.

It is a current trend in education where students are able to solve multifaceted problems by thinking creatively and generating original ideas from multiple sources. The sheer magnitude of human knowledge, globalization, and the accelerating rate of change due to technology necessitates a shift in student's

education from plateaus of knowing to continuous cycles of learning, applying and contributing. (Osman & Marimuthu, 2010, S. 3741)

Die sich immer schneller verändernden äußeren Umstände erfordern ebenso eine schnelle Anpassungsgabe des Individuums. Diese wird unter anderem durch intra- und interpersonelle Kompetenzen gewährleistet. Zu den intrapersonellen Kompetenzen zählt beispielsweise das Selbst-Management, welches durch die Selbstregulation, Reflexion und Selbstwirksamkeit beeinflusst wird (Pellegrino & Hilton, 2012). Bei den interpersonellen Kompetenzen sind vor allem die Teamfähigkeit, eine effektive Kommunikation und Verantwortungsübernahme von Bedeutung.

Zusammenfassend müssen 21st century skills schließlich durch ein Vorgehen gefördert werden, welches den Lerner dazu auffordert, reale Probleme in der sozialen Interaktion zu lösen und komplexe Verbindungen über Fach- und Sprachgrenzen hinweg zu schließen. *Deeper Learning* ermöglicht genau diesen Transfer komplexer Fertigkeiten und Konzepte, indem durch die aktive Auseinandersetzung mit dem Gegenstand Inhalte verinnerlicht und mit dem Vorwissen vernetzt werden. Was sich genau hinter dem Begriff des vertieften Lernens verbirgt, wird im folgenden Kapitel näher erläutert.

2.1.2 Deeper Learning als Prozess zur Förderung der 21st Century Skills

2.1.2.1 Definition vertieften Lernens

Vertieftes Lernen ist in den Fokus zahlreicher Forschergruppen gerückt, weshalb sich zahlreiche Begrifflichkeiten, wie zum Beispiel *Deeper Learning* (Pellegrino & Hilton, 2012), *Lernen, das tiefer geht* (Schratz, 2017), *Learning in Depth* (Bräuer, 2009), oder das *verständnisintensive Lernen* von Fauser (2017) etabliert haben. Dieses Kapitel gibt einen Überblick, was vertieftes Lernen genau ist und durch welche Faktoren es beeinflusst und gefördert werden kann. Pellegrino und Hilton definieren Deeper Learning wie folgt:

We define ‘deeper learning’ as the process through which an individual becomes capable of taking what was learned in one situation and applying it to new situations (i.e., transfer). Through deeper learning (which often involves shared learning and interactions with others in a community), the individual develops expertise in a particular domain of knowledge and/ or performance [...]. The product of deeper learning is transferable knowledge, including content knowledge in a domain and knowledge of how, why, and when to apply this knowledge to answer questions and solve problems. [...] The competencies are structured around fundamental principles of the content area and their relationships rather than disparate, superficial facts or procedures. (Pellegrino & Hilton, 2012, S. 5–6)

Vertieftes Lernen weist folglich neben der kognitiven Seite des Transfers fachspezifischer Inhalte, Konzepte und Strategien mit Hilfe der Fachsprache auch eine soziale und emotionale Seite auf. Die soziale Komponente bezieht sich sowohl auf den Prozess des vertieften Lernens in der Interaktion mit anderen als auch auf das Produkt in Form der aktiven Teilhabe an modernen Wissensgesellschaften (Schartz, 2017). Liegt ein emotionales Wohlbefinden seitens der Lerner vor, so sind diese folglich eher bereit, weiterführende Fragen zu formulieren und diese mit Begeisterung und Neugierde „im Rahmen des Curriculums als auch darüber hinaus“ (Bräuer, 2017, S. 9) beantworten zu wollen. Neben der Motivation und dem Interesse, sich mit herausfordernden Aufgaben befassen zu wollen, weisen Schülerinnen und Schüler mit einem Deeper Learning Mindset ebenfalls Strategien zum eigenständigen und selbstregulierten Lösen komplexer Aufgaben auf. Bei aufkommenden Schwierigkeiten behalten sie aufgrund ihrer Selbstwirksamkeit den Glauben an sich und verharren an der Lösung des Problems.

2.1.2.2 Der Prozess des vertieften Lernens

Der Prozess des vertieften Lernens kann anhand der drei Internalisierungsphasen von Vygotsky (1981) veranschaulicht werden.

Materiale Phase

Innerhalb der materiellen Phase steht das grundlegende Verständnis des Konzeptes im Zentrum. Dieses kann anhand authentischer sachfachtypischer Handlungen in begreifender Art und Weise durch sogenannte *hands-on activities* (Klingauf, 2002) erreicht werden. Für die Chemie sind diese sachfachtypischen Handlungsweisen beispielsweise das Experiment, für die Geschichte das Interpretieren historischer Quellen und in der Geographie das Analysieren von Karten. Durch diese aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand werden Ereignisse sowohl im semantischen als auch im episodischen Gedächtnis gespeichert. Anstelle des Memorierens isolierter Fakten kommt es anhand dieser tiefgreifenden Erfahrungen oder Resonanzereignissen (Kahl, 2017) zu einer sinnhaften Integration neuer Inhalte in das bestehende Wissensnetzwerk. Für Bräuer (2009) ist dazu eine Verlangsamung des Unterrichtsgeschehens notwendig, damit die Einbettung exemplarischer Inhalte in einen größeren thematischen Zusammenhang, sowie das Andocken an und Hinterfragen von bekannten Inhalten möglich wird.

Neben dem kognitiven Aspekt des begreifenden Lernens bedarf es zudem einer emotionalen, interkulturellen und sozialen Eingebundenheit des Lerners. Nur so entstehen laut Bräuer (2009) „tiefe Spuren der Wahrnehmung“ und „intrinsisch motivierende Reize“ (Bräuer, 2009, S. 9), die das Vergessen bekannter Inhalte verhindern, sowie ein langfristiges eigenständiges Lernen mit Neugier ermöglichen. Auch für Schratz (2017) ist Lernen ein sehr intimer Prozess, bei dem oft Ängste,

Enttäuschungen, Fehler und Durststrecken überwunden werden müssen. Es ist deshalb wichtig, während des Lernprozesses an das Gelingen zu glauben, was durch eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung, intrinsische Motivation, Neugier, Interesse und einen Forschergeist positiv beeinflusst werden kann (Pellegrino & Hilton, 2012).

Verbale Phase

An das Begreifen des Sachverhaltes schließt sich in der verbalen Phase die Abstraktion des Konzeptes an, sodass auch in Abwesenheit des Gegenstandes über diesen gesprochen werden kann. Das geschieht entweder in der sozialen Interaktion mit Mitschülerinnen und Mitschülern, Experten, oder aber im inneren Selbstgespräch des Lerners. Durch das Versprachlichen erlangt der Lerner Kontrolle über das Konzept und stellt Verbindungen zwischen einzelnen Fakten her. Durch dieses Zusammenlegen einzelner Informationen in größere Päckchen, den sogenannten Chunks (DeKeyser, 2008), werden kognitive Ressourcen freigesetzt, die zum Lösen kreativer und kognitiv anspruchsvoller Aufgaben notwendig sind. Zum Schnüren dieser Päckchen während der verbalen Phase sind die Lerner dringend auf sprachliche Hilfestellungen angewiesen, um Inhalte schlüssig zu vernetzen, zu strukturieren und mit bereits Bekanntem in Verbindung zu setzen.

Mentale Phase

Die letzte Phase des Verstehensprozesses bildet die mentale Phase ab, während der der Transfer erlernter Konzepte auf unbekannte Problemsituationen stattfindet.

Das Produkt vertieften Lernens umfasst folglich jene metakognitiven Kompetenzen darüber, wie Wissen innerhalb einer Fachkultur generiert, versprachlicht und angewendet wird. Mit Hilfe von Sprache werden Konzepte gespeichert, Vorwissen und Erfahrungen aktiviert und neues Wissen in bestehende Netzwerke integriert (Fauser, 2017; Lantolf & Poehner, 2014; Vygotsky, 1981). „Handeln führt zum Sprechen über das Handeln und mündet im Begreifen seines Hintergrundes“ (Vogelezang, 2012, S. 16). Mit zunehmender Komplexität des Sachverhaltes vom konkreten Gegenstand hin zu einem abstrakten allgemeingültigen Phänomen steigt auch die Anforderung an die korrespondierende Sprachhandlung vom Beschreiben hin zum Argumentieren (Vogelezang, 2012). Das Verständnis der Aussage wird nur deshalb erreicht, da sich die Fachkulturen auf universal verständliche Bedeutungen geeinigt haben.

2.1.2.3 Möglichkeiten zur Förderung vertiefter Lernprozesse

Möchte man den Lerner auf dem Weg zu einem vertieften Verständnis der Inhalte begleiten, so ist es folglich notwendig, sowohl während der aktiven Phase geeignete Handlungsräume sachfachtypischer Aktivitäten und Begegnungen zu schaffen als auch die Verbalisierung dieser Erfahrungen entsprechend zu unterstützen. Des Weiteren müssen die Abstraktion und der Transfer erlernter Konzepte auf einen neuen Sachverhalt gefördert werden. Folglich muss sich auch die Aufgabenkultur im Unterricht und

während der Klausuren ändern, sodass vermehrt Wert auf das Transferdenken gelegt wird. Der Lern- und Entwicklungsprozess muss außerdem durch formatives Feedback unterstützt werden, anstelle lediglich den finalen Lernerfolg anhand summativen Feedbacks rückzumelden. Ziele müssen besonders in den kreativen und offenen Lernphasen transparent und situativ angemessen formuliert sein.

Handelt es sich um zentrale Konzepte die erarbeitet und erfahren werden sollen, so muss die Relevanz dieser herausgestellt werden, mustergültige Beispielantworten zur Verfügung gestellt werden sowie ein transparenter Erwartungshorizont anhand von Schülertexten kommuniziert werden (DuFour & DuFour, 2015). Zusammenfassend lassen sich die Anforderungen an Lernumgebungen zur Förderung vertiefter Lernprozesse wie folgt beschreiben:

Deeper learning must require educators, parents, and politicians to think and talk differently about the goals of education. We believe that this will necessitate transforming the educational process from a content-oriented, subject-centered, test-driven frame to a view of education being *dispositional* in nature. (Costa & Kallick, 2015, S. 56)

Mit *dispositional* meinen die Autoren bestimmte kognitive, metakognitive, selbstregulatorische und affektive Verhaltensmuster, die wie folgt zusammengefasst werden können:

- Persisting
- Managing Impulsivity
- Listening With Understanding and Empathy
- Thinking Flexibly
- Thinking About Your Thinking (Metacognition)
- Striving for Accuracy and Precision
- Questioning and Problem Posing
- Applying Past Knowledge to Novel Situations
- Thinking and Communicating With Clarity and Precision
- Gathering Data Through All Senses
- Creating, Imagining, and Innovating
- Responding With Wonderment and Awe
- Taking Responsible Risks
- Finding Humour
- Thinking Independently
- Remaining Open to Continuous Learning

(Costa & Kallick, 2015, S. 60–67)

Eine Möglichkeit zur Integration viele dieser genannten Aspekte ist der Ansatz originaler Begegnungen von Günther, Küpper und Weck (2018). Die Autoren verknüpfen sprachliches mit fachlichem Handeln, indem naturwissenschaftliche Phänomene am und mit dem eigenen Körper (wie das Frieren im kalten Schwimmbadwasser) erfahren und anschließend durch sachfachtypische Sprachstrukturen verbalisiert und abstrahiert werden. Anhand von kausalen „*Wenn..., dann..., weil...*“ Strukturen formulieren die Schülerinnen und Schüler Erklärungen wie: „*Wenn ich ins Wasser springe, dann wird mir schneller kalt als an der Luft, weil Wasser eine größere Wärmeleitfähigkeit hat und meinem Körper schnell viel Wärme entzieht*“. In diesen aktiven Phasen kann das eigene Vorwissen der Schülerinnen und Schüler eingebracht werden. Sie haben den Wasserwiderstand beim Schwimmen, oder das Ausrutschen auf nassen Fliesen bereits am eigenen Körper erfahren. Somit findet eine Aktivierung des episodischen und des semantischen Gedächtnisses statt (Greenberg & Verfaellie, 2010; Tulving, 2001): „*Ich kann mich daran erinnern, dass ich ... mal erlebt habe und ich kann es auch wie folgt beschreiben ...*“. In dieser ersten Phase der Begegnung sind zahlreiche Differenzierungsmöglichkeiten denkbar. Kinder können Bewegungen vormachen, auf Gegenstände zeigen oder Experimente durchführen.

Zusammenfassend sind die drei zentralen Merkmale der originalen Begegnung, dass den Schülerinnen und Schüler erstens zahlreiche Sprechansätze geboten werden und ihnen zur Verbalisierung derer zahlreiche Kommunikationswege zur Verfügung stehen. Zweitens geschieht das Verstehen des Sachverhaltes in der ihnen bekannten Alltagssprache. Erst nach dieser Begegnung findet die Übersetzung in die Fachsprache zur Abstraktion des Gelernten statt. Drittens dürfen die Schülerinnen und Schüler angstfrei an den eigens aufgestellten Fragen in der ihnen bekannten und für sie relevanten Lebenswelt forschen. All das wirkt sich positiv auf die Motivation und das Interesse der Lerner aus. Laut Günther et al. (2018) ist dies für Lernarrangements naturwissenschaftlicher Fächer nicht immer der Fall, sodass Einbußen affektiver Schülermerkmale während der Schullaufbahn die Folge sind.

Auch wenn das Potential dieses Ansatzes erkannt wird, so kommen einige organisatorische Bedenken auf, da zum einen die Exkursionstage der Schulen begrenzt sind und zum anderen besonders für die Chemie nicht alle Inhalte am und mit dem eigenen Körper erfahren werden können. Es muss folglich ein Ansatz gefunden werden, der die aktive Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt auch im Klassenzimmer ermöglicht. Damit die Inhalte dennoch interessant, motivierend und relevant für die Schüler sind, bietet es sich an, mit entsprechenden Kontexten zu arbeiten. Anstelle das Korrosionsproblem der Golden Gate Bridge im fernen Amerika zu besprechen, kann mit gleicher Erkenntnis das eigene Fahrrad im Regen thematisiert werden. Als zweiten Punkt fordern die Autoren, den Schülerinnen und Schülern sprachliche Hilfen zur Verfügung zu stellen. Simple „*Wenn..., dann..., weil...*“ Konstruktionen sind zentral und

unerlässlich, komplexe multikausale Erklärungen lassen sich damit aber nicht abbilden. Aus diesem Grund müssen neben den kontextualisierten, relevanten und ansprechenden Lernaufgaben auch Sprachhilfen geschaffen werden, die, wie der Sachverhalt auch, eine Progression aufweisen.

2.1.2.4 Das Resultat vertieften Lernens

Experte auf einem Fachgebiet zu sein bedeutet, über zahlreiche relevante Konzepte zu verfügen und aufgrund der tiefen und breiten Verflechtung dieser einen schnellen und flexiblen Zugang zu ihnen zu haben. Gebildete Kategorien basieren nicht mehr auf Oberflächenmerkmalen, Problemlösestrategien sind spezifisch und notwendige Prozeduren automatisiert. Der Weg vom Novizen zum Experten zeichnet sich außerdem durch ein immer größer werdendes Repertoire beherrschter Genres und Sprachmuster aus, um das Verstehen fachspezifischer Konzepte auf einem immer abstrakteren Niveau verbalisieren zu können (Meyer, O., Coyle, Halbach, Schuck & Ting, 2015). Experten sind zudem meist selbstwirksamer und haben eine positive Erfolgzuschreibung (Pellegrino & Hilton, 2012). Durch ihre veränderten Tiefenstrukturen erhöhen sie nicht nur die eigenen Handlungsoptionen, sondern verändern auch ihre eigene Weltbildstruktur (Schratz, 2017).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vertiefte Lernprozesse anhand mehrerer Lern- bzw. Internalisierungsphasen stattfinden. Sie werden durch die Fachsprache initiiert, sowie durch zahlreiche affektive Merkmale beeinflusst. Diese Einflussfaktoren sind deshalb sowohl bei der Unterrichtsplanung und Durchführung als auch bei der Kontrolle des Lernerfolgs zu beachten. Das sogenannte pluriliterale Lehr-Lern-Modell mit dem Ziel der Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität kann als Planungsinstrument zur Integration all dieser Aspekte dienen. Ziele ist es, Lernern langfristig bei der Ausbildung lebensnotwendigen 21st century skills zu verhelfen. Da dieses Modell die zentrale Grundlage der Arbeit darstellt erfolgt eine ausführliche Betrachtung der einzelnen Dimensionen in den nächsten Kapiteln.

2.1.3 Einführung des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells

Der von der Graz Group entwickelte Ansatz des pluriliteralen Lehrens und Lernens

[...] rückt die Entwicklung von Sachfachliteralität in mehr als einer Sprache in den Vordergrund. Sachfachliteralität ist die Fähigkeit, sich an komplexen Fachdiskursen zu beteiligen und Fachwissen über kulturelle und sprachliche Grenzen hinweg zu kommunizieren. Sie gilt als Schlüsselkompetenz für vertieftes Lernen und erfolgreichen Fähigkeits- und Wissenstransfer in der Wissensgesellschaft. (Meyer, O. & Imhof, 2017, S. 20)

Damit der Prozess des vertieften Lernens erfolgreich initiiert und langfristig aufrechterhalten werden kann, müssen sowohl die Vorerfahrungen, Neigungen und Interessen der Lerner, als auch die Lehrperson, die Fachinhalte und die Fachsprache in Betracht gezogen werden. Aus dieser Überlegung heraus besteht das pluriliterale Lehr-Lern-Modell aus den folgenden vier Lern- und Unterstützungsbereichen: die Fachsprache (Vertieftes Verständnis kommunizieren und anwenden), das Fachwissen (Fachwissen und Fertigkeiten aufbauen, Transfer und Problemlösen anbahnen), der Lerner und seine persönliche Entwicklung (Lern- und Leistungsbereitschaft erzeugen und erhalten), sowie der Lehrer, die Mitschülerinnen und Mitschüler und das methodisch-didaktische Vorgehen (Lern- und Reifeprozesse initiieren und begleiten). Jede dieser vier Kategorien besteht wiederum aus verschiedenen Teilaspekten, wie Abbildung 1 zu entnehmen ist.



Abbildung 1. Grundfläche des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells mit den vier zentralen Elementen vertiefter Lernprozesse (Meyer, O. & Imhof, 2017).

2.2 Die Rolle der Sprache im Rahmen vertiefter Lernprozesse

Bevor in den nächsten Kapiteln genauer auf die Fachsprache der Chemie genauer eingegangen wird, soll zunächst die Erkenntnis-fördernde und Erkenntnis-vermittelnde Funktion der Sprache im Allgemeinen betrachtet werden.

2.2.1 Die epistemische Funktion der Sprache

Der Prozess des Versprachlichens, welcher auch als *Languaging* (Swain, 2006) bezeichnet wird, ist eines der zentralsten Werkzeuge in jedem Lernprozess. Anhand der Integration neuer Inhalte in bestehende Wissensnetzwerke kommt es zur Umstrukturierung mentaler Modelle. Die dabei ablaufenden kognitiven Prozesse sind nicht direkt beobachtbar, sondern können nur durch die anschließende Versprachlichung des Verstandenen sichtbar gemacht werden. Sprache kann folglich als “primary evidence for learning” (Mohan, Leung & Slater, 2010, S. 221) bezeichnet werden. Damit dieser Prozess des Versprachlichens zielführend ist, müssen Begriffsbedeutungen zunächst ausgehandelt (Sumfleth, Emden & Özcan, 2013) und Vorstellungen standardisiert sein, um Sachverhalte exakt und unmissverständlich beschreiben zu können (Bresler, 2008). Schließlich kann auch umgekehrt von der Sprache auf das Verstehen geschlossen werden. Dies ist der Fall wenn ein Sachverhalt fachsprachlich korrekt wiedergegeben bzw. in die Alltagssprache rückübersetzt werden kann (Pfeifer, 2008).

Neben der Erkenntnis-vermittelnden Funktion hat Sprache auch noch eine Erkenntnis-fördernde Funktion, oder epistemische Funktion, indem sie kognitive Prozesse in Gang zu setzen vermag (Stäudel & Franke-Braun, 2006; Stäudel, Franke-Braun & Parchmann, 2008). Dieses Potential der Sprache, neues Wissen generieren zu können, wird auch als *meaning-making potential* (Byrnes, 2013; Mohan et al., 2010) oder *knowledge-constructing quality* (Ryshina-Pankova & Byrnes, 2013) bezeichnet. „Auf die Erreichung einer angemessenen Sprachkompetenz zu verzichten, hieße – auch für die naturwissenschaftlichen Fächer – das wichtigste Medium zum Wissenserwerb zu vernachlässigen“ (Vollmer, G., 1980). „Vertieftes Lernen ist damit untrennbar mit Fachkultur, Fachmethoden und -inhalten verbunden“ (Meyer, O. & Imhof, 2017, S. 20). Konkret ermöglicht die Sprache den Aufbau neuen Wissens aufgrund ihres strukturierenden Charakters (Dörner, 1976), welcher zur Neuorientierung mentaler Modelle notwendig ist (Vygotsky, 1975). Literalität ist deshalb weitaus mehr, als nur die Fähigkeit, Lesen und Schreiben zu können. Sie bedeutet darüber hinaus, Fachwissen tiefgründig zu verstehen, Wissen und Bedeutungen aushandeln und reflektieren zu können, sowie an fachwissenschaftlichen Diskursen teilzunehmen und seinen eigenen Standpunkt begründend verteidigen zu können (Beacco, Fleming & Goullier, 2016). Um in einen fachwissenschaftlichen Diskurs treten zu können sind folglich Begriffe und Vorstellungen der jeweiligen Fachkultur unerlässlich (Busch & Ralle, 2011; Markic & Abels, 2013), denn, auch wenn die Muttersprache die Sprache des Verstehens ist, so ist

es die Fachsprache die, die das Verstandene besiegelt (Wagenschein, 1970). Zur Fachsprache zählen neben typischen Fachbegriffen und Redewendungen auch die im Sachfach typischen Repräsentationsformen wie Diagramme, Gleichungen, Versuchsskizzen und Modelle.

Dem lernförderlichen Potential der Fachsprache steht allerdings gegenüber, dass sie sich zum einen zentral von der zu Hause gesprochenen Alltagssprache unterscheidet (Leisen, 2010; Rincke, 2010) und zum anderen nicht automatisch erlernen lässt (Byrnes, 2013). Deshalb bedarf es zahlreicher Hilfestellungen, die die während der Planung, Formulierung und Verbesserung geschriebener Texte ablaufenden Makroprozesse explizit machen (Lemke, 1993; Polias, 2016; Rose & Martin, 2012). Neben diesem expliziten Lehren der Genres legen (Pastille & Mantschew, 2013) auch besonderen Wert auf aktive mündliche und schriftliche Übungs- und Anwendungsphasen zur Förderung der kommunikativen Kompetenz.

Diese Förderung der Fachsprache ist dabei nicht im Sinne des reinen Einprägens von Fachbegriffen und typischen Formulierungen zu verstehen, sondern als *fachsprachengestütztes Konzeptlernen*, indem Lerner zum eigenständigen Versprachlichen von Konzepten in die Lage versetzt werden. Nur so kann der Aufbau ihres individuellen mentalen Modells und die Vernetzung neuer Wissens Elemente mit bereits vorhandenen Inhalten erfolgreich gelingen. Pellegrino und Hilton (2012) berichten von einem lernförderlichen Potential simultanen Fachsprachen- und Fachinhaltslernens. Schülerinnen und Schüler, die mit dem integrierten Vorgehen (*integrated science-literacy curriculum*) unterrichtet wurden, verzeichneten einen signifikant größeren Lernzuwachs naturwissenschaftlicher Konzepte, dem fachsprachlichem Vokabular, sowie dem Schreiben wissenschaftlicher Texte, als diejenigen Schülerinnen und Schüler, die mit Material unterrichtet wurden, welches die Förderung der Fachsprache und des Fachwissens getrennt vorsah. Zusätzlich entwickelten die erstgenannten Schülerinnen und Schüler intrapersonelle und metakognitive Kompetenzen, sowie eine positive Haltung gegenüber des Lerngegenstandes (vgl. Pellegrino & Hilton, 2012, S. 7)

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Fachsprache zum einen notwendige Voraussetzung zum Fachlernen ist, zum anderen aber Studien wie TIMSS oder PISA (Baumert, 2001) bestätigen, dass Schülerinnen und Schüler diesbezüglich große Defizite aufweisen. Erschwerend kommt hinzu, dass es an Material und Unterrichtsansätzen mangelt, diese Defizite gezielt und langfristig abzubauen. Aus diesem Grund soll die vorliegende Arbeit durch die Entwicklung und Evaluation entsprechender Materialien einen Beitrag leisten, Lerner dazu zu befähigen, eigenständig Verbindungen zwischen dem Wissens- und dem Kommunikationskontinuum herstellen zu können. Dazu müssen sie sowohl Fachwissen internalisieren, als auch relevante Fertigkeiten und Strategien automatisieren und diese zur Initiierung und Reflexion von Lernepisoden anwenden können (vgl. Meyer, O. & Imhof, 2017). Des Weiteren muss ein Verständnis dafür

geschaffen werden, dass Fachsprache sowohl das Mittel zum Erreichen von Lernzielen als auch das Lernziel selbst darstellt (Stäudel & Franke-Braun, 2006). Aus diesem Grund muss mehr Lernzeit zur Schulung dieser bereitgestellt werden (Leisen, 2015).

Da die Fachsprache, bzw. Scientific Literacy, solch eine zentrale Rolle im Lernprozess spielt, soll im Folgenden genauer auf ihr lernförderliches Potential eingegangen werden.

2.2.2 Die Notwendigkeit einer Scientific Literacy

Scientific Literacy, oder naturwissenschaftliche Grundbildung, gewinnt an immer größerer Bedeutung (Franke-Braun & Stäudel, 2008). Sie ist sowohl notwendig, um sich in Studium und Beruf erfolgreich integrieren zu können (Nashan & Parchmann, 2008), als auch fundamental für die Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft, sowie das Leben des Einzelnen darin (Stäudel et al., 2008). In den nationalen Bildungsstandards Chemie werden deshalb explizit Kompetenzen zur Kommunikation „für einen fachbezogenen Informationsaustausch auf der Basis einer sachgemäßen Verknüpfung an Alltags- und Fachsprache“ gefordert (KMK, 2005). Zu diesen Kompetenzen zählen unter anderem das eigenständige Recherchieren, kritische Reflektieren, sowie das Erklären chemischer Sachverhalte unter Verwendung korrekter Fachsprache, Modelle und Darstellungsformen. Darüber hinaus ist ein Zusammenhang zwischen chemischen Konzepten und Phänomenen aus dem Alltag herzustellen. Zur experimentellen Überprüfung entsprechender Forschungsfragen wird die Planungs- und Strukturierungsfähigkeit, sowie das Protokollieren, Präsentieren und begründende Argumentieren eigener Standpunkte nach dem Experimentieren gefordert.

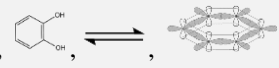
Schülerinnen und Schüler müssen demnach lernen, so zu denken, zu sprechen und zu handeln wie es ein Chemiker tut. Dieser Zusammenhang von und Wechsel zwischen fachspezifischem Handeln, der dazu notwendigen Fach- oder Arbeitssprache, sowie geeigneten Repräsentationsformen kann nur im entsprechenden Fachunterricht gelehrt werden, weshalb Gillis (2014) den Fachlehrer auch als "teacher of *discipline appropriate literacy practices*" (ebd., S. 621) bezeichnet. Primäres Ziel der Scientific Literacy Förderung ist es folglich, alle relevanten Lern- und Arbeitsstrategien im Werkzeugkasten der naturwissenschaftlichen Grundbildung zur Verfügung zu stellen, um den Lerner zur Anschlusskommunikation (Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002) im Sinne kognitiv herausfordernder Diskursfunktionen wie dem Evaluieren oder Reflektieren zu befähigen.

Demgegenüber stehen jedoch ernüchternde Ergebnisse mittelmäßiger Kompetenzen deutscher Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich, wie zum Beispiel bei PISA 2000 (Baumert, 2001). Im Folgenden soll deshalb nach einer kurzen Einführung in die chemische Fachsprache auf Probleme und Herausforderungen der Fachsprachenförderung im Unterricht eingegangen, sowie einige Methoden zur Förderung dieser vorgestellt, werden.

2.2.2.1 Merkmale der chemischen Fachsprache

Die naturwissenschaftliche Sprache der Chemie ist Teil der Gesamtsprache, die sich durch syntaktische und morphologische Besonderheiten auszeichnet (Leisen, 2010; Özcan, 2012; Rautenstrauch, 2017; Rincke, 2010). Zu diesen Besonderheiten zählen unter anderem der Nominalstil, Passivkonstruktionen, Fachbegriffe, diskontinuierliche Texte sowie die Symbol- und Formelsprache. Tabelle 1 verdeutlicht anhand zentraler Beispiele Merkmale der chemischen Fachsprache auf Wort-, Satz- und Textebene.

Tabelle 1
Merkmale und Beispiele syntaktischer und morphologischer Besonderheiten der chemischen Fachsprache auf Wort-, Satz- und Textebene nach Rincke (2010, S. 238), Rautenstrauch (2017, S. 20) und (Markic & Abels, 2013)

Sprach-ebene	Besonderheiten	Beispiele
Wort-ebene	Komposita mit Ziffern, Buchstaben oder Sonderzeichen	α -Hydroxycarbonsäuren, S_N1 -Reaktion, σ -Bindung, π -Elektronensystem
	Wortbildungen mit Eigennamen	Bohrsches Atommodell, Lewis-Base, Erlenmeyerkolben, Boltzmannverteilung
	Nominalisierungen	Messen, Durchführen
	Fachbegriffe	Exsikkator, Isotop, Erdalkalimetall
	Mehrwortkomplexe	U-Rohr mit Fritte, Kolbenprober mit Hahn
	Formel- und Symbolsprache	$H_5C_2-O-C_2H_5$,  , $R^1-O^- + R^2-X \xrightarrow{(S_N2)} R^1-O-R^2 + X^-$
	fachspezifische Akronyme	PSE, GHS, RGT, NMR
	Trivialnamen	Ameisensäure, Lachgas, Plus-Minus-Ether
	Alltagsbegriffe mit divergierender Konnotation	Stoff, Periode, Lösung, Niederschlag, Teilchen
	Adjektive mit Endsilben (-haltig, -reich, -arm, -los)	säurehaltig, sauerstoffreich, sauerstoffarm, farblos
	Adjektive mit Präfix (nicht, anti-, mono-)	nichtleitend, antistatisch, monomolekular
	Partizipien	oxidierend, neutralisierend
	Trennbare Verben	abreagieren, zuführen, einleiten
	Reflexive Verben	sich verbinden, sich verändern, sich verfärben
Verben mit Präpositionen	reagieren zu, verbinden mit, resublimieren an	
Satz-ebene	Passivkonstruktionen	Die Reaktion wurde unterbunden.
	Unpersönliche Formulierungen	3 g Schwefel werden abgewogen und in das Reagenzglas gegeben.
	Lange Satzkonstruktionen mit Nebensätzen (bevorzugt Konditional-, Final- und Relativsätze)	Um herauszufinden, inwiefern die Luftzufuhr Verbrennungsvorgänge beeinflusst, die durch Sauerstoff, Brennstoff und die Entzündungstemperatur hervorgerufen werden, wird im Folgenden der Einfluss der Bunsenbrennerflamme untersucht.
Text-ebene	Pronominale Bezüge	Der Bunsenbrenner erhitzt die Flüssigkeit. Diese beginnt zu sieden.
	Tempus	Es werden 5 g Eisenoxid hinzugegeben. Die Substanz verfärbte sich blauschwarz. Oxidation bedeutet Elektronenabgabe.
	Genrestrukturen	Versuchsprotokoll, kausale Erklärungen

2.2.2.2 Probleme und Herausforderungen im Umgang mit der chemischen Fachsprache

Das Fach Chemie wird oft als schwierig, komplex, abstrakt und fern der eigenen Lebenswelt angesehen, aber dabei ist Chemie überall in und um uns herum. Nicht die fachlichen Inhalte an sich, sondern ein Nicht-Verstehen der Fachsprache und Zeichensysteme ist oftmals der Grund für diese Ansicht (Nashan & Parchmann, 2008; Parchmann & Venke, 2008; Vollmer, G., 1980). Welche Probleme und Herausforderungen sich aus der teils sehr abstrakten, unregelmäßig motivierten und kontextuell abhängigen Fachsprache auf kognitiver, affektiver, sozialer und pädagogisch-didaktischer Sicht ergeben, wird im Folgenden aufgezeigt.

Probleme und Herausforderungen pädagogisch-didaktischer Art

In dem als „eher sprachfern“ bezeichneten naturwissenschaftlichen Unterricht (Franke-Braun & Stäudel, 2008) werden paradoxer Weise durchschnittlich neun neue Worte pro Unterrichtsstunde eingeführt und in einem Chemiebuch der Mittelstufe befinden sich 1500 – 2500 Fachbegriffe. In den Texten ist damit jedes 25. Wort ein neuer Fachbegriff (Stäudel et al., 2008). Oftmals übersteigt die Anzahl neu eingeführter Begriffe sogar die aus dem Englischunterricht, weshalb Methoden zur Sprachförderung unerlässlich sind (Bresler, 2008). Diese Sprachfördermaßnahmen unterscheiden sich maßgeblich von denen des Fremdsprachenunterrichtes, da Methoden der Eins-zu-eins-Übersetzung beispielsweise nicht zielführend sind. Bei Begriffen wie *reduzieren* oder *Ladung* geht es darum, sie von ihrer alltäglichen Bedeutung zu lösen (Vogelezang, 2012), um ihnen durch die aktive und bewusste Auseinandersetzung mit dem Gegenstand unter Verwendung relevanter Basiskonzepte neue Bedeutungen zuzuschreiben (Meloefski, 2007; Stäudel et al., 2008). Dies gelingt allerdings nur, wenn die entsprechende Fachsprache dem Entwicklungs- und Erfahrungsstand der Lerner angemessen ist und an konkreten Inhalten eingeführt wird. Besonders schwierig ist das Prägen abstrakter Begriffe wie *Energie* (Stäudel & Franke-Braun, 2006), da im Experiment nur die Folgen, wie eine Temperaturerhöhung oder Beschleunigung der Reaktionsgeschwindigkeit, direkt beobachtbar sind.

Zu Ungunsten der Lerner werden diese neuen Fachbegriffe allerdings meist nur ein einziges Mal verwendet, weder entsprechend definiert noch verständnisfördernd in den Kontext eingebunden. Die Konsequenz ist, dass Fehlvorstellungen entstehen (Pfeifer, 2008) und durch die Verwendung der Fachsprache nicht das Maß an Denk- und Lernleistungen erreicht werden kann, was bei richtiger Handhabung der Sprache hätte erreicht werden können (Vollmer, G., 1980). Da Sprache allerdings das „wichtigste Medium zum Wissenserwerb“ (Vollmer, G., 1980) ist, muss “[e]ine Schulchemie, die zur Lebensbewältigung beitragen will, [...] solche Begriffe und deren Umfeld kognitiv verfügbar machen“ (Vollmer, G., 1980). Stattdessen werden sie simultan zu neuen Fachinhalten eingeführt (Markic & Abels, 2013), die an sich den Lerner schon kognitiv

überlasten können. So entstehen leere Worthülsen und Scheinwissen (Vollmer, G., 1980), sowie eine nachlassende Motivation (Heuer & Parchmann, 2008) als Resultat einer verfrühten Verwendung der Fachsprache. Aufgrund des spiralcurricularen Wissenserwerbs hat dies nicht nur Auswirkungen auf die momentan zu erlernenden Fachinhalte, sondern auch auf darauf aufbauende Themen, wie es zum Beispiel bei den Redox-Reaktionen der Fall ist. Die Problematik einer verfrühten Einführung der Fachsprache ist dabei auf den jeweiligen Verstehensprozess und nicht das Alter des Lerners bezogen. Das bedeutet, dass selbst Schülerinnen und Schüler des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts schon mit Fachbegriffen umgehen können, sofern sie ihrem Abstraktionsniveau entsprechen. Anhand einiger Studien konnte bereits gezeigt werden, dass die Förderung sachfachspezifischer Sprachhandlungen bereits im Grundschulalter bzw. naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Orientierungsstufe Erfolge erzielt hat (Gillis, 2014; Pellegrino & Hilton, 2012).

Probleme und Herausforderungen affektiver Art

Einen Einfluss auf wichtige affektive Merkmale, die beim Lernen eine Rolle spielen, hat die chemische Fachsprache in dreierlei Hinsicht. Ihr Einfluss bezieht sich erstens auf das eingeschränkte Interesse, sich überhaupt mit chemischen Fachtexten beschäftigen zu wollen, zweitens auf das Aufrechterhalten der Motivation während der teils schleppenden Unterrichtsphasen und drittens, auf das Glauben an die eigene Kompetenz, um trotz ausbleibenden Lernerfolgs selbstreguliert neue Inhalte lernen zu können und zu wollen. Im Folgenden werden diese Bereiche genauer erläutert und Anregungen zur Unterrichtspraxis angefügt, um diesem Dilemma entkommen zu können.

Die Abneigung gegenüber chemischen Fachtexten liegt in ihrem vornehmlich entanthromorphisierten Stil (Vollmer, G., 1980) begründet. Zahlreiche Passivkonstruktionen, unpersönliche Formulierungen und emotionsfreie Darstellungen, sowie abstrakte mathematische Gleichungen wirken sich negativ auf den Affekt aus. Konkrete Anknüpfungspunkte an die Lebenswelt des Lesers, Gefühlsäußerungen und Geschichten hinter zentralen Entdeckungen sind Mangelware. Kuriose Entwicklungsgeschichten, wie die der Droge LSD, die durch unsauberes Arbeiten im Labor entstand, oder die des abnehmbaren Klebezettels, der einst ein neuer Superkleber werden sollte, können ganze Unterrichtseinheiten einbetten. Geschichten könnten Schülerinnen und Schülern auch während der nicht auf Antrieb funktionierenden Experimente eine höhere Frustrationstoleranz verschaffen, da sie zuvor gelernt hätten, dass der suggerierte lineare Verlauf der Forschung nicht der Realität entspricht (Nashan & Parchmann, 2008). Leider werden diese „Motivationsquellen“ (Vollmer, G., 1980, S. 19) aber viel zu selten im Unterricht genutzt.

So wie Wissenschaftler könnten sowohl Lehrerinnen und Lehrer ihre eigene Faszination für die Wissenschaft und ihre persönlichen Erfahrungen mit dieser weitergeben als auch Schülerinnen und Schüler selbst zu Autoren werden. Indem sie ihre Erfahrungen und Ergebnisse während des sogenannten *Storytellings* (Lück, 2008) festhalten und weitergeben, erfahren sie ein Gefühl der Kompetenz und Wertschätzung. Zur Verdeutlichung des Storytellings soll als Beispiel die Bildung und Reduktion von Eisenoxid angefügt werden. Diese kann entweder als abstrakte Reaktionsgleichung, oder aber als Geschichte, wie in Abbildung 2 verdeutlicht, aus der Sicht reagierender Substanzen erzählt werden. So entstehen neben den sprachlichen und symbolischen Ausdrücken zusätzlich Bilder im Kopf der Schülerinnen und Schüler, „mit deren Hilfe das noch nicht Benennbare Gestalt bekommt und dann durch eine fachsprachliche Interpretation weiterbearbeitet werden kann“ (Stäudel & Franke-Braun, 2006, S. 61). Durch dieses „Kopfkino“, wie es Fauser (2017, S. 14) bezeichnet, werden Gefühle und Vorerfahrungen aktiviert, die das Lernen zu einem ganzheitlichen Erleben werden lassen. Dies führt folglich zu einem vertieftem Verständnis der Fachinhalte (Fauser, 2017).

Eines Tages lag das kleine Eisen in seinem silbernen Mäntelchen (Fe) im Gras und starrte in den Himmel. Es wollte mit niemandem spielen (stabiler Feststoff). Als der flinke Sauerstoff in transparenter Tarnkleidung (O₂ als farbloses Gas) plötzlich hinter der dicken Regenwolke hervorkam (H₂O), verliebten sie sich (Oxidation) und wurden ganz rot ($x \text{ FeO} * y \text{ Fe}_2\text{O}_3 * \text{H}_2\text{O}$). Das Pärchen war so glücklich, dass es sich nie wieder losließ, bis eines Tages die böse schwarze Hexe namens Kohlenstoffia (Reduktionsmittel) vorbeikam und die beiden mit aller Kraft auseinanderriss (Reduktion). Gemeinsam mit dem Sauerstoff verschwand sie in die höchsten Lüfte und war nicht mehr zu sehen (Entwicklung des farblosen Gases CO).

Abbildung 2. Beispiel zum Storytelling: Bildung und Reduktion von Eisenoxid aus Sicht reagierender Substanzen.

Kinder haben einen angeborenen Forscherdrang. Mit Hilfe von Warum-Fragen versuchen sie sich die Welt um sie herum zu erklären (Lück, 2008). Dieses lernförderliche Potential gilt es durch geeignete Experimente (Odora, 2014) auch für Jugendliche aufrecht zu erhalten, was im Schulunterricht allerdings nicht immer der Fall zu sein scheint. Das teils geringe Interesse liegt darin begründet, dass der Sinn des Experimentes nicht ersichtlich wird (Hesse, 2008), Hemmungen bestehen, oder die Gruppenaufteilung nur einige Akteure erfordert, sodass sich andere zurückziehen. Besteht keine konkrete Forschungsfrage, kann es vorkommen, dass die Versuchsdurchführung als unreflektiertes Kochrezept missbraucht bzw. ganz wahllos alles zusammenschüttet wird. Aus sprachlicher Sicht sollte das Potential des Experiments dahingehend gefördert werden, dass notwendige Fachbegriffe und Konzepte vorher eingeführt, sowie durch Pre-experimenting Tasks aktiviert werden, denn es wird nur das beobachtet, worauf zuvor die Aufmerksamkeit gerichtet wurde. Aussagen wie: „Ach so, wir wussten gar nicht, dass das über dem Reagenzglas auch noch dazu gehört“ (vgl. Vollmer, G., 1980) würden folglich vermieden.

Probleme und Herausforderungen „gesellschaftlicher“ Art

Aussagen wie „*Mineralwasser mit viel Natrium und Magnesium*“ oder „*Eisen ist wichtig für den menschlichen Körper und färbt das menschliche Blut rot*“ können schnell zu Fehlvorstellungen führen. Problematisch an diesen Aussagen ist, dass verschiedene Repräsentationsebenen der Stoffe und ihrer Eigenschaften gleichgesetzt wurden (Barke, 2012). Lebensmittelbezeichnungen mit dem Zusatz „*ohne Chemie*“ sind problematisch, da sie dem Verbraucher vorgaukeln, gesund zu sein. Im Umkehrschluss entsteht der Eindruck, alles „mit Chemie“ sei gefährlich, ungesund und umweltschädlich. Chemie, als die Wissenschaft der Stoffe, ihrer Eigenschaften und Reaktionen, ist überall in und um uns herum zu finden und wie es Rohwetter (2012) humorvoll auf die Spitze treibt, gäbe es ohne Chemie auch keine *chemiefreien Lebensmittel*. Auch wenn Chemie folglich nicht nur in abgeschotteten Laboren stattfindet und man sich ihr nicht entziehen kann, scheint der Zugang zu der als abstrakt und lebensfern empfundenen Wissenschaft einigen Personen verwehrt. Dem kann beispielsweise durch das Anknüpfen an Alltagserfahrungen entgegengewirkt werden (Hesse, 2008). Experimentieren Schülerinnen und Schüler mit Haushaltschemikalien wie Shampoo, Zitronensaft oder Cola, lernen sie Phänomene aus dem Alltag mit den Augen eines Chemikers zu beachten. Außerdem können die dazu bereits gemachten Erfahrungen und Vorkenntnisse aus dem Alltag den Lernerfolg erheblich verbessern. Anstelle der Aufgabenstellung „*Untersuche die hygroskopische Wirkung von Natriumhydroxid*“ erscheinen Fragen wie „*Warum brennt Shampoo in den Augen?*“ oder „*Warum schäumt Badesalz, wenn es in die Wanne gegeben wird?*“ um einiges relevanter und lebensnäher.

2.2.2.3 Methoden zur Förderung der Sachfachliterarität

Aus den in den vorherigen Kapiteln angesprochenen Besonderheiten der chemischen Fachsprache, sowie den daraus resultierenden Problemen und Herausforderungen im Umgang mit dieser, sollen nun entsprechende Methoden zur Förderung fachspezifischer Sprech-, Denk- und Handlungsweisen erläutert werden.

Vergrößerung des Fachwortschatzes und Aufbau von Begriffsbedeutungen

Aufgrund der besonderen Merkmale der chemischen Fachsprache wird ihr ein gewisser Verfremdungseffekt zugesprochen. Nichtsdestotrotz, oder gerade wegen dieses Verfremdungseffektes, ist es aber möglich, entsprechende Sprachunterschiede explizit zu machen und die Schülerinnen und Schüler aufzufordern, so zu sprechen wie ein Chemiker. Das Hineinversetzen in die Rolle eines Chemikers kann beispielsweise durch das Anziehen von Laborbekleidung unterstützt werden. Für die Fachsprachenförderung können dazu teils Methoden aus der Fremdsprachendidaktik, wie Vokabellisten, Beispiel- oder Merksätze verwendet werden.

Zum Erarbeiten neuer Begriffe und dem Einordnen dieser in das bestehende mentale Modell lohnt es sich, Concept Maps zu erstellen. „Hier zeigt sich, dass symbolische Darstellungen und nicht-lineare visuelle Prozesse notwendig sind, um Informationen aufeinander zu beziehen und so ‚higher order thinking skills‘ zu fördern“ (Dunker et al., 2008, S. 30). Concept Maps können sowohl als Wissen generierendes und Wissen strukturierendes Werkzeug im Laufe der Unterrichtsreihe immer weiterentwickelt werden, als auch als diagnostisches Instrument zur Ermittlung des Fachwissens und der Fehlkonzepte verwendet werden. Beim Erstellen von Concept Maps ist darauf zu achten, dass neben typischen Eigenschaften und chemischen Reaktionen von Elementgruppen immer auch auf Ausnahmen eingegangen wird. So könnten in einer Concept Map zu Metallen beispielsweise die aus dem Alltag bekannten Eigenschaften hart, glänzend und edel aufgeführt werden. Was ist aber mit Elementen wie Kalium oder Quecksilber? Kalium explodiert beispielsweise in Wasser und Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig. Diese könnten farblich als Ausnahmen im Wissensnetzwerk hervorgehoben werden. Mithilfe digitaler Medien können einerseits Bilder, Videos, Audiodateien und Links hinzugefügt werden, andererseits ermöglichen diese das gemeinsame Arbeiten mehrerer Lerner an einem Projekt.

Weitere Möglichkeiten zur Förderung von Fachbegriffen sind zum Beispiel Lückentexte (Markic & Abels, 2013), Wortlisten, Testpuzzles, Satzmuster und Wortgeländer (Nahrgang, 2003), Memory, Domino und Mindmaps (Stäudel, 2006), sowie Wortassoziationen (Busch & Ralle, 2011). Anhand von Wortassoziationen kann überprüft werden, inwiefern der Fachbegriff für die Schülerinnen und Schüler entweder fach- oder alltagssprachlich geprägt ist. So wurden in der Studie von Busch und Ralle (2011) beispielsweise zu dem Begriff *Rost* elf Automarken genannt, was auf eine alltägliche Verwendung des Begriffs hindeutet. Bringt die Verwendung von Synonymen einen Mehrwert im Verstehensprozess, so sind diese zu verwenden, wie bei *optischer Isometrie* und *Spiegelbildisomerie* oder *Orbital* und *Elektronenwolke* (Vollmer, G., 1980). Die Motivation einzelner Begriffe zu diskutieren muss von Fall zu Fall entschieden werden. Bei dem Begriff *Niederschlag* kann beispielsweise nicht von den Bedeutungen der Begriffe *nieder* und *Schlag* auf die Erscheinung im chemischen Sinne geschlossen werden.

Übersetzungsaufgaben zum Wechsel der Darstellungsformen

Anders als in der Fremdsprachendidaktik handelt es sich bei Übersetzungsaufgaben der Chemie nicht um einen Wechsel zwischen zwei verschiedenen Sprachen, sondern ist damit der Wechsel von einer Darstellungsform in eine andere gemeint. Durch das Umorganisieren und Verdichten von Informationen kann neues Wissen generiert werden. So kann beispielsweise durch das Übersetzen experimenteller Daten zur Titration aus einer Tabelle in eine graphische Darstellung der Äquivalenzpunkt bestimmt werden, was

anhand des Betrachtens isolierter Werte nicht möglich gewesen wäre. Dabei ist zu beachten, dass neben der Kenntnis über verschiedene Darstellungsformen, auch ihr jeweiliger Verwendungszweck bekannt sein, sowie die jeweilige „Grammatik“ beherrscht werden muss (Stäudel, 2008). Es bieten sich vielfältige Aufgabenkulturen an, wie das Beschriften von Skizzen, Beschreiben chemischer Vorgänge, Aufstellen von Formelgleichungen, Formulieren von Versuchsvorschriften oder das Arbeiten mit Archiven.

Werden Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert, ihre Versuchsergebnisse graphisch darzustellen, bietet es sich an, die Aufgabenstellung entsprechend der bei einem Experten ablaufenden kognitiven Prozesse zu unterteilen, die bei einem Anfänger noch nicht automatisch ablaufen. Anstelle der Formulierung „*Beschreibe den Versuchsaufbau*“, die eine Vielzahl an simultan ablaufenden kognitiven Prozessen erfordert, müssen vor das Formulieren des endgültigen Fließtextes Aufgaben vorgeschaltet werden, die das Verstehen fördern, von der Verbalisierung des Verstandenen aber zunächst getrennt sind. Verständnisfragen wie „*Was bedeuten Reaktionspfeile, die in beide Richtungen zeigen?*“ oder „*Welche Funktion erfüllt der Dreivegehahn in der Versuchsanordnung?*“ regen vertiefte Denkprozesse an und können die Aufmerksamkeit auf zentrale Beobachtungen in der folgenden Experimentierphase lenken (Vollmer, G., 1980). Eine weitere sehr zeiteffiziente Methode zum Wechsel der Darstellungsformen ist das Spiel „Stille Post“ (Stäudel, 2008), während dem eine Substanz in verschiedene Darstellungsformen (z.B. Stoffname, Strukturformel, Modell oder Trivialname) übersetzt werden muss. Ziel ist es, dass die resultierende Darstellungsform inhaltlich mit der ursprünglichen übereinstimmt. Durch das wiederholte Umwälzen der Inhalte in verschiedenen Darstellungsformen werden diese neu strukturiert und stehen schließlich langfristig und flexibel zum Lösen komplexer Probleme zur Verfügung.

Anwendung der Fachsprache in der spontanen Kommunikation

Neben der Einführung von Fachbegriffen und der Übersetzung dieser in verschiedene Darstellungsformen ist es ebenso zentral, Fachbegriffe auch in der mehr oder weniger spontanen Kommunikation anzuwenden. Erst wenn die Begriffe aktiv und sinnstiftend in verschiedenen Kontexten und auf unterschiedlichen Komplexitätsniveaus verwendet werden können, sind sie wirklich verstanden (Wagenschein, 1970). Im Folgenden werden diesbezüglich einige sprachhandlungsaktivierende Methoden vorgestellt.

Generell fördern kollaborative Arbeitsformen neben der Fachsprache und den Fachinhalten auch soziale Kompetenzen und initiieren kommunikative und interaktive Prozesse (Franke-Braun & Stäudel, 2008). Sie machen Denkprozesse für den Lerner und seine Gruppe sichtbar, regen aufgrund unterschiedlichen Vorwissens zu kognitiven Konflikten an und ermöglichen aufgrund des Pools an Ideen verschiedene Problemlöseansätze. Folglich stehen sie mit den sozial-konstruktivistischen Theorien von

Piaget und Vygotsky in Einklang (Franke-Braun & Stäudel, 2008). So führen unterschiedliche Formulierungen eines Sachverhaltes dazu, dass das eigene Wissen hinterfragt und durch die Klärung auftretender kognitiver Konflikte vertieft wird. Die zuvor angesprochenen Ein-Wort Antworten des herkömmlich fragend-entwickelnden Chemieunterrichts (Leisen, 2005) sind innerhalb dieser Methode nicht möglich. Aufgrund minimaler Intervention der Lehrkraft werden außerdem selbstregulative und metakognitive Kompetenzen innerhalb der Gruppenarbeitsphasen gestärkt (Franke-Braun, 2008). Damit sich alle Lerner am Problemlösungsprozess gleichermaßen beteiligen können, empfiehlt Hesse (2008) Aufgaben mit gestuften Hilfestellungen anzubieten, auf die die Lerner selbstständig zugreifen können.

2.2.2.4 Zusammenfassung und Fazit des Kapitels der Scientific Literacy

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass Scientific Literacy als Teil der Digital Age Literacy für jedes Fach spezifisch ist und auch nur dort vermittelt werden kann. Erfolgt dies in allen Schulfächern, so wird der Lerner befähigt, mit Hilfe des Konglomerats aus verschiedenen Sachfachlitalitäten komplexe fachübergreifende Probleme zu lösen und kreative Innovationen zu ermöglichen. Die chemische Fachsprache wird aufgrund ihres teils sehr abstrakten und alltagsfernen Erscheinungsbildes auch als Fremdsprache bezeichnet. Trotz des lernförderlichen Potentials der chemischen Fachsprache stellt der Kompetenzbereich Kommunikation in den Naturwissenschaften allerdings noch ein Entwicklungsbereich dar (Stäudel & Franke-Braun, 2006). Es muss folglich ein Mittelweg zwischen der Alltagssprache und der Fachsprache gefunden werden, damit zum einen das Verstehen ermöglicht, und zum anderen aber auch das Vertiefen des Verstandenen gefördert werden kann. Da für die Chemie Erklärungen einen ganz besonderen Beitrag zum Erreichen der Scientific Literacy leisten, wird im folgenden Kapitel ausführlich auf Besonderheiten dieser Diskursfunktion und Möglichkeiten zur Förderung kausaler Erklärungen eingegangen.

2.2.3 Kognitive Diskursfunktionen als Motor vertieften Lernens

2.2.3.1 Allgemeine Beschreibung kognitiver Diskursfunktionen

Als „curriculares Bindeglied zwischen fachbezogenen Inhalten, kognitiven Operationen und sprachlicher Realisierung“ (Zydati, 2005b, S. 162) eignen sich kognitive Diskursfunktionen sowohl zum Aufbau der Sachfachlitalität als auch der Förderung vertiefter Lernprozesse. Ihr lernförderliches Potential liegt darin begründet, dass sie zugleich den Aufbau komplexer Fachinhalte *und* die Verbalisierung des Verständnisses darüber ermöglichen. Neben der Konstruktion und Kommunikation von Fachwissen erlauben kognitive Diskursfunktionen die Bewertung des erreichten Fachwissens, indem sie kognitive Prozesse sichtbar und für andere zugänglich machen (Dalton-Puffer, 2013).

[...] CDFs sind Muster, die aus den wiederkehrenden Anforderungen entstehen, welche der Umgang mit Wissensinhalten zum Zweck des Lernens, Darstellens oder Sich-darüber-Verständigens mit sich bringen. Sie bieten den an der fachbezogenen Kommunikation Teilnehmenden Muster und Schemata diskursiver, lexikalischer und grammatikalischer Natur, die es ihnen erleichtern, mit Standardsituationen umzugehen, in denen Wissen aufgebaut und intersubjektiv zugänglich gemacht werden soll. (Dalton-Puffer, 2015, S. 120)

Theoretisch fundiert ist das Konstrukt kognitiver Diskursfunktionen in der soziokulturellen Theorie, der funktionalen Linguistik und dem Genre-Ansatz (Zydati, 2005b). Als Teil des Sozialisierungsprozesses vollzieht sich der Spracherwerb in der sozialen Interaktion, wobei Bedeutungen im situativen Kontext zweck- und adressatenorientiert ausgehandelt werden. Das bedeutet, dass Begriffen in unterschiedlichen „discourse communities“ (Zydati, 2005b, S. 161) abweichende Bedeutungen zugeschrieben werden und manche Genres prototypischer sind als andere. Allgemein lassen sich kognitive Prozesse durch eine der folgenden sieben Kategorien strukturieren: Classify, Define, Describe, Evaluate, Explain, Explore, Report (Dalton-Puffer, 2018, S. 5).

Bei der Betrachtung der vier Handlungsdimensionen zur Wissenskonstruktion und -konstruktion (Handeln, Organisieren, Erklären und Argumentieren) wird erstichtlich, dass diese mit zentralen Diskursfunktionen korrespondieren und durch sie unterstützt werden können. Zu Beginn wird ein Experiment aktiv durchgeführt, Messwerte klassifiziert und Beobachtungen organisiert. Um aus diesen einzelnen Daten Erkenntnisse generieren zu können, müssen sie in einen größeren Sinnzusammenhang gebracht werden. Das gelingt, indem implizite Verbindungen zwischen einzelnen Aspekten mit Hilfe einer Erklärung explizit gemacht werden. Damit der Erkenntnisgewinn nicht auf einen Versuch beschränkt bleibt, folgt eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse in allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten.

Für den schulischen Kontext bedeutet das, dass diese festen und immer wieder kehrenden Muster (Polias, 2016) der fachspezifischen Diskursfunktionen explizit gemacht und zum Aufbau von Wissenselementen aktiv angewendet werden müssen (Fang, 2005). Die Ausbildung und Förderung kognitiver Diskursfunktionen wird sowohl in zahlreichen Lehrplänen (Hessisches Kultusministerium, 2010; Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Rheinland-Pfalz, 2014), als auch vom National Research Council (1996) zum Erreichen der Scientific Literacy ausdrücklich gefordert. Schülerinnen und Schüler sollen beispielsweise dazu befähigt werden, Dinge zu beschreiben, erklären, Ereignisse hypothesengeleitet vorherzusagen und die in der Erarbeitungsphase erhaltenen Ergebnisse faktenbasiert zu diskutieren. „The ability to reason from evidence, along with understanding the central role evidence plays in science,

is a core element in the development of scientifically literate students” (Brown, Furtak, Timms, Nagashima & Wilson, 2010, S. 126).

Dem Potential kognitiver Diskursfunktionen steht gegenüber, dass sie weder explizit gelehrt noch aktiv angewendet werden (Dalton-Puffer, 2015). Als mögliche Ursache führt Dalton-Puffer (2018) einen Mangel an Meta-Sprache und Lernmaterialien an. Zum Erstellen solcher Materialien müssten zunächst die fachspezifischen Besonderheiten identifiziert, sowie Prototypen herausgearbeitet werden. Bezüglich der Diskursfunktion des Erklärens ist besonders das Begründen und Finden allgemeiner Prinzipien von vielen Schülerinnen und Schülern nicht leistbar (McNeill et al. 2006; Putra & Tang, 2015). Aufgrund der zentralen Stellung von Erklärungen in und für die Naturwissenschaften, soll im folgenden Kapitel näher auf diese Diskursfunktion eingegangen werden.

2.2.3.2 Erklärungen in der Chemie

Erklärungen sind zentraler Bestandteil der Chemie und für den Aufbau von Fachwissen und logischen Denkstrukturen unerlässlich (Odora, 2014). Ihr erkenntnisförderndes Potential liegt im Aufbau von Verbindungen zwischen isolierten Fakten, was zum Aufbau mentaler Modelle. „Causal relations are arguably the driving logical relation in science. As such, developing control of the resources in the language for explicitly expressing the causal links is crucial” (Polias, 2016, S. 131). Die Schwierigkeit naturwissenschaftlicher Erklärungen liegt darin, dass diese Beziehungen weder direkt beobachtbar sind, noch die zur Verbalisierung der Beziehungen notwendige Fachsprache angeboren ist oder automatisch erlernt wird (Byrnes, 2013). Es ist deshalb von zentraler Bedeutung, fachspezifische Strukturen explizit aufzuzeigen und Hilfen zur Verfügung zu stellen.

Für die Chemie sind kausale Erklärungen von zentraler Bedeutung, die neben der Frage nach dem „Wie“, auch die Frage nach dem „Warum“ beantworten. Während die Beantwortung der ersten Frage in Form von Reaktionsmechanismen erfolgen kann, verlangt die Beantwortung der zweiten Frage die Anwendung eines generellen Prinzips. Ziel ist es, Versuchsergebnisse zu abstrahieren und dadurch eine Vielzahl an Reaktionen erklären zu können.

Whenever a particular case is explained, perhaps the same explanation could be given for any relevantly similar example, and so the explanatory interest is never in the particular case as such, but only in it in so far as it is a particular case of a general sort. (Ruben, 1990, S. 5)

Arten von Erklärungen

Es gibt verschiedene Arten von Erklär-Strukturen. So kann eine Ursache zu einem Effekt führen, welcher wiederum weitere Effekte auslöst (*sequential explanation*), ein Effekt mehrere Ursachen haben (*factorial explanation*) oder aber eine Ursache mehrere Effekte nach sich ziehen (*consequential explanation*) (Rose & Martin, 2012, S. 108). Die chronologische Abfolge der Ereignisse ist ihnen aber allen gemein.



Abbildung 3. Schema eines kausalen Ursache-Wirkung-Zusammenhangs am Beispiel der Erstickung einer Kerzenflamme.

Das Ursache-Wirkung-Schema in Abbildung 3 verdeutlicht, dass ein Effekt immer durch eine bestimmte Ursache hervorgerufen wird. Solche Schemata bieten sich auch für den Einsatz im Unterricht an (Polias, 2016). Anhand dieser Visualisierungen werden die sonst impliziten (Maxwell, 2004) kausalen Zusammenhänge ersichtlich. Außerdem bieten sie einen Anker im Versprachlichungsprozess, denn “[a]lthough the structure may look relatively uncomplicated, it is the language that has to work hard to construct that apparent lack of complication” (Polias, 2016, S. 33)

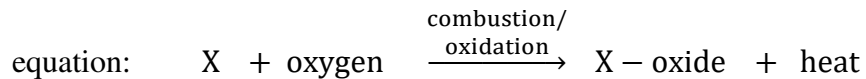
Sprachlich können Zusammenhänge beispielsweise durch temporäre Verbindungsgefüge wie *then* und *while*, oder den Präpositionen *to* oder *so* realisiert werden. Letztere finden häufig im mündlichen Sprachgebrauch Verwendung. Etwas formaler wirken Präpositionen wie *because of this*, *but*, *however*, *by* oder *thus*, die häufig in schriftlichen Erklärungen verwendet werden (Rose & Martin, 2012, S. 99–102). Außerdem sind chronologische Verknüpfungen wie *firstly*, *secondly*, *in addition* und *finally* denkbar. In den Naturwissenschaften finden sich vorwiegend nachstehende kausale Konjunktionen: *is driven*, *appear to*, *require*, *result in*, *cause*, *build up*, *become*, *sufficient to*, *initiate*, *sufficiently* (Rose & Martin, 2012, 125 f.) und *yield*, *generate*, *render*, *promote*, *provoke*, *stem from*, *derive from* (Zwier, 2002). Der Einfluss der Ursache auf den Effekt muss dabei nicht immer hundert Prozent betragen, wie die Abstufungen in Abbildung 4 zeigen.

A → B		A - - - - -> B		A ↔ B		A ← B	
A	causes leads to triggers	B	A	affects influences has an impact on	B	A and B influence each other	
B	occurs as a result of is affected by	A					A and B oppose each other
A → B A → C A → D		A → D B → D C → D		B → C A → C		A → B	
A causes multiple effects (B,C, D)		multiple causes (A, B, C) cause one effect (D)		A	causes	C	slightly, mildly ———
				B	reinforces increases accelerates contributes to	A	moderately ———
						B	highly ———
						tremendously ———	
						enormously ———	
						severely ———	

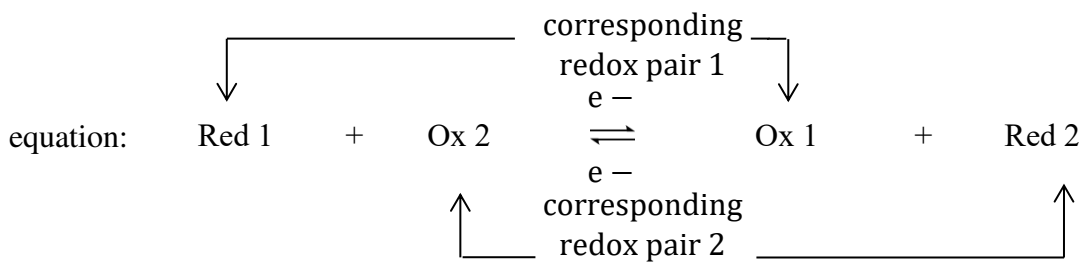
Abbildung 4. Visuelle und verbale Darstellung der graduellen Abstufung von Ursache-Wirkung-Zusammenhängen.

Die Pfeile in Abbildung 4 verdeutlichen, dass die im pluriliteralen Lehr-Lern-Modell geforderte simultane Progression der Sprache und des Inhaltes anhand der kognitiven Diskursfunktionen der Erklärung bedient werden kann. Wie diese Progression konkret aussehen kann, soll an den folgenden Beispielen einer Anfänger- und Experten-Erklärung verdeutlicht werden.

Beginner: A combustion reaction with oxygen is called oxidation. The product is an oxide and heat is released.



Expert: A redox reaction is a chemical reaction of electron transfer changing the oxidation state of atoms, ions or molecules. Such reduction-oxidation reactions always consist of two corresponding half-reactions namely an oxidation and a reduction. During oxidation, an electron loss leads to an increase in oxidation state due to negatively charged electrons. Electron donors function as reducing agents as they are able to reduce other substances by getting themselves oxidized. Reduction reactions are processes, during which the electron acceptor or oxidizing agent gains electrons, gets itself reduced and oxidizes its reaction partner. Because of this electron transfer, the reducing agent turns into its corresponding oxidizing agent and vice versa forming a corresponding redox pair. Electron loss and gain are always coupled and can be reversed.



Neben der Sprache, die in der Experten-Erklärung komplexer ist, wird die Redox-Reaktionen auch auf einer anderen Repräsentationsebene erklärt. Dies soll anhand der Verbrennungsreaktion in Tabelle 2 verdeutlicht werden. Je nach Expertise wird metaphorisch gesprochen mit einer Lupe immer weiter in die „Materie chemischen Verständnisses“ reingezoomt.

Tabelle 2
Die Verbrennung von Holz auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen der Chemie

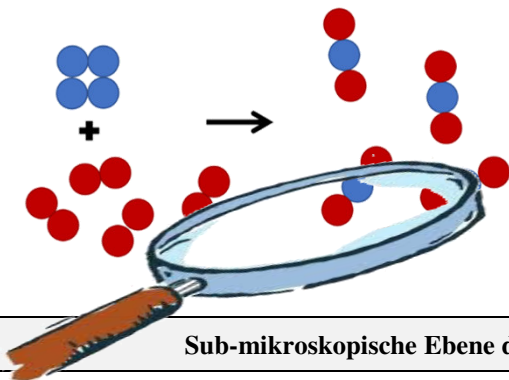
Der Verbrennung von Holz auf unterschiedlichen Repräsentationsebenen der Chemie

Makroskopische Ebene der Stoffe (verwendet in der Orientierungsstufe):



Verbrennungsreaktionen finden statt, wenn genügend Brennstoff, Sauerstoff, sowie eine entsprechende Entzündungstemperatur vorliegt.

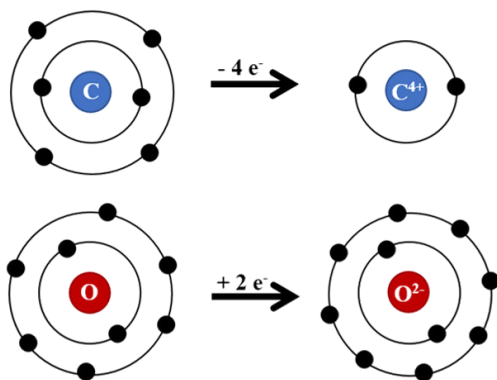
Mikroskopische Ebene der Teilchen (verwendet in der Sekundarstufe I):



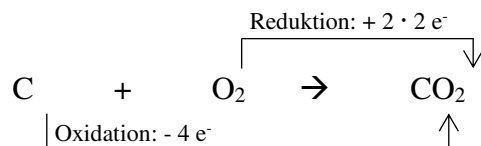
Während der Verbrennungsreaktion kommt es zur Oxidation des Kohlenstoffs. Dieser nimmt Sauerstoff unter der Bildung von Kohlenstoffdioxid auf.



Sub-mikroskopische Ebene der Elektronen (verwendet in der Sekundarstufe II):



Während der Verbrennungsreaktion finden Elektronenübergänge zwischen den beiden Reaktionspartnern statt. Das Kohlenstoffatom wird unter der Abgabe von vier Elektronen oxidiert, die beiden Sauerstoffatome unter der Aufnahme von jeweils zwei Elektronen reduziert.



Möglichkeiten zur Förderung schriftlicher Erklär-Kompetenz und empirische Befunde

Generelle Merkmale einer guten Erklärung sind die sprachliche, inhaltliche und situative Angemessenheit, wobei das Anknüpfen an das Vorwissen des Zuhörers/Lesers besonders Experten schwerfällt (Nathan & Koedinger, 2000). Visualisierungen, Beispiele, und Analogien wirken sich außerdem positiv auf das Verständnis des Erklär-Gegenstandes aus. Wie aber sollen Schülerinnen und Schüler diese Forderungen gezielt umsetzen? Dazu bieten sich Schreibmuster auf Grundlage des PRO-Modells (Premise – Reasoning – Outcome bzw. Principle – Reasoning - Observation) von Putra und Tang (2016) an. Die Infobox in Abbildung 5 gibt einen kurzen Überblick zum PEB-Modell, als deutsche Übersetzung zum PRO-Modell.

Infobox zum PEB-Modell:

Prinzip:
Die Basis einer Erklärung – also der nahrhafte Boden – besteht aus relevanten Fakten, Gesetzen, Modellen oder Konzepten.

Erklärung:
Wie die unsichtbaren Wurzeln eines Baumes, müssen in einer wissenschaftlichen Erklärung ebenfalls nicht direkt beobachtbare Zusammenhänge explizit gemacht werden, damit aus scheinbar isolierten Fakten komplexe Wissensnetzwerke und Konzepte gebildet werden können. Diese lassen sich anschließend auf neue Situationen übertragen und ermöglichen fachliches Lernen. Konkret werden dazu schlüssige Begründungen angeführt, die belegen, warum das allgemein formulierte Prinzip auf die spezifische Beobachtung angewendet werden kann, um den Sachverhalt umfassend zu erklären.

Beobachtung:
Konkrete Beobachtungen wie „*der Baum*“ oder „*mein Eisennagel färbt sich rotbraun*“ werden zunächst deutungsfrei beschrieben, um sie dann unter Anwendung relevanter Prinzipien kausal zu erklären.

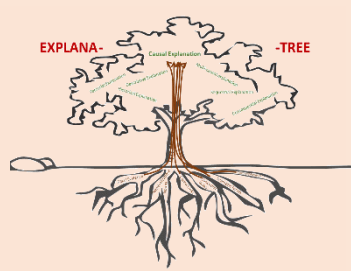


Abbildung 5. Infobox zum PEB-Modell (Prinzip - Erklärung - Beobachtung).

Das PRO-Modell wurde von Putra und Tang (2016) bereits innerhalb eines drei-Jahres Projektes getestet und hat sich größtenteils als effektiv erwiesen. Im ersten Schritt der Studie wurde anhand von Unterrichtsbeobachtungen herausgefunden, dass erstens keine explizite Fachsprachenschulung durch die Lehrkräfte stattfindet und ihnen zweitens der Begriff der *disciplinary literacy*, sowie die Rolle der Sprache für das Fach unbekannt ist. Das daraufhin entwickelte Material zur Fachsprachenschulung wurde nach einer Instruktionsphase über eine Dauer von zwei Wochen zum Schulen schriftlicher Erklärungen am Beispiel der chemischen Bindung eingesetzt. Die dazu verwendeten Hilfestellungen wurden nach und nach reduziert und es mussten im Nachtest fünf Erklärungen ohne weitere Hilfen anhand des PRO-Modells verfasst werden. Schülerinnen und Schüler konnten das PRO-Modell auf bekannte Themen anwenden, eine

Transferleistung während des Erklärens unbekannter Sachverhalte bereitete ihnen allerdings Schwierigkeiten. Da die Studie mit einer Stichprobe von nur 28 Schülerinnen und Schülern und über eine Dauer von acht Schulstunden durchgeführt wurde, ist anzuraten, solches Material über einen längeren Zeitraum einzusetzen, sowie ein Design mit einer geeigneten Kontrollgruppe und einer entsprechend großer Probandenzahl zu wählen. Außerdem wäre es für zukünftige Studien interessant, den Effekt des expliziten Schulens von Erklärungen nicht nur auf die Entwicklung der Fachsprache, sondern des Fachwissens, zu untersuchen. So geben Ebel, Bliefert und Russey (2008) an, dass das Schreiben einen essentiellen Beitrag zum Wissenszuwachs leistet. Vielen Wissenschaftlern würde oft erst während des Schreibprozesses bewusst, was ihre Ergebnisse bedeuten und wo noch Lücken bestünden. Durch das penible Formulieren und Umformulieren von Erklärungen und Definitionen, könnte so mögliches Scheinwissen schnell bewusstwerden und mehrmaliges Überarbeiten der Texte zusätzliche metakognitive Prozesse fördern. Mit Hilfe derer kann Wissen schließlich systematisch gespeichert werden.

In Einklang mit dem PRO-Modell von Putra und Tang (2016) steht auch das von McNeill und Krajcik (2006) entwickelte CER-Modell (Claim - Evidence – Reason), welches auf Toulmins Argumentative Patterns (Toulmin, 1958, 2003) basiert. Auch dieses Modell beabsichtigt das explizite Schulen typischer wissenschaftlicher Erklärungen mit dem Ziel: to „encourage deeper thinking and promote students translation of their thinking into written text“ (McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006, S. 163). Anhand von fading Scaffolds, also nach und nach reduzierte Hilfestellungen, wurden über 3000 Siebtklässlern aus 14 amerikanischen Schulen das Erklären von Sachverhalten zu den Themen chemische Reaktionen und Stoffklassen und ihren Eigenschaften nähergebracht. Wie auch bereits von Davis (2003) berichtet, erwiesen sich die fading Scaffolds in dem Untersuchungszeitraum von acht Wochen als effektiv. Anhand von prä-post-Vergleichen zeigte sich, dass die Versuchsgruppe, welche die auslaufenden Hilfestellungen erhielt, bessere Erklärungen im Nachtest ohne Hilfestellungen verfassen konnte, als die Vergleichsgruppe, die mit gleichbleibenden Hilfestellungen unterrichtet wurde. Des Weiteren bestand ein positiver Zusammenhang zwischen dem Inhaltswissen, welches anhand von Multiple Choice Fragen erfasst wurde, und der Qualität der Erklärungen. Die geringsten Punktzahlen erreichten Schülerinnen und Schüler für den Bereich des Begründens (Reasoning), weshalb zukünftig entwickeltes Material diesbezüglich gezieltere Unterstützungsangebote liefern muss. Eine weitere Studie von McNeill und Krajcik (2006) bestätigt, dass Schülerinnen und Schüler Probleme haben zu erkennen, welche Beobachtungen zur Erklärung herangezogen werden können. Des Weiteren würden nur selten die zugrundeliegenden Prinzipien explizit angeführt.

An der Studie zu kritisieren ist, dass die Schülerinnen und Schüler keine Schulung notwendiger Fachsprache zum Erklären, wie auch den kausalen Konjunktionen, erhalten

haben. Es ist jedoch zu vermuten, dass sich durch eine gezielte Fachsprachenschulung das Begründen positiv beeinflussen ließe. Außerdem müssen jene kognitiven Prozesse, die vor dem eigentlichen Erklären abgelaufen sein müssen, unterstützt werden. So kann ein Sachverhalt beispielsweise nicht ausreichend gut erklärt werden, wenn die dazu notwendigen Beobachtungen des Experimentes nicht systematisch erfasst und strukturiert wurden. Liegen diese Beobachtungen vor, können erst die unsichtbaren Verbindungen geknüpft werden. Zu diesen vorher zu schulenden Prozessen zählt das Formulieren wissenschaftlicher Fragestellungen und Hypothesen, das genaue Beobachten, sowie das zur Abstraktion konkreter Versuchsergebnisse notwendige Schulen von Definitionen und Bewertungen.

Moon, Stanford, Cole und Towns (2016) haben sich mit naturwissenschaftlichen Erklärungen von Studentinnen und Studenten zu thermodynamischen Inhalten befasst, die sie in Abhängigkeit vorausgeschalteter Aufgabenstellungen, den sogenannten *Prompts*, betrachtet haben. Die Autoren fanden heraus, dass Fragen, die mit einer mathematischen Gleichung beantwortet werden können, eher linear anhand der Frage nach dem "Wie" beantwortet werden. Komplexere Erklär-Schemen sind eher selten. Dies bestätigt den Mangel an Begründungen, wie auch bereits von McNeill und Krajcik (2006) berichtet. Da das Argumentieren und Begründen allerdings essentiell für das Fachlernen ist, plädieren Moon et al. (2016) auf ein explizites Schulen notwendiger Kompetenzen, sodass Lerner zum einen befähigt werden, kausale Verbindungen herzustellen und zum anderen die für ihre Begründungen notwendigen Darstellungsebenen und experimentelle Datengrundlagen mit einbeziehen können.

2.2.4 Der bilinguale Unterricht auf dem Prüfstand

So wie es notwendig ist, Fachsprachen mehrerer Fächer zu erlernen, wird es aufgrund des internationalen Austauschs zunehmend wichtiger, Fachwissen auch in mehreren Sprachen kommunizieren zu können. Aus diesem Grund soll zur Förderung der Pluriliteralität das Potenzial des bilingualen (Chemie-)Unterrichts näher erläutert werden. Anschließend werden basierend auf dem aktuellen Forschungsstand zentrale Forschungslücken herausgearbeitet.

2.2.4.1 Das Potential des bilingualen Sachfachunterrichts

Als Folge des deutsch-französischen Kooperationsvertrages von 1963 gibt es den bilingualen Sachfachunterricht seit über 30 Jahren in Deutschland. Zunächst wurden vorrangig die Fächer Geschichte und Erdkunde auf Französisch und Englisch unterrichtet, dann hat sich das Konzept des Sachfachlernens in einer anderen Sprache als der Muttersprache aber auf eine Vielzahl von Fächern und Sprachen ausgedehnt. Das liegt daran, dass dem bilingualen Unterricht im Vergleich zum einsprachigen Sachfachunterricht zahlreiche Vorteile zugeschrieben werden. Dazu gehören unter

anderem eine bessere Anpassung an gewachsene sprachliche Anforderungen (Fehling, 2008), authentische Quellen (Aristov, 2013) und zahlreiche Visualisierungen, sowie Wechsel der Darstellungsformen (Leisen, 2013). Als Folge wird eine Anregung vertiefter Lernprozesse, die Förderung metakognitiver und interkultureller Kompetenzen, sowie eine Steigerung affektiver Schülermerkmale (Motivation, Selbstregulation, etc.) ermöglicht. Die genannten Vorteile und ihre Auswirkungen werden im folgenden Kapitel erläutert.

Authentizität der Quellen und des Spracherwerbs

Per Definition handelt es sich bei CLIL um eine Unterrichtsform, die der (Fremd)Sprache eine zentrale Rolle einräumt. Damit ist keine reine Addition der Fremdsprachendidaktik zur Fachdidaktik mit dem Ziel *Zwei zum Preis von Einem* gemeint. Stattdessen handelt es sich im Vergleich zum Fremdsprachenunterricht – dessen Existenz keineswegs in Frage gestellt oder entkräftet werden soll – um Situationen authentischen Spracherwerbs (Aristov, 2013) „in the sense that language acquisition arises from language being used as a tool to support other learning“ (Pinner, 2013, S. 53). Für Coyle, Hood und Marsh (2010) ist es folglich nicht genug, Inhalte lediglich *in* einer anderen Sprache zu vermitteln, sondern soll stets *mit* und *durch* diese weitere Sprache gelernt werden. Anstelle des *Code Switchings*, welches ein hin und herspringen zwischen beiden Sprachen bedeuten würde, ist deshalb vielmehr eine Art *Translanguaging* zwischen der Muttersprache (L1) und der Fremdsprache (L2) anzubahnen. So kann ein integriertes Netzwerk sprachlicher Verstehens- und Handlungsmuster aufgebaut werden, an dem beide Sprachen gleichermaßen beteiligt sind. Durch das kontinuierliche Bewegen in diesen werden folglich metakognitive Kompetenzen gefördert (Klingauf, 2002), welche sich positiv auf das Erlernen neuer Fachinhalte auswirken.

Verfremdungseffekt

Auch Bach (2002), Aristov (2013) und Hegerfeldt (2006) sehen den Mehrwert der zweiten Sprache nicht als einen rein quantitativen, sondern viel mehr in der Andersartigkeit dieser und der Verfremdung aus dem Alltag bekannter Konzepte durch sie. Begriffe in einer Fremdsprache sind meist noch nicht mit irreführenden Konnotationen aus dem Alltag belegt, die nur schwer zu überschreiben, erweitern oder einzugrenzen sind. Ein Nichtverstehen der Begriffe kann eine lernförderliche Wirkung entfalten, indem der Verstehensprozess verlangsamt wird (Bonnet, 2004) und kognitive Konflikte entstehen, welche für den Lernprozess essentiell sind (Dallinger et al., 2016). Durch die Sensibilisierung und den systematischen Aufbau akademischer Sprache in komplexen und authentischen Lernsituationen wird schließlich auch das allgemeine Sprachgefühl, die sogenannte *Language Awareness* (Fehling, 2008), nachhaltig verbessert.

Aus der Verwendung und Integration zweier Sprachsysteme entsteht schließlich eine erweiterte „Verstehens-Brille“ (Fehling, 2008), die den Schülerinnen und Schülern eine tiefere Reflexionsebene verleiht. Diese neue oder erweiterte Sichtweise auf einen Sachverhalt kann für das Fach Geschichte am Beispiel der Völkerwanderung deutlich gemacht werden. Der im Englischen als *invasion of the barbarians* bezeichnete Begriff löst andere kognitive und affektive Assoziationen aus als der deutsche, sodass die Diskussion über den Sachverhalt aus einem anderen bzw. erweiterten Blickwinkel stattfinden kann.

Visualisierungen und Wechsel der Darstellungsformen

Neben der Integration zweier Sprachen in ein Netzwerk kann *Translanguaging* aber auch als Wechsel zwischen verschiedenen Textmodi und Darstellungsformen angesehen werden. Dieser ist aufgrund diskontinuierlicher Textsorten, wie dem Versuchsprotokoll in Chemie, unerlässlich. Zum Verstehen eines Protokolls müssen Informationen abwechselnd aus Tabellen, Abbildungen, Reaktionsgleichungen oder Texten gezogen werden. Es reicht folglich nicht aus, Fachbegriffe anhand von Vokabellisten einzuführen, sondern bedarf es einem systematischen Aufbau komplexer kognitiver Strukturen wie dem Analysieren, Bewerten und Erklären (vgl. Dalton-Puffer, 2011, 2013; Vollmer, J. H., 2008). Wie zentral diese Diskursfunktionen sind, beschreibt Zydati (2005b) im folgenden Zitat treffend:

Diskursfunktionen sind im bilingualen Sachfachunterricht besonders zu reflektieren, da sie eine zentrale Gelenkstelle zum integrierten Sach-Sprachlernen darstellen; und zwar zum einen über ihre linguistischen Exponenten und zum anderen über graphische Repräsentationen, die in vielen Fällen möglich sind. Beide Aspekte können in Unterrichtssituationen (im Sinne des *Scaffolding* der soziokulturellen Theorie) als verbale und/oder visuelle Unterstützungssysteme für die kognitive wie sprachliche Verarbeitung der Inputmaterialien bzw. für die sprachlich-inhaltliche Realisierung des Output der Lernenden dienen. (Zydati, 2005b, S. 163)

Förderung interkultureller Kompetenz

Durch die Verwendung verschiedener Sprachsysteme, welche auch immer kulturell eingebunden sind, wird aufgrund des permanenten Perspektivenwechsels zusätzlich die interkulturelle und fremdsprachliche Kommunikationsfähigkeit gefördert (Fehling, 2008; Finkbeiner & Fehling, 2002). Das Resultat ist schließlich die Entwicklung pluriliteraler und plurikultureller Werte (Coyle et al., 2010), welche der Common European Framework of Reference for Languages wie folgt definiert:

Plurilingual and pluricultural competence refers to the ability to use languages for the purposes of communication and to take part in intercultural interaction, where a person, viewed as a social agent has proficiency, of varying degrees, in several languages and experience of several cultures. (CEFR, 2011, S. 168)

Förderung affektiver Merkmale

Aufgrund der authentischen Quellen und Gesprächsanlässe im bilingualen Sachfachunterricht (Aristov, 2013) wird dieser als motivierend und interessant empfunden (Aristov, 2013). Folglich wird die Aufmerksamkeit stärker auf das Thema gelegt und Schülerinnen und Schülern, denen der Chemieunterricht unter „normalen“ Umständen eigentlich keinen Spaß macht, nehmen gerne teil (Hülden, 2014). Die Schülerbefragung biliReal 2012 hat ergeben, dass das Lernen von Inhalten in einer Fremdsprache kein Hindernis für die Schülerinnen und Schüler darstellt (Aristov, 2013), sondern sie die Vokabeln ganz nebenbei erlernen (Klingauf, 2002).

Die Studie von Dallinger et al. (2016) mit insgesamt 1806 Achtklässlerinnen und Achtklässlern zeigt, dass sich die Motivation und das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler durch den bilingualen Sachfachunterricht verbessern lassen. Dallinger et al. (2016) stellen außerdem fest, dass die intrinsische Motivation bilingual unterrichtender Lehrkräfte signifikant höher ist, als es für Lehrkräfte des traditionell einsprachigen Unterrichts der Fall ist.

2.2.4.2 Eignet sich das Fach Chemie für den bilingualen Chemieunterricht?

Der Befürchtung, dass Chemie ohnehin schon zu schwer sei und sich deshalb nicht für den bilingualen Unterricht eigne, widersprechen Bonnet (2004), Hegerfeldt (2006), Hülden (2014) und Klingauf (2002). Die Aussage „*Chemie – das konnte ich noch nie!*“ sieht Bonnet (2004) nicht in den abstrakten und komplexen Inhalten begründet, sondern vielmehr in der Art und Weise, wie diese unterrichtet würden. Aufgrund ihrer konzeptuellen Entfernung von der Muttersprache ist die chemische Fachsprache teils schwerer zu erlernen als eine Fremdsprache. Bleiben sprachliche Hilfen aus, kommt es folglich nicht nur zu sprachlichen, sondern auch zu inhaltlichen Verständnisschwierigkeiten. „Man könnte sagen: nicht die englischen, sondern die *chemischen* Vokabeln saßen nicht – die Begriffe waren inhaltsleer“ (Hegerfeldt, 2006, S. 39). Diese konzeptuellen Verständnishürden können nicht durch reine Wortübersetzungen überwunden werden, sondern muss stattdessen ein aktives Konstruieren und Aushandeln von *Be-Deutungen* in der sozialen Interaktion stattfinden (Bonnet, 2004). Fachbegriffe sind folglich „nur“ das finale Produkt der Abstraktionsschritte.

Da die chemische Fachsprache im Vergleich zu anderen Fachsprachen sehr systematisch aufgebaut ist, durch das aktive *Begreifen* des Sachverhaltes reale Begegnungen

ermöglicht werden und zahlreiche Darstellungsformen den Verstehensprozess unterstützen, scheint sich die Chemie sehr gut für den bilingualen Unterricht zu eignen.

2.2.4.3 Defizite und Forschungslücken bezüglich des bilingualen Sachfachunterrichts

Neben dem zuvor angesprochenen Potenzial des bilingualen Sachfachunterrichts bestehen ebenso zahlreiche Defizite. Bezüglich des schulischen Kontextes soll dazu auf die Unterrichtsplanung und -durchführung eingegangen werden. Bezüglich der empirischen Unterrichtsforschung stehen das Design und die Methodik im Fokus.

Defizite bezüglich der Unterrichtsplanung, -durchführung

Das Ziel des bilingualen Sachfachunterrichts, sowohl die Alltags- als auch die Fachsprache in der L1 und L2 zu fördern, sieht Dalton-Puffer (2013) als gefährdet. Grund dafür ist, dass die zur Verbalisierung und Aktivierung notwendigen Diskursfunktionen, wie das Erklären oder Beschreiben, nicht explizit geschult würden (Putra, Tang, 2016). Stattdessen wird sich hauptsächlich auf „lexical matters“ beschränkt (Dalton-Puffer, 2007, S. 219), sodass Sprachhilfen teils auf reine Wortübersetzungen beschränkt sind. Eine ernüchternde Bilanz zwischen der Quantität und der Qualität der Sprachproduktion ziehen auch die Forscher der Graz Group (Meyer, O. et al., 2015). Es sei vor allem die akademische Sprache, die viel zu häufig außer Acht gelassen würde, wodurch die Schülerinnen und Schüler eine *functional illiteracy* erlitten. Coffin und Donohue (2014) stellen ein Ausbleiben fortschreitender akademischer Kompetenz fest, da die in den ersten Schuljahren angeeigneten Strukturen lediglich wiederverwendet würden. Mit einer Sprache auf Grundschulniveau können jedoch die in der Oberstufe und an der Universität geforderten Genres wie das Diskutieren, Elaborieren und Definieren nicht entsprechend bedient werden. Das schlichte Unterrichten von Inhalten und Vokabeln in der Zielsprache erhöhe zudem die Qualität der Äußerungen nicht. Damit es nicht zum Ausbleiben fachlicher Tiefe aufgrund mangelnder oder falsch verwendeter Fachbegriffe kommt (Lamsfuß-Schenk & Wolff, 1999), muss sowohl auf eine korrekte Fachsprache hingewiesen, als diese auch eingefordert werden (Hegerfeldt, 2006). Zudem muss den Schülerinnen und Schülern konkrete Hilfe während dieser vertiefenden Wortschatzarbeit zur Verfügung gestellt werden (Fehling, 2008). Um dies zu realisieren ist die Zusammenarbeit von Fachdidaktikern und Fremdsprachen-didaktikern dringend gefordert.

Das zweite Defizit des vielfach beklagten Materialmangels (Dalton-Puffer, 2013) liegt darin begründet, dass die Herausgabe bilingualer Schulbücher für Schulbuchverlage nicht rentabel ist (Dallinger et al., 2016). Folglich stehen Lehrkräfte tagtäglich vor der Herausforderung, neues Material zu entwickeln, bzw. vorhandenes Material zu annotieren, visualisieren oder sprachlich zu reduzieren. Um diese Lücke schließen zu können, fordern Dallinger et al. (2016) dringend die Entwicklung weiterer sprachsensibler Lernmaterialien, sowie eine Überprüfung der Schreibfähigkeit nach

Verwendung dieser Materialien. Lamsfuß-Schenk und Wolff (1999) sehen zudem eine spezifische Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern als notwendig an, um häufig verwendete, teils ineffektive, Methoden des Fremdsprachenunterrichts abzulegen und stattdessen zielführendere Methoden der Fachsprachenförderung einzusetzen.

Defizite bezüglich des Forschungskonstrukts, der Methodik und des Designs

Schulvergleichsstudien wie PISA (Baumert, 2001) oder DESI (Klieme, 2008) berichten von besseren Leistungen bilingual unterrichteter Schülerinnen und Schüler im Vergleich zu monolingual unterrichteten Schülerinnen und Schülern. Koch und Bündler (2006) stimmen mit diesen Forschungsergebnissen überein, wohingegen andere Studien diese Befunde entkräften. Schlechtere Leistungen bilingual unterrichteter Schülerinnen und Schüler werden in Piesche, Jonkmann, Fiege und Keßler (2016) berichtet. Admiraal, Westhoff und de Bot (2006), sowie Haagen-Schützenhöfer, Mathelitsch und Hopf (2011) können keine Unterschiede zwischen monolingual und bilingual unterrichteten Schülerinnen und Schülern feststellen. Mögliche Ursachen dieser unterschiedlichen Forschungsbefunde werden im Folgenden diskutiert.

Als erstes soll auf die Zusammensetzung der Versuchs- und Vergleichsgruppen der Studien eingegangen werden. Zum bilingualen Sachfachunterricht werden Schülerinnen und Schüler zugelassen, die in Englisch eine bessere Note als eine drei auf dem Zeugnis haben und auch ein gutes Verhalten aufweisen (Griesel, 2010; Vollmer, J. H., 2008). Das bedeutet, dass eine Besserleistung bilingual unterrichteter Schülerinnen und Schüler allein durch den Selektionseffekt der Lerner zustande gekommen sein kann (Bonnet, 2004; Vollmer, J. H., 2008; Zydariß, 2005a). Um für diesen Selektionseffekt zu kontrollieren, ist es folglich unerlässlich, bilingual mit bilingual unterrichteten Schülerinnen und Schüler zu vergleichen.

Dalton-Puffer (2011) bemängelt des Weiteren, dass Ergebnisse verschiedener Studien schlecht miteinander verglichen werden können, da uneinheitliche Messinstrumente und Untersuchungsdesigns verwendet werden, Lernmaterialien auf Lehrplänen unterschiedlicher Bundesländer und Länder basieren, sowie die Forschungsfragen und -interessen divergieren. Auf Transparenz in der Entwicklung der Lernmaterialien, validierte Erhebungsinstrumente und übergreifende Forschungsfragen basierend auf fundierten didaktischen Modellen ist deshalb dringend zu achten.

2.2.5 Fazit der Rolle der Sprache im Rahmen vertiefter Lernprozesse

Zusammenfassend kommt der Sprache im Lernprozess eine zentrale Rolle zu, da mentale Wissensstrukturen durch sie aufgebaut und neu strukturiert werden (Pellegrino & Hilton, 2012). Die Förderung akademischer Sprache wirkt sich sowohl positiv auf die Entwicklung der Fachsprache, als auch auf das Fachwissen aus (Byrnes, 2013). Schließlich kann anhand von Verbalisierungen rückwirkend Aufschluss über den Lernerfolg erhalten werden.

Dieses Potential der Sprache wird allerdings nicht von allen Lehrkräften erkannt und ausgeschöpft. In der Praxis wird hingegen vielmehr beobachtet, dass die Fachsprachen-Schulung gar nicht oder nur sehr unsystematisch stattfindet (Byrnes, 2013). Ein häufig genannter Grund zum Ausbleiben expliziten Lehrens und Lernens fachspezifischer Genres ist neben dem Mangel an Zeit auch der Mangel an geeignetem Material. Außerdem wird eine als gering eingeschätzte Kompetenz der Lehrkräfte, Fachsprache im Fach zu unterrichten, genannt. Rose und Martin (2012), sowie Polias (2016) konkretisieren dieses Defizit als mangelnde Metasprache, Merkmale eines Genres zu artikulieren und die Förderung dieser typischen Genrestrukturen mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam zu erreichen. Diese Hilflosigkeit ist allerdings nicht neu, sondern wurde bereits Mitte letzten Jahrhunderts festgestellt: „In composition courses we do not really teach our captive charges to write better – we merely expect them to. And we do not teach them how to write better because we do not know how to teach them to write better“ (Christensen, 1963, S. 155).

Der Beitrag der vorliegenden Arbeit soll es deshalb sein, sowohl Material zur Fachsprachenförderung zu entwickeln als auch Lehrkräfte in der Verwendung dieses Materials zu bestärken. Ziel ist es folglich, eine langfristige und systematische Schulung fachsprachlicher Kompetenzen zu implementieren und dadurch vertiefte Lernprozesse zu initiieren zu.

2.3 Die Rolle individueller Persönlichkeitsmerkmale im Rahmen vertiefter Lernprozesse

Für das vertiefte Lernen anhand sachfachspezifischer Literalität ist neben dem Fachwissen und der Fachsprache auch die Haltung gegenüber dem Fache ausschlaggebend für den Lernerfolg. Unter dem Deeper Learning Mindset sind deshalb zahlreiche affektive Schülermerkmale wie das Interesse am Fach, die Motivation oder auch die Selbstregulation zusammengefasst.

Neben einer Definition der Konstrukte wird im folgenden Kapitel ihr Einfluss auf den Lernerfolg vorgestellt. Anhand von empirischen Ergebnissen werden sowohl Forschungsdesiderate als auch Fördermöglichkeiten herausgearbeitet. Diese Kriterien sollten bei der Planung zukünftigen Materials zur Förderung vertiefter Lernprozesse enthalten sein, um das volle Potential pluriliteraler Lehr-Lern-Prozesse ausschöpfen zu können.

2.3.1 Affekt

Unter dem Begriff des Affekts lassen sich jene Voraussetzungen zusammenfassen, die die Bereitschaft, etwas lernen zu wollen, ermöglichen. Die Konstrukte Selbstwirksamkeit, Selbstregulation, Motivation, Interesse und das allgemeine Wohlbefinden sind darunter zusammengefasst und werden im Folgenden genauer erläutert.

2.3.1.1 Selbstwirksamkeit

Das Konstrukt der Selbstwirksamkeit entstammt der sozial-kognitiven Theorie von (Bandura, 1992, 1998, 2001).

Selbstwirksamkeitserwartung wird definiert als die subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können. Dabei handelt es sich nicht um Aufgaben, die durch einfache Routine lösbar sind, sondern um solche, deren Schwierigkeitsgrad Handlungsprozesse der Anstrengung und Ausdauer für die Bewältigung erforderlich macht. (Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35)

Dabei ist wichtig zu beachten, dass die persönliche Wahrnehmung der eigenen Handlungsmöglichkeiten und nicht die objektiv und real vorherrschenden Möglichkeiten ausschlaggebend sind. Die Selbstwirksamkeit kann verschiedenen Ausprägungen annehmen, je nachdem ob ihr internale oder externale, stabile oder variable, globale oder spezifische Ursachen zu Grunde liegen. Des Weiteren ist die Selbstwirksamkeit, wie der Optimismus, Teil positiver Erwartungshaltungen und gilt als wichtige Voraussetzung für die Fähigkeit zur Selbst- und Handlungsregulation (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Neben der Selbstregulation besteht ebenfalls ein positiver Einfluss der Selbstwirksamkeit auf die Entwicklung intrinsischer Motivation, metakognitiver Fähigkeiten, dem Transfer

von Strategien und der allgemeinen schulischen Leistung. Laut Schwarzer und Jerusalem (2002) ist die Selbstwirksamkeit schließlich ein besserer Prädiktor späteren Erfolgs als die Schulnoten. Der positive Einfluss der Selbstwirksamkeit auf die akademische Leistungsfähigkeit wurde für das Fach Chemie speziell von Villafaña, Xu und Raker (2016) nachgewiesen.

Mittag, Kleine und Jerusalem (2002) belegen empirisch, dass die schulische Selbstwirksamkeitserwartung über einen längeren Zeitraum stabil ist. Die Kompetenzerwartung von Schülerinnen und Schülern im Umgang mit unterschiedlichen Anforderungssituationen hat sich in ihrer Studie zu vier verschiedenen Messzeitpunkten nur geringfügig verändert. Des Weiteren besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Leistung in einzelnen Schulfächern und der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung, sowie zwischen der Lernfreude und der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung. Der Einfluss ist dabei in Mathematik stärker als in Deutsch und Englisch, die Richtung des Einflusses kann nicht eindeutig belegt werden, Mittag et al. (2002) gehen aber von dem *self-enhancement* Ansatz aus, welcher besagt, dass schulische Leistungen nicht durch vorher erbrachte Leistungen beeinflusst werden, sondern durch das vorherrschende Selbstkonzept des Lerners. Dies steht dem *skill-development* Ansatz gegenüber, der besagt, dass die Selbstwirksamkeitserwartung von der vorausgegangenen Schulleistung beeinflusst wird.

Bandura (1998) gibt vier allgemeine Aspekte an, die die Selbstwirksamkeit beeinflussen. Am ausschlaggebendsten ist diesbezüglich das Handlungsergebnis des eigenen Erlebens und der Erfahrungen, was Schwarzer (2000) auch als *mastery* bezeichnet. Positiv ist es diesbezüglich, wenn Erfolge internalen Faktoren zugeschrieben werden, also aufgrund guter Leistung des Individuums entstanden sind, Misserfolge allerdings äußeren Umständen, wie einem Zeitmangel, zugeschrieben werden. Das Setzen von Nahzielen und das konkrete Einsetzen von Bewältigungsstrategien wirkt sich ebenso positiv aus wie stellvertretende Erfahrungen. Dies bedeutet, dass Verhaltensmodelle anderer Personen ähnlicher Dispositionen (Alter, Geschlecht, Vorkenntnisse, usw.) erkannt und übernommen werden (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Der positive Effekt des Modelllernens wurde beispielsweise auch von Polias (2016) zum Verfassen schriftlicher Erklärungen ausgenutzt. Die Lehrkraft formuliert zunächst eine Beispielerklärung, deren zentrale Struktur anschließend von den Lernern in der individuellen Schreibphase angewendet wird. Für Schülerinnen und Schüler mit einer gering ausgeprägten Selbstwirksamkeit sind besonders fein definierte und explizit kommunizierte Lernziele, wie auch kleinschrittige Lernaufgaben und kurzfristiges Feedback wichtig. Andererseits kann Schülerinnen und Schülern mit einer hohen Selbstwirksamkeit die Freiheit der eigenen Organisation von Lernzielen, Strukturierung von Aufgaben und Strategieeinsätzen gewährt werden (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Als dritter Einflussfaktor wird die sprachliche Überzeugung Dritter, also den Eltern, Lehrkräften

oder Freunden genannt, die den Lerner im Sinne von „*Du schaffst das schon...*“ in seinem Handeln bestärken. Als vierter und letzter Punkt ist die Wahrnehmung der eigenen Gefühlsregung zu nennen. Das Schwitzen während eines Vortrags könnte beispielsweise als Schwäche oder mangelnde Kompetenz empfunden werden, eine ruhige Atmung hingegen als Stärke.

Zur Förderung der Selbstwirksamkeit muss folglich sichergestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler zum einen herausgefordert werden, zum anderen muss der Unterricht interessant und abwechslungsreich gestaltet sein, damit sich *Commitment* und *Engagement* (Bandura, 1998) einstellen, also eine Bereitschaft zur Anstrengung entsteht. Konkrete Zielvorgaben, die Übernahme von Verantwortung im eigenen Lernprozess und die Lehrkraft als Vorbild führen ebenfalls zur Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung, welche sich wiederum positiv auf die Entwicklung der intrinsischen Motivation auswirken kann. Werden Herausforderungen gemeistert und individuelle Ziele erreicht, so wirkt sich der erlebte Kompetenzzuwachs erstens belohnend in Form von Zufriedenheit und Stolz aus und zweitens wird dadurch rückwirkend die Selbstwirksamkeitserwartung wieder gestärkt (Schwarzer & Jerusalem, 2002). Während der Vermittlung und Aneignung von Strategien ist es notwendig, dass die Schülerinnen und Schüler die Sinnhaftigkeit dieser für ihr Handeln erkennen. Als Unterstützungsmethode geben Schwarzer und Jerusalem (2002) diesbezüglich die laute Verbalisierung einzelner Schritte im Problemlöseprozess an. Metakognitive Fähigkeiten wie das Organisieren, Beobachten, Bewerten und Regulieren – wie sie auch im pluriliteralen Lehr-Lernmodell gefordert werden – sprechen die Autoren ebenfalls eine lernförderliche Wirkung zu. Aus diesem Grund soll im folgenden Kapitel nochmal genauer auf zentrale selbstregulatorische Fähigkeiten im Lehr-Lernprozess eingegangen werden.

2.3.1.2 Selbstregulation

Während der Aufklärung im 17. und 18. Jahrhundert entstand bereits der Kerngedanke, das Individuum zu einem mündigen Menschen zu erziehen. Rousseau sprach schon von einer Förderung der Selbstbestimmung des Zöglings durch Fremdbestimmung (Götz & Nett, 2011). Zu den Entwicklungen des 19. Jahrhunderts erwähnen sie weiter, dass die Selbsttätigkeit von Schülerinnen und Schülern während der Reformpädagogik im Fokus von Maria Montessori und Rudolf Steiner stand. In der Sozial- und Persönlichkeitspsychologie erlangte in den 1990ern die Selbstbestimmungstheorie (*Self-Determination-Theory*) von Deci und Ryan (1985) große Bedeutung, auf die sich heutzutage vor allem im Lern- und Leistungskontext bezogen wird.

Die Thematik des selbstregulierten Lernens ist sehr breit gefächert und es werden ähnliche Begriffe wie zum Beispiel *selbstorganisiertes*, *autonomes* oder *selbstbestimmtes Lernen* verwendet (Merziger, 2007). Das autonome Lernen bezieht sich beispielsweise auf Lernsituationen, in denen die Verantwortung ganz alleine beim Lernenden selbst liegt und sein Verhalten nicht durch fremdformulierte Lernaufträge gelenkt wird (Konrad,

2008). Ziele sind eigenständig zu formulieren, kontrollieren und regulieren. Die dafür notwendigen Ressourcen, inklusive Lernzeit und Lernort, werden selbstständig eingeteilt und nach Bedarf variiert. Anders als beim völlig *autonomen Lernen*, bekommen Schülerinnen und Schüler zu Beginn des *selbstregulierten Lernens* in der Schule Wahlmöglichkeiten in einzelnen Bereichen zugesprochen. Dies kann sich auf die Verwendung von Materialien, Lernstrategien, Aufgabenformate oder die Bearbeitungszeit beziehen, sodass übergreifende Lernziele von der Lehrkraft vorgegeben werden. Die Motivation und Konzentration müssen dabei eigenverantwortlich und über den gesamten Prozess hinweg aufrecht gehalten werden. Neben den internen Merkmalen, welche in der Verantwortung des Lerners liegen, ist das selbstregulierte Lernen zusätzlich von externen Bedingungen wie der situativen Aufgabenkultur, den Anforderungen und den Handlungsspielräumen abhängig. Zusammenfassend beschreibt eine Definition von Götz und Nett (2011) den Vorgang des selbstregulierten Lernens sehr passend:

Selbstreguliertes Lernen ist eine Form des Erwerbs von Wissen und Kompetenzen, bei der Lerner sich selbstständig und eigenmotiviert Ziele setzen sowie eigenständig Strategien auswählen, die zur Erreichung dieser Ziele führen und durch Bewertung von Erfolgen bezüglich der Reduzierung der Ist-Soll-Differenz Ziele und Aktivitäten im Hinblick auf eine Erreichung des Soll-Zustandes prozessbegleitend modifizieren und optimieren. (Götz & Nett, 2011, S. 146)

Götz und Nett (2011) sehen die gezielte Auswahl und Anwendung von Lernstrategien als essentiell an, was jedoch impliziert, dass diese bereits zu einem früheren Zeitpunkt eingeführt und verinnerlicht wurden. Da der Weg des selbstregulierten Lernens zwischen gezielter Fremdregulation und völliger Selbstregulation ein sehr langwieriger ist, bezeichnen Götz und Nett (2011), wie auch die Graz Group (Meyer, O. et al., 2015) Lernen als ein Kontinuum in Form von „self-generated thoughts, feelings, and actions that are planned and cyclically adapted to the attainment of personal goals“ (Zimmerman, 2000, S. 14). Dieser Annahme stimmt auch Boekaerts (1999) zu. Sie behauptet, dass es sich nicht um ein einmaliges Ereignis, sondern eher um eine Abfolge bestimmter kognitiver und affektiver Prozesse handelt, die in bestimmten Teilbereichen des Informationsverarbeitungssystems gemeinsam operieren. Neben der tatkräftigen Unterstützung von Lehrkräften ist auch die soziale Interaktion mit Gleichaltrigen hilfreich. Die Notwendigkeit der Hilfen wird im Laufe der Zeit immer geringer, da der Lerner aufgrund seines Repertoires kognitiver und metakognitiver Lernstrategien immer weniger auf die Hilfe anderer angewiesen ist und schließlich lebenslang selbstreguliert lernen kann.

Zur Beschreibung aller ablaufenden Vorgänge während der Selbstregulation hat sich kein Modell eindeutig durchgesetzt (vgl. Bachmann, 2009; Götz, 2011; Rothermund & Eder, 2011). Abhängig vom Untersuchungsgegenstand eignen sich entweder Modelle, die Wert auf die Hierarchie einzelner Faktoren legen oder aber verschiedene Prozessvariablen in Beziehung setzen. Die vorliegende Arbeit stützt sich auf das Dreischichten-Modell von Boekaerts (1999), welches in Abbildung 6 zu erkennen ist.

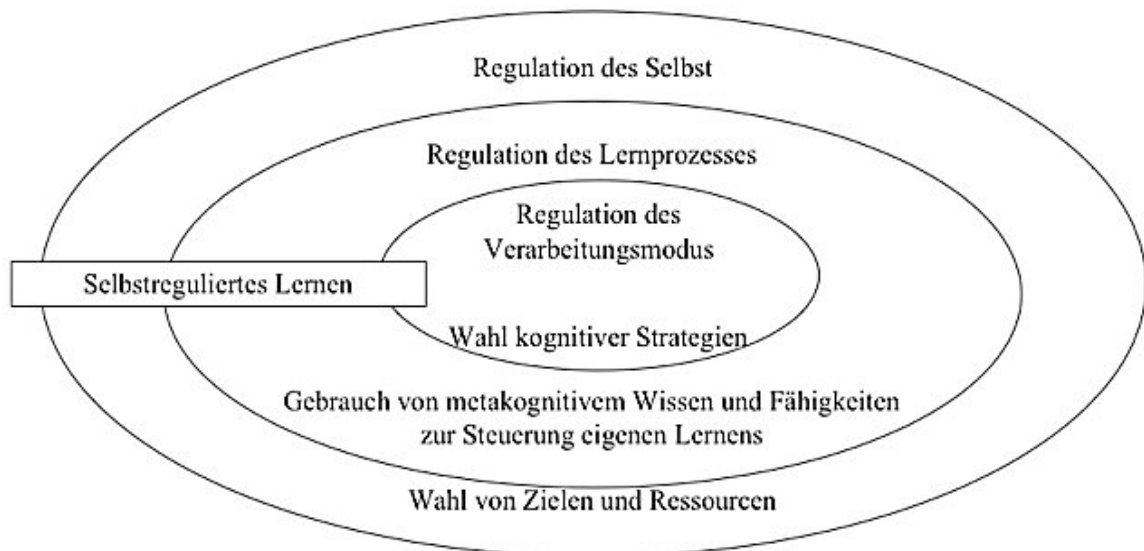


Abbildung 6. Dreischichten-Modell von Boekaerts (1999).

Für das selbstregulierte Lernen ist nach Boekaerts (1999) die Regulation des Verarbeitungsmodus zentral. Kognitive Prozesse sind für jeden Lernschritt unerlässlich und lassen sich durch Lernstrategien wie Wiederholungs- oder Organisationsstrategien anleiten. Reguliert und verknüpft werden einzelne Aktivitäten zu einem gesamten Lernprozess schließlich mit Hilfe der Metakognition. Sie ist in erheblichem Maße für die Planung und Erreichung von Zielen verantwortlich. Die äußere Grenze bildet im Modell die Regulation des Selbst, welche den Lerner anhält, sich für die momentane Tätigkeit zu motivieren, diese ehrgeizig auszuführen und sich nicht von anderweitigen Aktivitäten ablenken zu lassen. Aus diesem Grund ist die Selbstregulation eine Art übergeordnetes Konstrukt (Otto, 2007), welches die schulische Selbstwirksamkeitserwartung das Stressmanagement oder auch die Motivation und das Interesse miteinander vereint.

Eingebettet in ein Rahmenmodell des dynamischen Wissenserwerbs lässt sich SRL als ein zielorientierter Prozeß des aktiven und konstruktiven Wissenserwerbs beschreiben, der auf dem reflektierten und gesteuerten Zusammenspiel kognitiver und motivational-emotionaler Ressourcen einer Person beruht. (Baumert et al., 2007, S. 2)

Es kann deshalb postuliert werden, dass sich eine Intervention im Kern des drei Schichten Modells nach Boekaerts (1999) anhand von kognitiven Strategien auch in einer Veränderung des äußersten Bereiches im Form einer veränderten Selbstregulation äußern müsste. Diese inneren kognitiven Strategien könnten Hilfen zum Verfassen schriftlicher Erklärungen und dem Verstehen fachlicher Inhalte sein.

2.3.1.3 *Interesse*

Als Interesse bezeichnet man eine „herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand, die durch eine hohe subjektive Wertschätzung für den Gegenstand und eine insgesamt positive Bewertung der emotionalen Erfahrungen während der Interessenhandlung gekennzeichnet ist“ (Krapp, Geyer & Lewalter, 2014, S. 205). Das bedeutet, je zentraler und relevanter ein Gegenstand für eine Person ist, desto größer ist auch ihr Interesse daran. Im schulischen Kontext bedeutet das, dass der Lerngegenstand eine Relevanz für die Schülerinnen und Schüler aufweisen muss, um folglich als interessant und lernenswert aufgefasst zu werden. Dies kann sich entweder in der gefühlsbezogenen Komponente des Interesses („*Chemie macht mir Spaß*“) oder einer wertebezogenen Komponente („*Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst*“) äußern. In ihrer Studie mit 55 Realschülern der zehnten Klassenstufe hat Baumgartner (2014) für das Fach Geschichte herausgefunden, dass das individuelle Fachinteresse einen Einfluss auf das situationale Interesse hat. Dieses kann durch ansprechende Kontextualisierungen gesteigert werden und ist eine Voraussetzung für das selbstregulierte Lernen. Interessensförderlich sind außerdem das Erleben von Kompetenz, ein Gefühl der Autonomie und die soziale Eingebundenheit des Lerners. In ihrer Metaanalyse zum Einfluss schulischen Interesses auf den Schulerfolg stellen Schiefele, Kapp, Wild und Winteler (1993) fest, dass über verschiedene Schulstufen und Fächer hinweg eine mittlere Korrelation von $r = .30$ besteht. Das Interesse selbst wird durch Sprachbarrieren negativ beeinflusst und nimmt im Laufe der Schulzeit besonders für Mädchen in den naturwissenschaftlichen Fächern ab (Pastille & Mantschew, 2013).

2.3.1.4 *Motivation*

Rheinberg (2008) beschreibt Motivation als eine „aktivierende Ausrichtung des momentanen Lebensvollzugs auf einen positiv bewerteten Zielzustand“ (ebd. 2008, S. 15). Lernmotivation beschreibt die „Bereitschaft eines Lernenden, sich aktiv und wirkungsvoll mit bestimmten Themengebieten auseinanderzusetzen, um neues Wissen zu erwerben bzw. das eigenen Fähigkeitsniveau zu verbessern“ (Krapp et al., 2014, S. 194). Die Anreize, sich mit einem Themengebiet auseinander setzen zu wollen, können dabei von außen in Form von Noten (extrinsisch) oder vom Lerner selbst als Freude an neuem Wissen oder der Tätigkeit selbst (intrinsisch) geschaffen werden. Während des Lernprozesses hat die aktuelle Motivation einen Einfluss auf den Verlauf und die

Steuerung kognitiver und emotionaler Prozesse. Folglich besteht auch für die Motivation ein Zusammenhang mit den schulischen Leistungen der Schülerinnen und Schüler. Zur Aufrechterhaltung der Motivation empfehlen Pastille und Mantschew (2013) deshalb kleinschrittige, gut strukturierte Lernhilfen, die dem Erkenntnisstand des Lerners angepasst sind. Auch Pintrich (1999) fordert eine Unterstützung der Lerner anhand von flexiblen Hilfestellungen zur Förderung der Motivation und Selbstregulation. Es mangle allerdings noch an geeigneten Scaffolds, sowie weiterer Forschung, wie diese genau die Motivation positiv beeinflussen.

In the most basic of terms, motivation and interest are sustained through achieving success in learning and that would require implementing a pedagogy that provides students with continued success within a lesson and across many lessons. In other words, a pedagogy that scaffolds students into a deeper understanding of the scientific knowledge creates the critical engagement that we wish to promote in students. (Polias, 2016, S. 7)

2.3.1.5 *Emotionales Wohlbefinden*

Emotionales Wohlbefinden ist definiert als "[m]ulti-faceted construct referring to the psychological, cognitive, social and physical functioning as determined by a multitude of factors" (OECD, 2017, S. 62). Wie auch die zuvor angesprochenen affektiven Merkmale beeinflusst das emotionale Wohlbefinden der Schülerinnen und Schüler ihre kognitive Involviertheit, welche wiederum eine entscheidende Rolle für den Schulerfolg spielt (Meyer, O. & Imhof, 2017; OECD, 2017; Pietarinen, Soini & Pyhältö, 2014). Des Weiteren wird durch das emotionale Wohlbefinden die Motivation und die Selbstregulation beeinflusst (Boekaerts & Niemivirta, 2000), welche ebenfalls wichtige Komponenten im Lernprozess sind. Da das schulbezogene Wohlbefinden den Schlüssel zum emotionalen und kognitiven Engagement darstellt, sollte eine positive Beziehungen zwischen den Schülerinnen und Schülern, sowie zwischen den Lernenden und Lehrenden stärker in Betracht gezogen werden, als lediglich den Fokus auf das Individuum zu richten (Pietarinen et al., 2014).

2.3.2 **Engagement**

Pietarinen et al. (2014) definieren Engagement als „[...] active involvement in school related tasks and activities [...] [which] is perceived as meta-construct comprised of *behavioural, cognitive and emotional* dimensions [...]“ (Pietarinen et al., 2014, S.41). *Cognitive engagement* ist definiert als „student’s psychological investment in and effort directed toward learning, understanding, or mastering the knowledge, skills, or crafts that academic work is intended to promote“ (Newmann, Wehlarge & Lamborn, 1992, S. 12). Es beschreibt folglich die Hingabe und persönliche Leistungsbereitschaft, Lernstrategien gezielt einzusetzen, um bestmögliche Lernerfolge zu erzielen. Pekrun und Linnenbrink-Garcia (2012) verwenden den Begriff *cognitive-behavioural engagement*, da es sich nicht

um automatisierte, sondern bewusst gesteuerte und kognitiv anspruchsvolle Prozesse handele, wie das Lösen komplexer Probleme unter Verwendung kognitiver, metakognitiver und selbst-regulativer Strategien (vgl. Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2012, S. 267) zeige. Ein hohes kognitives Engagement befähigt den Lerner zur Regulation des eigenen Lernprozesses, damit die von der Lehrperson vorgegebenen Anforderungen bestmöglich erfüllt werden können. Im Gegensatz zum „deep processing“, finden beim „shallow processing“ (Lam et al., 2012, S. 405) ein Auswendiglernen und Wiedergeben bekannter Informationen, sowie eine oberflächliche Bearbeitung neuer Aufgaben statt.

Emotional engagement ist definiert als „students’ emotions in relation to learning tasks, and on feelings of belonging which refer to a sense of general connectedness with peers, teachers, or the school” (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2012, S. 268). Da das emotionale Engagement einen Einfluss auf das kognitive Engagement und folglich auf den Lernerfolg hat (Pietarinen et al., 2014), sehen es Meyer, O. und Imhof (2017) als notwendig an, relevante, motivierende, aktivierende und differenzierte Lernaufgaben mit einem konkreten Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler zu schaffen.

Behavioural engagement bezeichnet sowohl die Bereitschaft an schulischen Lernprozessen als auch an außerschulischen Aktivitäten teilzuhaben (Lam, Wong, Yang & Liu, 2012). *Social-behavioural engagement* beschreibt die Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen und die Interaktion in der Klasse. It „includes support for high-quality social interactions that directly facilitate students’ engagement and learning within peer-to-peer learning contexts through collaboration” (Pekrun & Linnenbrink-Garcia, 2012, S. 268). Sind Schülerinnen und Schüler kognitiv, emotional und sozial im Lernprozess involviert, so hat dies laut Pietarinen et al. (2014) positive Auswirkungen auf die Schulnoten, die Performanz im Rahmen standardisierter Tests und die Verwendung relevanter Lernstrategien. Lerner sind eher bereit, Zeit und Mühe in den Lernprozess zu investieren und handeln effizienter. Des Weiteren sind für sie die Aufgaben von großer persönlicher Bedeutung und sie zeigen eine höhere Frustrationstoleranz bei herausfordernden Aufgaben (Wang & Eccles, 2011, 2013). Ideales Engagement äußert sich laut Bempechat und Shernoff (2012) in „deep problem-solving, authentic interest, and enjoyment in creating ‘works’ encapsulated by the concept of flow” (Bempechat & Shernoff, 2012, S. 319).

2.3.3 Performanz

Im Gegensatz zu memorierbaren und reproduzierbaren Fakten, weisen 21st century skills vielmehr eine Prozess- als eine Produktorientierung auf. Das bedeutet, dass den Lernern zunehmend komplexere Lern- und Arbeitsstrategien an die Hand gegeben werden müssen, um sich selbst Wissen aufbauen und komplexe Probleme lösen zu können. Meyer, O., Imhof, Coyle und Banerjee (2018) fassen dies unter der *Performance* bzw. *Mastery* zusammen und plädieren, wie auch Bloom und Engelhart (1976), für eine Progression der Performanz anhand zunehmend komplexer werdender kognitiver Aktivitäten. Zur Aktivierung dieser Lernanlässe hat die Graz Group (2016) innerhalb des *Pluriliteracies Teaching for Learning Wheels* (vgl. Abbildung 7) Operatoren zusammengefasst, die die gewünschte Performanz für jeden Abschnitt des Erkenntnisweges (Handeln – Organisieren – Erklären – Argumentieren) hervorrufen können.

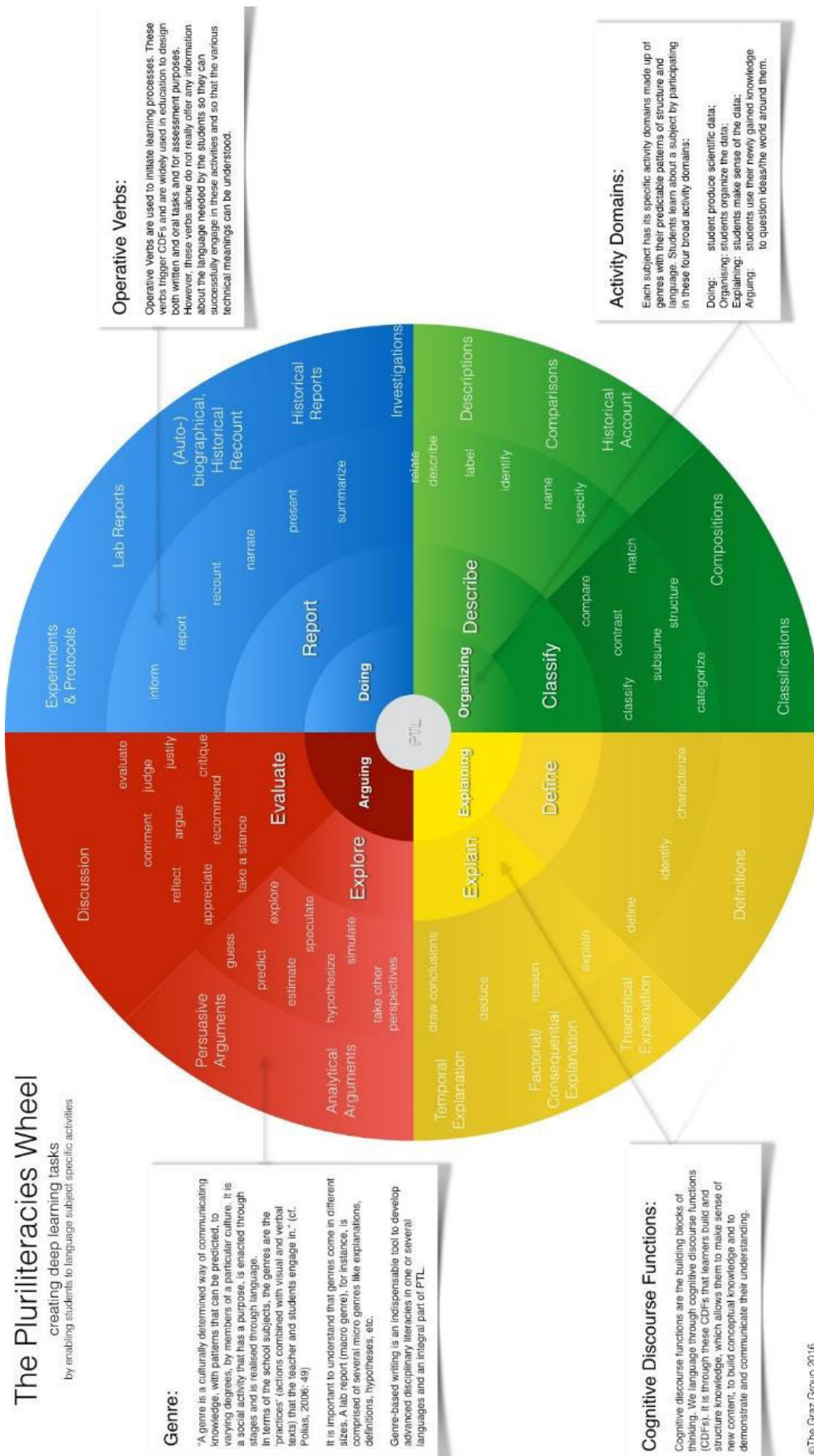


Abbildung 7. Operatoren zur Initiierung vertiefter Lernprozesse im Pluriliteracies Wheel (The Graz Group, 2016).

2.3.4 Selbst-Reflexion

Zum erfolgreichen Hervorbringen fachgerechter Performanz müssen Lernerfolge konkret rückgemeldet und Defizite konstruktiv aufgezeigt werden. Im Sinne der zunehmenden Selbstregulation und einem lebenslangen Lernen sollte diese Rückmeldung aber nicht nur von außen erfolgen, sondern auch die eigene Reflexionsfähigkeit anhand von Lerntagebüchern, Portfolios oder Ähnlichem gefördert werden. Durch die Überwachung des eigenen Lernprozesses wird eine positive Lernhaltung geschaffen, die sich wiederum auf die Motivation und das Interesse auswirkt. Selbst-Reflexion ist folglich Lernziel und Lerngegenstand zugleich (Meyer, O., Imhof et al., 2018).

2.3.5 Fazit der Rolle individueller Persönlichkeitsmerkmale im Rahmen vertiefter Lernprozesse

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Lernerfolg fachlicher Inhalte und fachsprachlicher Kompetenzen zentral durch internale affektive Merkmale des Individuums – positiv wie negativ – beeinflusst wird. Aus diesem Grund ist es essenziell, eine angstfreie Lernumgebung zu schaffen, in der sich die Schülerinnen und Schüler optimal gefordert und gefördert fühlen. Anhand von relevanten Lerninhalten kann ein Interesse am Fach und Lerngegenstand geschaffen werden und die Motivation, sich mit diesem vertieft beschäftigen zu wollen, aufrechterhalten werden. Entsprechende Aufgaben- und Rückmeldungsformate müssen gewählt werden, damit die Lerner Inhalte im Sinne einer kognitiven, emotionalen und sozialen Beteiligung aktiv begreifen können. Sind diese Voraussetzungen gegeben, wird sich eine positive Selbstwirksamkeitserwartung, also das Gefühl eine Aufgabe erledigen zu können, einstellen. So kann der Lernprozess selbstreguliert ausgeführt und anschließend reflektiert werden. Werden jedoch einzelne Aspekte vernachlässigt, wirkt sich dies nicht nur auf andere affektive Merkmale, sondern auch auf die kognitiven negativ aus. Aus diesem Grund plädieren Meyer, O. und Imhof et al. (2018) für:

- generating and sustaining achievement and commitment
- constructing knowledge and refining skills
- demonstrating and communicating understanding

Um diesen Forderungen nachgehen zu können, ist die gezielte Planung, Durchführung und Reflexion des Lernprozesses entscheidend. Deshalb wird im Folgenden Kapitel auf die Rolle der Lehrkraft und ihre pädagogischen Entscheidungen im Rahmen vertiefter Lernprozesse eingegangen.

2.4 Die Rolle der Lehrkraft und ihrer pädagogischen Entscheidungen im Rahmen vertiefter Lernprozesse

In den vorherigen Kapiteln wurde auf zentrale affektive, kognitive und soziale Einflussfaktoren im Lernprozess eingegangen. Eine optimale Lernumgebung, die all diese Einflussfaktoren berücksichtigt und gezielt fördert, stellt sich nicht automatisch ein, sondern muss von der Lehrkraft präzise geplant und in der sozialen Interaktion realisiert werden. Aus diesem Grund sollen im folgenden Kapitel zentrale Merkmale guten Unterrichts vorgestellt, sowie die Forschungslücke bezüglich guten Unterrichtsmaterials herausgestellt werden.

2.4.1 Merkmale guten Unterrichts zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Neben den generellen Merkmalen guten Unterrichts, die beispielsweise von H. Meyer (2003) herausgearbeitet wurden, soll im Folgenden besonders auf Merkmale zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität eingegangen werden. Pellegrino und Hilton (2012) stellen dazu eine Liste mit Prinzipien und Methoden zur Integration spezifischer Fachinhalte in die 21st century skills. *Digital age literacy, inventive thinking, effective communication* und *high productivity* (Turiman et al., 2012) können folglich erreicht werden, wenn das Verstehen allgemeiner übergreifender Prinzipien gefördert wird. Neben abstrakten Gesetzmäßigkeiten und Regeln bedarf es ebenso themenspezifischer und flexibel anwendbarer Problemlösestrategien. Es wird deutlich, dass nicht die reinen Fachinhalte, sondern vielmehr der Weg zu ihnen anhand metakognitiver Prozesse gegangen werden muss (Moje, 2008). Schülerinnen und Schüler müssen verstehen, warum bestimmte Inhalte so zentral für eine Fachkultur sind, wie man diese erhält und was sie konkret bedeuten. Dazu ist zum einen die Förderung komplexer kognitiver Fähigkeiten, den sogenannten *higher order thinking skills*, aber auch die Verbalisierung dieser Prozesse anhand der korrekten Fachsprache essenziell.

Pellegrino und Hilton (2012) geben an, dass so früh wie möglich mit dem Aufbau dieser Strukturen begonnen werden sollte, da die Fähigkeit, vernetzt denken zu können, für das erfolgreiche Handeln in und Mitgestalten von heutigen Wissensgesellschaften unabdingbar ist. Damit sich solche komplexen Wissensnetzwerke bilden können, müssen Lernziele explizit gemacht und Erwartungen transparent kommuniziert werden. Hilfestellungen müssen den Schülerinnen und Schülern dazu verhelfen, schrittweise so zu Denken, Sprechen und Handeln, wie es ein Experte der jeweiligen Fachkultur tut. An die Vorerfahrungen des Lerners anknüpfend, muss der Lernprozess anhand von herausfordernden und motivierenden Aufgabenstellungen strukturiert werden. Dabei sollte immer eine optimale Passung zwischen Herausforderung und Können bestehen, sodass eine Entwicklung innerhalb der *Zone of Proximal Development* (ZPD), wie sie Vygotsky (1981) bezeichnet, stattfinden kann.

Stellen sich Schülerinnen und Schüler selbst Fragen, die sie beantworten müssen, sind sie genau an diesem Punkt, dass an das eigene Vorwissen angeknüpft wird, dieses aber nicht ausreicht, um den Sachverhalt ausführlich erklären zu können. Dass die intrinsische Motivation höher ist, eigene Fragen beantworten zu wollen, als die von der Lehrkraft vorgegebenen, scheint naheliegend. Fauser (2017) sieht es zudem als lernförderlich an, wenn die Lehrperson etwas über ihr eigenes Verstehen preisgibt und verschiedene Lösungswege vorstellt. Kahl (2017) fügt dem hinzu, dass echte Experten in den Lernprozess mit integriert werden sollten. Das Entstehen solcher fruchtbaren Lernpartnerschaften sehen auch Meyer, O. und Imhof (2017) als wichtig an. Damit während des Lernprozesses ein *deeper learning mindset* resultieren kann, stellt Meyer, O. (2016) Fragen auf, die zur Planung vertiefter Lernarrangements hilfreich sein können. Die Lehrkraft muss sich diesbezüglich zunächst fragen, was die Kompetenzen, Fakten und Strategien sind, die die Schülerinnen und Schüler erlernen sollen. Im nächsten Schritt erfolgt die Analyse geeigneter Hilfestellungen wie sprachliche Muster, Abbildungen und Möglichkeiten der Rückmeldungen, um die Lerner ideal auf ihrem Erkenntnisweg unterstützen zu können. Zuletzt muss beantwortet werden, anhand welcher Lernprodukte das angestrebte Lernziel erreicht werden kann.

Zur Überprüfung des Erfolges vertiefter Lernprozesse sind neue Methoden der Bewertung notwendig, da sich vertieftes Verständnis in mehr äußern muss als reinem Fachwissen. Meyer, O. und Imhof et al. (2018) weisen darauf hin, dass Lehrkräfte dazu die geeignete Metasprache besitzen müssen, um Lernerfolge entsprechend rückzumelden und prozessorientiert erfassen und bewerten zu können. An dem Beispiel einer Erklärung könnte die Lehrkraft beispielsweise darauf hinweisen, dass die Ursachen und Wirkungen noch nicht kausal vernetzt sind oder nur monokausal erklärt wurde, sodass daraufhin konkrete Möglichkeiten angeboten werden können, um die Erklärung entsprechend zu verbessern. Stattet man auch die Schülerinnen und Schüler mit dieser Metasprache aus, können auch sie in Form formativen Feedbacks Rückmeldungen geben. Im Anhang sind diesbezüglich Hilfsblätter zu finden, die sich mit dem Verfassen von Erklärungen, Fragestellungen, Hypothesen usw. befassen. Anhand dieser „*How to...*“ Blätter können Schwachstellen leicht aufgezeigt und konkrete Verbesserungsvorschläge anhand der Musterformulierungen gegeben werden.

2.4.2 Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse notwendig

Vergleicht man die von Pellegrino und Hilton (2012) geforderten Aspekte zur Förderung vertiefter Lernprozesse mit jenem Material, wie es in Schulen eingesetzt wird, so werden Diskrepanzen deutlich. Pellegrino und Hilton (2012) formulieren einen Mangel guten Materials für amerikanische Schulen; Meyer, O. und Imhof et al. (2018) sehen ebenso Bedarf für deutsche Hochschulen. Pastille und Mantschew (2013) stellen in ihrem Buch „Die Naturwissenschaften zur Sprache bringen“ zwar Material für den naturwissenschaftlichen Eingangsunterricht bis zur achten Klasse vor, formulieren aber

auch für die Oberstufe einen Materialmangel. Pastille und Mantschew (2013) verwenden in ihrem Material Methoden zur Fachsprachförderung nach Leisen (2013) und legen zudem sehr großen Wert auf die Präsentation erhaltener Versuchsergebnisse. In diesem Material werden weder Mikrogenres, wie das Erklären oder Definieren, explizit gemacht, noch werden konkrete Formulierungshilfen bereitgestellt. Außerdem könnte die Verbindung zwischen Methoden zur Fachsprachschulung und den Fachinhalten enger sein, da anstelle des Sortierens von Möbelkatalogen ein fachlicher, aber dennoch schülernaher Einstieg verwendet werden können. Pastille und Mantschew (2013) entwickeln insgesamt sieben Szenarien zu einzelnen naturwissenschaftlichen Themen. Interessant wäre es auch zu sehen, wie die Progression der fachlichen und fachsprachlichen Inhalte innerhalb einer kompletten thematisch geschlossenen Unterrichtsreihe aussähe.

Zusammenfassend belegt das folgende Zitat von Voogt, Erstad, Dede und Mishra (2013) auf wie vielen Ebenen noch Forschungsbedarf bezüglich Materials zum vertieften Lernen besteht:

Despite some consensus about what 21st century competencies are and how they can be acquired, results from international studies indicate that teaching strategies for 21st century competencies are often not well implemented in actual educational practice. The reasons for this include a lack of integration of 21st century competencies in curriculum and assessment, insufficient preparation of teachers and the absence of any systematic attention for strategies to adopt at scale innovative teaching and learning practices. (ebd. 2013, S. 403)

2.5 Forschungsfragen und Hypothesen

2.5.1 Zusammenfassung der fünf zentralen Forschungsdesiderate

Zusammenfassend stellen sich aus dem theoretischen Hintergrund der Arbeit fünf Forschungslücken als zentral heraus. Erstens findet laut Pellegrino und Hilton (2012) vertieftes Lernen im schulischen Kontext nur selten statt, obwohl es für die Teilhabe an und Weiterentwicklung von modernen Gesellschaften dringend notwendig ist. Es müssen folglich Lernarrangements geschaffen werden, die einerseits zum Lösen relevanter Probleme in der sozialen Interaktion herausfordern, andererseits aber auch in Form von flexiblen Hilfestellungen, formativem Feedback, sowie einer transparenten Zielsetzung unterstützen.

Das zweite Forschungsdesiderat bezieht sich auf die Sachfachliteralität und kognitiven Diskursfunktionen, da der Kompetenzbereich *Kommunikation* in der Chemie noch einen Entwicklungsbereich darstellt (Stäudel, Braun, 2006). Die fachsprachliche Kommunikation muss dringend ausgebaut werden, um Fehlvorstellungen und die Vermischung verschiedener Repräsentationsebenen (Barke, 2012) zu verhindern. Problematisch an der dazu notwendigen chemischen Fachsprache ist allerdings, dass diese nur schwer zu erlernen ist. Das liegt daran, dass sie teilweise konzeptuell weiter von der Alltagssprache entfernt ist, als es für eine Fremdsprache der Fall ist und sie zudem nicht von der Alltagssprache getrennt werden kann (Rinke, 2010). Da sich manche Fachlehrer nicht im Stande fühlen, Fachsprache explizit einzuführen oder sie keine wertvolle Unterrichtszeit dafür opfern wollen, muss das Potential der chemischen Fachsprache zunächst verdeutlicht und Lehrkräfte anschließend mit konkreten Hilfestellungen zur Fachsprachenförderung ausgestattet werden.

Drittens wird bezüglich des Scaffoldings ein Mangel an geeignetem Unterrichtsmaterial zur Förderung vertiefter Lernprozesse (Pellegrino & Hilton, 2012), sowie eine ausbleibende curriculare Anbindung dessen (Voogt et al., 2013) formuliert. Es muss herausgefunden werden, welchen Einfluss entsprechendes Material auf die Entwicklung des Fachwissens hat und wie sich der Einsatz solchen Materials auf die Veränderung affektiver Schülermerkmale auswirkt. Letzteres liegt darin begründet, dass das schulische Wohlbefinden den Lernerfolg entscheidend mit beeinflusst und deshalb positiv ausgeprägt sein sollte.

Das vierte Desiderat ist in der Didaktik des bilingualen Unterrichts zu verorten. Es wird diesbezüglich gefordert, dass die jeweilige Sachfach- und Fremdsprachendidaktik miteinander vereint werden (Dalton-Puffer, 2013), um das volle Potential dieser Unterrichtsform entfalten zu können. Der empirische Fokus der vorliegenden Arbeit liegt deshalb auf einer integrierten Fachsprachenförderung im bilingualen Chemieunterricht mit dem Ziel, sowohl einen Mehrwert bezüglich der Fachsprache als auch des Fachwissens zu erzielen. Studien im Kontext bilingualen Unterrichts weisen zahlreiche Problematiken im Design auf. Zu diesen zählt beispielsweise die Missachtung des

Selektionseffektes, sodass bilingual unterrichtete Lerner mit traditionell monolingual unterrichteten Schülerinnen und Schülern verglichen wurden, was nicht zulässig ist. Als fünftes Defizit sei schließlich die Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität genannt. Kognitive Prozesse sind nicht direkt beobachtbar, sondern können nur durch die Verbalisierung dieser Rückschlüsse ermöglicht werden. Vorliegende Analyseraster befassen sich häufig mit der Sprachrichtigkeit und der korrekten Realisierung des Genres, lassen die Verarbeitungstiefe und -breite des Inhaltes aber außer Acht. In Kapitel 3 wird genauer auf diese Problematiken eingegangen und ein erstes Bewertungsraster zur Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität am Beispiel kausaler Erklärungen vorgestellt.

2.5.2 Formulierung der Forschungsfragen und Hypothesen

Betrachtet man sich die vier Elemente des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells, so wird ersichtlich, dass diese zum einen eng miteinander verzahnt sind und zum anderen alle eine notwendige Voraussetzung für den Lernerfolg darstellen. Findet nun eine Intervention seitens der Unterrichtsmethodik und -didaktik statt, so müsste dies auch positive Auswirkungen auf die Entwicklung der Fachsprache, des Fachwissens und der affektiven Persönlichkeitsmerkmale mit sich führen. In Abbildung 8 ist dies anhand der Pfeile im Grundriss des Modells angedeutet. Für jeden Pfeil wurde jeweils eine separate Hypothese formuliert.

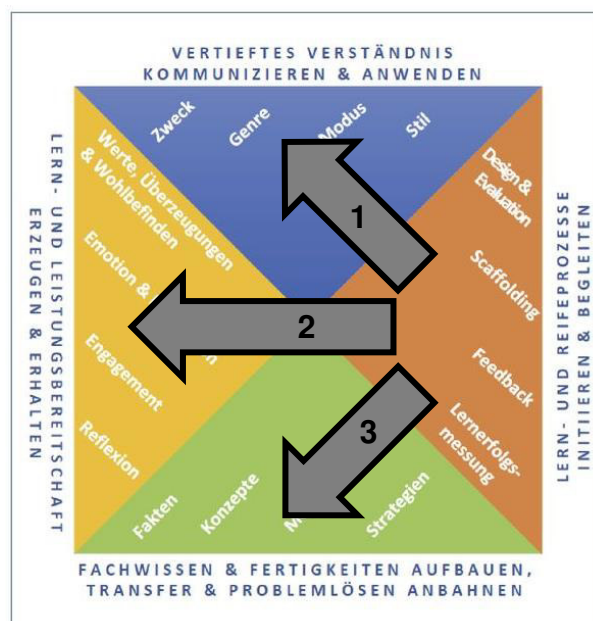


Abbildung 8. Visualisierung der Hypothesen 1 bis 3 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.

Welchen Einfluss hat eine gezielte Fachsprachenförderung auf die Entwicklung der
Fachsprache, des Fachwissens und der affektiven Schülermerkmale?

Hypothese 1: Der Fachsprachen Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Hypothese 2: Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, erreichen für die Selbstregulation und/oder die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und/oder das Fachinteresse Chemie eine signifikant höhere Verbesserung, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem bilingualen Chemiematerial unterrichtet werden.

Hypothese 3_a: Der Fachwissens Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Hypothese 3_b: Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet werden, verbessern sich bezüglich ihrer wahrgenommenen Sicherheit des Fachwissens (CAQ-Werte) signifikant mehr als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Neben den affektiven und kognitiven Veränderungen ist es außerdem interessant herauszufinden, welche Schülerinnen und Schüler am meisten von dem entwickelten Lernmaterial profitieren. Dazu wird der Fachwissens- und Fachsprachenzuwachs in Abhängigkeit der Ausprägung affektiver Merkmale betrachtet. Da es zu dem pluriliteralen Lehr-Lern-Ansatz noch keine empirischen Befunde gibt, sind die folgenden beide Hypothesen explorativer Art (vgl. Abbildung 12).

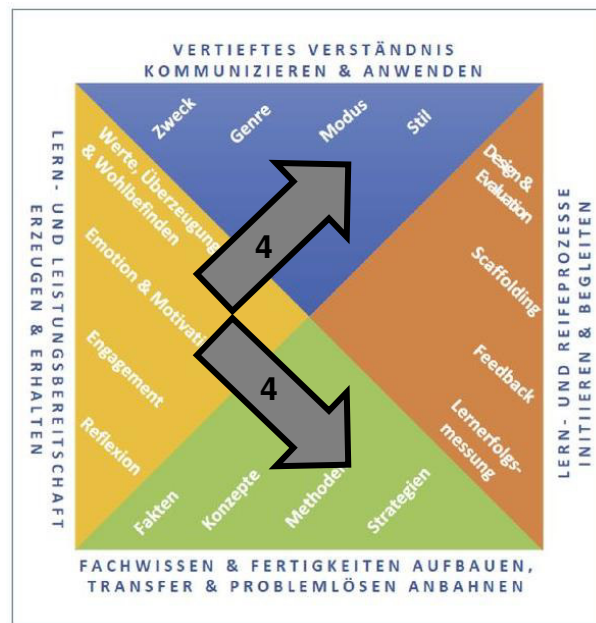


Abbildung 9. Visualisierung der Hypothese 4 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.

Welche Schülerinnen und Schüler profitieren am meisten vom Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteraltät?

Hypothese 4_a: Alle Schülerinnen und Schüler der PTDL-Gruppen weisen signifikante Verbesserungen bezüglich des Fachwissens und/oder der Fachsprache im Verlauf der Unterrichtsreihe auf.

Hypothese 4_b: Schülerinnen und Schüler, die ihre Fähigkeit zur Selbstregulation im Vortest als gering einschätzen, weisen eine signifikant höhere Verbesserung des Fachwissens und/oder der Fachsprache auf, als Schülerinnen und Schüler, die sich zu Beginn der Unterrichtsreihe als sehr selbstreguliert bezeichnen.

Gleiches wird für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung angenommen.

Für das Fachinteresse Chemie wird davon ausgegangen, dass besonders Schülerinnen und Schüler von dem PTDL-Ansatz profitieren, die sehr interessiert am Chemieunterricht sind.

Behält das pluriliterale Lehr-Lern-Modell durch eine Verbesserung der Fachsprache, des Fachwissens und der affektiven Merkmale Gültigkeit, so müsste sich dies auch in einem Zusammenhang dieser drei Elemente äußern. Dieser Zusammenhang soll anhand der folgenden Hypothesen überprüft werden (vgl. Abbildung 13).



Abbildung 10. Visualisierung der Hypothese 5 anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.

Besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Fachsprache, dem Fachwissen und den affektiven Schülermerkmalen?

Hypothese 5_a: Die affektiven Merkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung und Fachinteresse Chemie) korrelieren positiv miteinander.

Das Fachwissen korreliert positiv mit der Fachsprache.

Hypothese 5_b: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen.

Zuletzt soll überprüft werden, wie sich die Einstellung der Schülerinnen und Schüler gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus im Laufe der Unterrichtsreihe in Abhängigkeit der Intervention verändert. Abschließend erfolgt eine Bewertung der Unterrichtsreihe. Dazu wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

Schätzen Schülerinnen und Schüler, die mit dem Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachlateralität unterrichtet wurden, das Material, die Sprachhilfen und die Unterrichtsreihe insgesamt positiver ein, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet wurden?

Hypothese 6_a: Schülerinnen und Schüler der PTDL-Gruppen profitieren signifikant mehr von den Arbeitsblättern und Sprachhilfen als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem bilingualem Material unterrichtet wurden.

Hypothese 6_b: Englisch als Arbeitssprache schränkt die Versuchsklassen signifikant weniger ein als die Vergleichsklassen.

Hypothese 6_c: Die PTDL-Klassen geben außerdem an, signifikant mehr Training zur Verbesserung der Fachsprachen erhalten zu haben.

Hypothese 6_d: Schließlich bewerten sie die Unterrichtsreihe insgesamt signifikant besser als Schülerinnen und Schüler der Vergleichsklasse.

3. Forschungskonstrukt, Methoden und Instrumente

Nach der Vorstellung zentraler Merkmale, die Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse enthalten sollte, wird Unterrichtsmaterial basierend auf diesen fünf Prinzipien exemplarisch vorgestellt. Anschließend wird auf die Problematik der Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität eingegangen, bevor ein integratives Analyseraster zur Erfassung dieser vorgestellt wird. Alle weiteren Erhebungsinstrumente zur Erfassung affektiver und kognitiver Schülermerkmale werden nach dem gewählten Design vorgestellt.

3.1 Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Geht man davon aus, dass vertieftes Lernen „die Fähigkeit der Bereitschaft zu einem differenzierten Erfassen und Deuten von Welt sowie zum Formen eigenständiger Urteile“ (Schartz, 2017, S. 6) ist, so muss Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse Wege aufzeigen, wie Experten der jeweiligen Fachkultur Dinge erfassen, deuten und sprachlich adäquat aufbereiten. Dies bietet neben dem Austausch mit anderen auch „Möglichkeiten zu[m] selbstständige[n] Weiterlernen“ (Schartz, 2017, S. 6). Neben fachspezifischen Inhalten und Handlungsweisen ist dazu ebenfalls die Fachsprache zentral, da durch sie neue Fakten in das bestehende Wissensnetzwerk integriert, sowie Konzepte aufgebaut und flexibel anwendbar gemacht werden. Im folgenden Kapitel werden die dazu aus der Theorie als zentral herausgearbeiteten Merkmale vorgestellt.

3.1.1 Merkmalskatalog für Materialien zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Zahlreiche Materialtypen haben sich bereits als lernförderlich erwiesen. Das positive Potential lag dabei beispielsweise im Abbau von Fehlvorstellungen, einer verstärkten selbstregulierten Arbeitsweise oder einer Verbesserung der Fachsprache. Da all diese Aspekte wichtige Voraussetzung für das vertiefte Lernen und die Sachfachliteralität sind, liegt der Schluss nahe, dass eine Integration einzelner Elemente zu einer umfassenden Förderung und Unterstützung der Schülerinnen und Schüler beitragen kann. Aus dieser multiperspektivischen Betrachtungsweise heraus haben sich die folgenden fünf Merkmale als zentral herauskristallisiert:

1. Inhaltliche, sprachliche und metakognitive Progression
2. Verknüpfung fachsprachlichen und inhaltlichen Lernens am konkreten Sachverhalt
3. Schaffen kognitiver Konflikte und Aufgreifen von Prä- oder Fehlkzepten
4. Multidimensionales Scaffolding
5. Förderung affektiver Schülermerkmale und des Engagements

Inhaltliche, sprachliche und metakognitive Progression

Progression muss sowohl innerhalb einer Unterrichtsreihe als auch innerhalb jeder Unterrichtsstunde erkennbar sein. Diese Progression bezieht sich auf die Prinzipien *vom Leichten zum Schweren* und *vom Konkreten zum Abstrakten*. Analog des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells ist der Progression vom Konkreten zum Abstrakten durch die abstrahierenden Schritte des Handelns, Organisierens, Erklärens und Argumentierens Rechnung getragen. Da während dieser Schritte entsprechende kognitive Diskursfunktionen abverlangt werden, entspricht dies auch einer Steigerung der kognitiven Anforderung anhand der von Bloom entwickelten sechs Taxonomie Stufen (knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis und evaluation) (Bloom & Engelhart, 1976). Diese lassen sich in lower-order thinking (remembering, understanding, applying) und higher-order thinking (analyzing, evaluating, creating) unterteilen. Beide dieser kognitiven Prozesse sind notwendig, um effektives Lernen zu ermöglichen (Coyle et al., 2010).

Um die higher und lower order thinking processes anregen zu können, eignen sich die Lernanlässe des Pluriliteracies Wheels (The Graz Group, 2016). Zu jedem dieser Operatoren kann ein expliziter Erwartungshorizont formuliert und Musterlösungen zur Verfügung gestellt werden. Ein weiterer Vorteil ist die organische Stundenstruktur, welche sowohl dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg entspricht als auch zur Fachsprachenförderung geeignet ist.

Verknüpfung fachsprachlichen und inhaltlichen Lernens am konkreten Sachverhalt

Neben der generellen Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachlateralität ist es wichtig, diese gemeinsam in einer fachspezifischen Art und Weise zu fördern. Basiert eine Erklärung aus fachlicher Sicht auf dem Struktur-Eigenschafts-Konzept, so muss dem Lerner aus fachsprachlicher Sicht aufgezeigt werden, wie er sein Verständnis darüber anhand einer kausalen Erklärung konkret verbalisieren kann:

Metalle können zur Herstellung von Stromkabeln verwendet werden, weil sie den elektrischen Strom leiten. Das wiederum liegt daran, dass sie über delokalisierte Valenzelektronen verfügen, die Ladung in Richtung des elektrischen Stroms transportieren.

In umgekehrter Reihenfolge muss während einer Erklärung auch auf korrekte Fachbegriffe oder die Grenzen eines Modells hingewiesen werden. *Wasser ist ein Dipol, weil die Elektronegativitätsdifferenz zwischen den H-Atomen und den O-Atomen größer 0,4 ist.* Dieses Beispiel macht deutlich, wie eine Erklärung fachlich unsauber wird, wenn verschiedene Repräsentationsebenen miteinander vermischt werden.

Zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler werden deshalb Beispiele, Merksätze, Definitionen, Ursache-Wirkung-Diagramme, sowie das PRO-Modell zum Verfassen kausaler Erklärungen zur Verfügung gestellt. Außerdem ist der von zahlreichen Autoren (Barke, 2012; Klippert, 2012; Leisen, 2013; Pastille & Mantschew, 2013) geforderte Wechsel verschiedener Darstellungsformen essentieller Bestandteil des Materials.

Schaffen kognitiver Konflikte und Aufgreifen von Prä- oder Fehlkonzepten

Kognitive Konflikte werden ausgelöst, wenn ein Sachverhalt allein durch Vorwissen nicht erklärt werden kann, ja diesem sogar widerspricht. Ein konkretes Beispiel dafür wäre der Springbrunnenversuch, während dem Wasser in einem Gefäß scheinbar „freiwillig“ nach oben fließt. Kognitive Konflikte haben ein großes lernförderliches Potential, da das menschliche Gehirn bestrebt ist, diese Dissonanz durch Akkommodation (Bonnet, 2004), also dem Anpassen des bekannten Schemas, wieder auszugleichen. Kommt es nicht zu diesen Konflikten, werden neue Inhalte lediglich durch Assimilation in das bestehende Schema integriert und es können Fehlvorstellungen entstehen. Als Beispiel kann ein Schmuckstück aus Gold oder Silber problemlos im Schwimmbad getragen werden, eins aus Magnesium, Natrium oder Kalium wäre hingegen fatal. Die schlichte Erweiterung des Konzeptes, das alle Metalle edel sind, wäre demnach irreführend.

Der Einfluss vorhandener Fehlvorstellungen eines Themas hat auch einen negativen Einfluss auf das Erlernen von weiteren Inhalten anderer Themengebiete (Chang et al., 2007). „Auch im naturwissenschaftlichen Bereich bringen Schüler viele Vorstellungen mit in den Unterricht, die nicht mit den wissenschaftlichen übereinstimmen. Ein Nichtaufgreifen dieser Ideen kann zu Lernschwierigkeiten führen“ (Beerenwinkel, Parchmann & Gräsel, 2007, S. 7). Der Widerstand, diese Fehlvorstellungen zu revidieren, ist davon abhängig, wie tief sie in das konzeptuelle Wissensnetzwerk eingebaut sind (Chinn & Brewer, 1993). Aus diesem Grund soll das Bilden hausgemachter Präkonzepte (Barke, 2006, S. 22) aufgrund unstrukturierten Unterrichtens vermieden werden (Steininger, 2010). Barke (2006) verwendet dazu Concept Cartoons, anhand derer die Schülerinnen und Schüler falsche Antworten begründend ablehnen und richtige Antworten formulieren müssen. Ebenfalls positiv beeinflusst werden kann die konzeptuelle Auffassung durch das bewusste Verbinden und Kontrastieren mehrerer Repräsentationsebenen. Auch in Lernerfolgskontrollen sollten Fehlkonzepte beispielsweise als Distraktoren verwendet werden. Caleon und Subramaniam (2010) konnten so Fehlvorstellungen von nicht-Wissen unterscheiden. Sie gehen sogar davon aus, dass sich durch diese Herangehensweise die Anzahl von Fehlvorstellungen reduzieren lässt.

Multidimensionales Scaffolding

Scaffolding ist ein pädagogisches Prinzip, welches eine zeitlich begrenzte, materielle oder kognitive Unterstützung des Lerners beschreibt, die ganz im Sinne eines Baugerüsts je nach Bedarf reguliert, beziehungsweise komplett entfernt werden kann. Dieser Prozess wird auch als *Fading* (Sherin, Reiser & Edelson, 2004) bezeichnet. Das Modell basiert auf dem sozial-konstruktivistischen Ansatz von Lev Vygotsky, der im Einklang mit Piaget (Bliss, Askew & Macrae, 1996) davon ausgeht, dass Wissen vom Lerner selbst konstruiert werden muss und nicht passiv weitergegeben werden kann.

Ihren Ursprung findet die Methode in dem Artikel „The Role of Tutoring in Problem Solving“ von Wood, Bruner und Ross (1976). Sie definieren *Scaffolding* als einen Prozess, der es dem Lerner ermöglicht, eine für ihn unlösbare Aufgabe mit der Unterstützung eines Experten zu lösen (Wood, Bruner & Ross, 1976). Die bestehende Lücke zwischen eigenständiger und gestützter Problembewältigung bezeichnet Vygotsky als *Zone of Proximal Development* (Clark & Graves, 2005). Zur Überwindung dieser Lücke werden dem Lerner kognitiver Input oder auch andere Hilfsmittel wie Merkblätter, Checklisten, vorstrukturierte Versuchsbeobachtungen oder ähnliches zur Verfügung gestellt. Die Unterstützung durch *Scaffolds* gliedern Bliss et al. (1996) in die drei folgenden Arten: *Reception*, *Transformation* und *Production Scaffolds*. *Reception Scaffolds* befasst sich mit der Informationssuche, Fokussierung der Aufmerksamkeit und Organisation durch Concept Maps oder Ähnlichem. *Transformation Scaffolds* lehren die Schülerinnen und Schüler, Dinge zu klassifizieren und *Production Scaffolds* verdeutlichen schließlich, was gelernt wurde. Zentrale Merkmale des Scaffoldings sind das laute Denken des Lehrers, das exemplarisches Vormachen, unterstützendes Feedback, eine individuelle Differenzierung, sowie eine hohe Schüleraktivierung.

Besonders an dieser Strategie ist das Gleichbleiben von Komplexität und Umfang der Aufgabe, wohingegen die Verantwortung allmählich vom Experten zum Novizen übertragen wird (Bliss et al., 1996). Die Effektivität des Scaffoldings wurde bereits in mehreren Fächern und mit unterschiedlichen Methoden, Altersstufen, Genres und Arten der Scaffolds überprüft (Bliss et al., 1996; Clark & Graves, 2005; Read, 2010). Auffallend ist beispielsweise an der von Read (2010) entwickelten IMSCI Methode der positive Einfluss von *peer groups*. Das von ihr entwickelte IMSCI Model gliedert den Lernprozess in die folgenden Teilschritte: Inquiry, Modeling, Shared, Collaborative, Independent. Während der ersten Phase, der *Inquiry*, werden die Schüler mit dem Genre vertraut gemacht und der Fokus wird auf bestimmte Merkmale dieses Genres gelegt. In der *Modeling* Phase führt der Lehrer dazu einen Schreibauftrag exemplarisch vor, indem er Strategien wie das Brainstorming, Organisieren, Skizzieren, Vorschreiben und Überarbeiten anwendet. *Shared* bezeichnet den nächsten Schritt des gemeinsamen Verfassens eines Textes im Plenum. Die Schüler werden aktiv in die Ideenfindung und Formulierung mit einbezogen. Jeder Lerner trägt lediglich eine geringe Verantwortung am Gesamtprodukt, weshalb es nicht zur Überforderung und Frustration kommt. In der *Collaborative* Phase verfassen Schülerinnen und Schüler in Kleingruppen Texte. Die mündliche Absprache von Inhalten und die Konkretisierung von Ideen erleichtert die anschließende Verschriftlichung der Inhalte. In der letzten *Independent* Phase verfassen alle Schülerinnen und Schüler eigenständig einen Text. Dabei erhalten sie Hilfestellung in Form von mündlichen Erinnerungen, Merkblättern oder Checklisten. Ein großer Vorteil dieser Methode liegt in der Transparenz des Erwartungshorizontes und der Integration schriftlich schwacher Schülerinnen und Schüler an der mündlichen Vorarbeit.

Martin und Rose (2008) schlussfolgern aus ihren Untersuchungen ebenfalls, dass „successful joint construction“ (S.73) die momentan erfolgreichste Methode zum Erlernen schriftlicher Genres ist. Auch das Vorgehen von Polias (2016) stimmt mit den Überlegungen einer moderaten Verantwortungsübernahme am Schreibprozess überein. Für das pluriliterale Lehren und Lernen ist das Scaffolding ebenfalls unabdingbar, da auf die Fähigkeiten und Fertigkeiten jeden einzelnen Lerner differenziert eingegangen werden kann. Meyer, O. (2016) beschreibt das dabei zu verwendende Scaffolding als multidimensional. Es ist proaktiv, da es sowohl das Vorwissen der Lerner als auch ihre Entwicklung miteinschließt. Aufgrund der Feedback- und Reflexionskomponente ist es ebenfalls reaktiv. Es ist Prozess- und Performanz orientiert, da solange spezifische Hilfestellung zu jedem Handlungsschritt gegeben wird, bis diese nicht mehr benötigt wird. Anhand vielseitiger und flexibler Übungsformen wird die Aufmerksamkeit, Reflexion und Kommunikation entsprechend auf den Sachverhalt gerichtet. Das Scaffolding bezieht sich dabei sowohl langfristig auf die Planung der kompletten Unterrichtsreihe als auch auf die kurzen Zeitabstände einer Unterrichtsstunde oder -phase. Nach Hattie (2012) ist der Lehrer demnach sowohl für die Bereitstellung der Lernangebote, als auch für die Aktivierung der Lernprozesse verantwortlich.

Teachers who play dynamic, interactive roles with students – pushing students to clearly define their own learning goals, helping them gain the learning muscle to effectively pursue those goals, and supporting them in monitoring how they are doing in achieving those goals – have extremely strong impacts on their students’ learning. Such teachers do not ‘let the students learn on their own’ but instead help them master the difficult and demanding process of learning. (Fullan & Langworthy, 2014, S. 20)

Förderung affektiver Schülermerkmale und des Engagements

Nicht nur inhaltlich und fachsprachlich müssen Lerner gefördert werden, sondern sollten sie ihren Lernprozess auch aktiv mitgestalten (Pietarinen et al., 2014). Die Motivation, ein selbst entwickeltes Experiment zur Beantwortung der Forschungsfrage durchzuführen ist größer, als einen vorgegeben Versuchsablauf kochrezeptartig abzuarbeiten. Das eigenständige Gestalten des Lernarrangements fördert außerdem die selbstregulativen Fähigkeiten und erhöht bei erfolgreichem Abschluss die Selbstwirksamkeitserwartung der Schülerinnen und Schüler. Da die Versuche in Kleingruppen durchgeführt und besprochen werden, findet Lernen in der sozialen Interaktion statt. Das Präsentieren der Versuchsergebnisse im Plenum führt schließlich zur Wertschätzung der Lernprodukte. Konkrete Kontexte, wie ein verrostetes Fahrrad, oder eine Lupe zum Feuermachen erhöhen die Schülerrelevanz und ermöglichen einen Alltagsbezug. Das aktive Begreifen der Sachverhalte anhand von Versuchen, Modellen und Realia, sowie herausfordernden Aufgabenstellungen ermöglicht eine kognitive, emotionale und soziale Beteiligung am

Lernprozess. Können Schülerinnen und Schülern vor der Präsentation ihre Antworten anhand von Lösungskarten oder Hilfskarten überprüfen, ist das Wohlbefinden der Schülerinnen und Schüler während der Präsentation der Versuchsergebnisse höher.

3.1.2 Exemplarisches Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Als eine der zentralen chemischen Reaktionen wird die Redox-Reaktion in der Schule spiralcurricular unterrichtet, sodass die Inhalte zunehmend abstrakter werden. Leider sind es auch genau diese zentralen chemischen Reaktionen, die komplex zu lehren scheinen (Österlund & Ekborg, 2012), häufig als zu schwer eingestuft werden, von Fehlvorstellungen behaftet sind und Fachbegriffe folglich falsch verwendet werden (Shehu, 2015). Um dem entgegenzuwirken, wurde zum vertieften Erlernen der Redox-Reaktionen Material für die Orientierungsstufe, die Sekundarstufe I und II entwickelt. Im Folgenden wird das Material exemplarisch für eine Unterrichtsstunde zur Reduktion von Kupfer in der Sekundarstufe I vorgestellt.

Das Material basiert auf den Kriterien des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* von Meyer, O. et al. (2015) und verknüpft allgemeine Methoden zur Fachsprachenförderung von Leisen (2013) mit zentralen Basiskonzepten der Chemie. Bezüglich der von Leisen (2010) beschriebenen vier Sprachkompetenzbereichen ist vor allem die Standardsituation 7: „Sachverhalte erklären und erläutern“ (Leisen, 2010, S. 10) von Interesse. Die Kompetenz zum professionellen Ausüben dieser Standardsituation wird durch entsprechende Inhalte der Unterrichtsreihe sukzessive aufgebaut, indem sich die Schülerinnen und Schüler beispielsweise vom Lückentext zum frei geschriebenen Fließtext oder von der Beobachtung über die Erklärung hin zum übergeordneten Prinzip bewegen. Nach der Betrachtung des Einzelexperiments erfolgt der Transfer auf komplexe lebensnahe Problemstellungen.


Es ist darauf hinzuweisen, dass bewusst eine intensive Verschmelzung zwischen den fachspezifischen Forschungsmethoden (Experimentieren), dem Inhalt (Redox-Reaktionen), sowie der Fachsprache (Erklärungen) stattgefunden hat. Es handelt sich demnach nicht um ein reines Methodentraining, beziehungsweise separate Trainingseinheiten zur Fachsprachenförderung außerhalb des Regelunterrichts, wie es beispielsweise bei Özcan (2012) der Fall war. Dort wurde die Fachsprachenförderung im Anschluss an das Inhaltslernen gesetzt, was als wenig sinnvoll erachtet wird, da genau in dieser Verknüpfung der beiden Prozesse ein wechselseitiger Synergieeffekt angenommen wird. In jeder Phase des PTDL-Zyklus (*doing, organizing, explaining* und *arguing*) wird der Lerner deshalb bestmöglich mit entsprechenden sprachlichen und methodischen Hilfestellungen unterstützt, um die gemeinsame Förderung der Fachsprache und des Fachwissens zu ermöglichen. Zur Veranschaulichung des Vorgehens dient die Stunde

zum Thema „Ötzi – *The Iceman*“. Die Schülerinnen und Schüler sollen herauszufinden, ob der Mann aus dem Eis tatsächlich im Stande war, aus den ihm zur Verfügung stehenden Materialien wie Kohle, Kupfererz und Feuer elementares Kupfer herzustellen.

Exemplarische Unterrichtsstunde nach dem pluriliteralen Lehr-Lern-Modell zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

In der ersten handlungsorientierten Phase lesen die Schülerinnen und Schüler den Brief einer wissbegierigen Museumsbesucherin mit der Bitte um Mithilfe (vgl. Abbildung 11). Aus dieser Problematisierung entsteht die Forschungsfrage „*Is it possible to produce elemental copper out of copper ores, charcoal and fire?*“. Dazu wird eine Hypothese formuliert (vgl. Abbildung 12), sowie ein Experiment zur Beantwortung der Forschungsfrage entwickelt und durchgeführt (vgl. Abbildung 13). Das eigenständige Planen und Durchführen von Experimenten ist zwar zeit- und materialaufwändiger, für die Initiierung vertiefter Lernprozesse aber unerlässlich, wie Pellegrino und Hilton (2012) angeben:

Practices, such as reasoning carefully about the implications of models and theories; framing questions and hypotheses so that they can be productively investigated; systematically analyzing and integrating data to serve as evidence to evaluate claims; and communicating and critiquing ideas in a scientific community are vital parts of inquiry. However, they tend to be missed when students are taught a scripted procedure designed to obtain a particular result in a decontextualized investigation. Furthermore, these higher-level reasoning and problem-solving practices require a reasonable depth of familiarity with the content of a given scientific topic if students are to engage in them in a meaningful way. (Pellegrino & Hilton, 2012, S. 127)



Hello, my name is Anna and I went to the Ötzi exhibition (Ausstellung) last week.

The museum guide said that Ötzi already knew how to produce copper. I don't I think this is possible because Ötzi lived in the year 3000 BC (before Christ) which is a long long time ago. Maybe the tourists who found him in the alpine ice in 1991 just placed the axe next to him to make their discovery sound more exciting. The only resources he could have possibly used back then were coal (carbon), fire, and copper ores like tenorite containing copper oxide.

Can you help me find out whether this story is true or false?





Abbildung 11. Beispielaufgabe der Doing Phase – Problematisierung.

 **1 Write down your research question and hypothesis.**


Research question:

Hypothesis:

If (I do this) _____

then (this is going to happen) _____


Abbildung 12. Beispielaufgabe der Doing Phase - Forschungsfrage und Hypothese formulieren.

 **2 Order the snippets below and carry out the experiment.**

<input type="checkbox"/>	With a funnel, the powder is given into a test tube.
<input type="checkbox"/>	The glass pipe leads into a small beaker which is filled to one third with lime water.
<input type="checkbox"/>	2 g copper oxide and 0,2 g charcoal are put into a mortar and pestled to a fine powder
<input type="checkbox"/>	The test tube is closed with a pierced stopper and a glass pipe.
<input type="checkbox"/>	After the reaction, the beaker is shook carefully.
<input type="checkbox"/>	The test tube is attached to an iron state and heated up with a Bunsen burner.
<input type="checkbox"/>	Once the test tube has cooled down, the product is put into a watch glass.

Abbildung 13. Beispielaufgabe der Doing Phase - Versuchsplanung und Durchführung.

Nachdem die Schülerinnen und Schülern den Versuch in Kleingruppen durchgeführt haben, fassen sie ihre Versuchsergebnisse mit den in Abbildung 14 veranschaulichten Hilfestellungen zusammen. Die mündliche Besprechung der Ergebnisse, sowie das schriftliche Fixieren und Organisieren sind Teil der zweiten Komponente des *Organizing*.

 **3 Write down your observations. Use the word railing.**

1. Before – reaction – reactants – mixture – black – powder – lime water – transparent – colourless solution
2. During – reaction – heat – powder – glow – colour change from ... to ... – gas development – lime water – milky/blurry
3. After – reaction – two – products – red – shiny – solid substance – colourless – gas

Abbildung 14. Beispielaufgabe der Organizing Phase - Versuchsbeobachtungen strukturiert sichern.

Anhand organisierter, gruppierter oder zusammengeführter Daten kann das ursprüngliche Material während der Internalisierungsphase schrittweise entfernt werden. Durch die immer weiter voranschreitende Verbalisierung und Abstraktion einzelner Versuchsergebnisse, anhand von Erklärungen und Deutungen, formen sich übergreifende Basiskonzepte der Chemie. In dieser Phase brauchen die Schülerinnen und Schüler besonders sprachliche Hilfe, um die Inhalte schlüssig zu vernetzen, strukturieren und mit bereits Bekanntem verbinden zu können.

Zur Erklärung der Versuchsergebnisse wird den Lernern deshalb ein Schreibmuster zum Verfassen kausaler Erklärungen zur Verfügung gestellt. Dieses wurde in Anlehnung an das PRO-Modell von Putra und Tang (2016) und das CER-Modell von McNeill und Krajcik (2006) entwickelt. Diesen beiden ist gemeinsam, dass eine enge Verknüpfung der Versuchsbeobachtungen mit allgemeinen Gesetzen und Prinzipien anhand kausaler Erklärungen erfolgt. Das modifizierte Schreibmuster ist in Abbildung 15 und Abbildung 16 zu erkennen. Im Verlauf der Unterrichtsreihe werden die Lückentexte sukzessive reduziert, sodass am Ende lediglich Anmerkungen und Hinweise zum Schreiben von Erklärungen vorgegeben werden. Durch Nominalisierungen und Fachbegriffe können Informationen verdichtet und abstrahiert werden.

<p>4 Write a scientific explanation to answer your research question. Use the word box.</p> <p>black • oxygen • oxidised • reducing agent • red • endothermic • lowest energy states • more • copper oxide • copper oxide • energy • shiny • oxygen • oxygen • higher energy • oxygen • dull • copper • copper • coal (carbon)</p>
<p>Principle: Give a general law/theory/model.</p>
<p>All natural processes tend towards their _____ _____. To reverse (umkehren) natural processes, you must add _____ because in the reaction you have to reach a state of _____. To reduce metal oxides (to take away their _____) you need a good reducing agent. Good reducing agents are substances which are very reactive with _____.</p>
<p>Reason: Logically connect the principles with your experiment.</p>
<p>To produce elemental copper from _____, Ötzi could have used every substance which is _____ reactive than copper. Due to the fact (Weil) all substances at the top of the reactivity ladder connect well with oxygen, they can be used as reducing agent. This means they reduce copper oxide by taking the _____ away. The effect is that the reducing agent is _____ as it takes on _____. Ötzi knew that carbon is a good _____.</p>

Abbildung 15. Beispielaufgabe der Explaining Phase - Versuchsbeobachtungen anhand des PRO-Modells erklären.

<p>Observation: Explain the main points of your observations by connecting them to your reasons.</p>
<p>During the reaction, the powder changed its colour and appearance from _____ and _____ to _____ and _____. It also changed its properties as it is no longer powdery but consists of small but hard pieces of _____. An _____ chemical reaction took place because there was enough heat and carbon.</p>
<p>Conclusions: Answer your question from above.</p>
<p>The experiment showed that elemental _____ can be produced by reducing _____ with _____.</p>

Abbildung 16. Fortsetzung Beispielaufgabe der Explaining Phase - Versuchsbeobachtungen anhand des PRO-Modells erklären.

Während der komplexesten mentalen Phase des Argumentierens kann das erlangte Wissen schließlich auf unbekannte Situationen übertragen werden. In der Ötzi-Stunde finden diesbezüglich ein Transfer der gewonnenen Inhalte auf verschiedene chemische Repräsentationsebenen und Darstellungsformen statt. So werden die im Fließtext verwendeten Fachbegriffe zunächst definiert (vgl. Abbildung 17) und die Versuchsergebnisse anschließend in eine standardisierte Form der Reaktionsgleichung gebracht (vgl. Abbildung 18).

<p>5 Define the word reduction and reducing agent using the following words: reduction, reducing agent, endothermic reaction, oxygen, oxygen, metal/non-metal, product, metal oxide/non-metal oxide, substance</p>
<hr/> <hr/> <hr/>

Abbildung 17. Beispielaufgabe der Arguing Phase – Fachbegriffsdefinition.

⑥ Fill out the word equation for the reduction of copper oxide.
Label the reduction, oxidation, reducing agent and oxidizing agent.

Hint: When you heat the copper oxide and coal mixture, a gas is produced. If this gas gets in contact with lime water, the lime water turns cloudy.

Abbildung 18. Beispielaufgabe der Arguing Phase - Fachbegriffszuordnung in das Redox-Schema.

Die Verallgemeinerung der Reduktion von Kupferoxid erfolgt mit Hilfe einer komplexen Grafik (vgl. Abbildung 20). Diese Aufgabe ist äußerst anspruchsvoll, da das Anwenden verschiedener Repräsentationsebenen (makroskopisch, mikroskopisch und sub-mikroskopisch), sowie Basiskonzepten (Energiekonzept und chemische Reaktionen) abverlangt wird. Zur Unterstützung der Lerner sind die gefragten Inhalte bereits auf dem Arbeitsblatt vorgegeben (vgl. Abbildung 19) und können zum Lösen der Aufgabe verwendet werden.

⑥ Decide whether the reduction of copper oxide is exothermic or endothermic.
Draw the graph into the diagram and fill out the blanks.

$\Delta E =$ reaction energy

$E_A =$ activation energy

copper + carbon dioxide

energy released (freigesetzt) to the surrounding or energy is absorbed (aufgenommen) from the surrounding

products

The reaction only starts once energy is added.

reactants

transition state (Übergangszustand)

copper oxide + carbon

potential energy

The exothermic/endothermic reduction of copper oxide

reaction progress (time)

The products contain more energy than the reactants.

Abbildung 19. Beispielaufgabe der Arguing Phase – Fachbegriffe und Definitionen als Hilfe zum Ausfüllen des Diagramms.

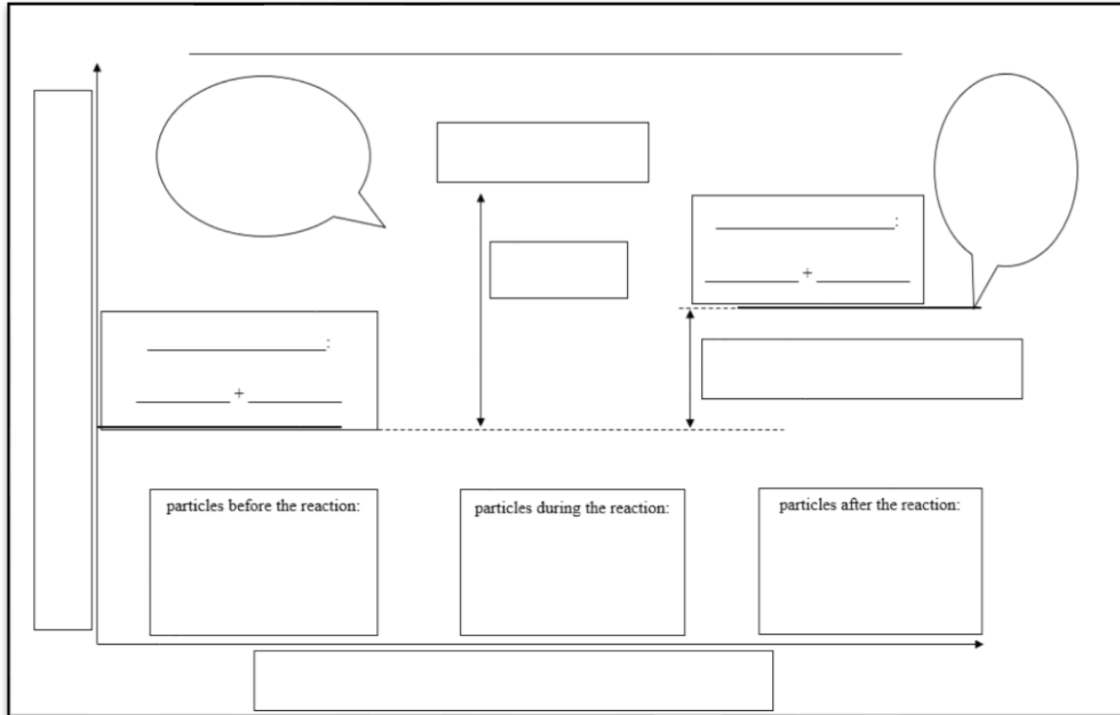


Abbildung 20. Beispielaufgabe der Arguing Phase - Beschriftung eines komplexen Diagramms.

Als letzte Aufgabe wird ein Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler hergestellt. Bevor sie den Brief der Museumsbesucherin Anna beantworten (vgl. Abbildung 21), schauen sich die Lerner ein Video an, in dem Kupfer in einem Erdloch statt im Reagenzglas hergestellt wird. So können sie die Chemie im Alltag erleben, anstelle sie als eine abgeschirmte Wissenschaft wahrzunehmen, der sie lediglich drei Schulstunden die Woche begegnen.


 **7 Watch the following movie: <https://www.youtube.com/watch?v=8uHc4Hirexc>**
Write a letter to Anna and explain how Ötzi produced copper.
(Anna is from Germany, so you can write your letter in German).

Abbildung 21. Beispielaufgabe der Arguing Phase – Beantwortung der Forschungsfrage in Form eines Briefes.

Neben der Entwicklung des Materials zur Förderung vertiefter Lernprozesse werden ebenfalls Möglichkeiten zur Evaluation dieser Materialien gefordert. Die vorliegende Arbeit leistet diesbezüglich einen Beitrag, indem ein Raster zur Bewertung schriftlich verfasster Erklärungen entwickelt wurde, mit Hilfe dessen sowohl die inhaltliche als auch die fachsprachliche Komplexität erfasst werden soll. Die theoretische Grundlage des Rasters wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

3.2 Bewertungsraster zur Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Vertiefte Lernprozesse sind nicht direkt beobachtbar, sondern können nur die Resultate dieser mit Hilfe von Sprache sichtbar gemacht werden. Geht man davon aus, dass zum Lösen komplexer Probleme tiefen- und breitenvernetzte mentale Modelle vorliegen, so müsste sich dies auch in der Verbalisierung äußern. So gibt es zahlreiche Auswertungsraster, die die Güte dieser Vernetzungen als Bewertungsmaßstab vertiefter Lernprozesse anlegen (vgl. Brown, 2005; Brown et al., 2010; Moon et al., 2016). Problematisch an diesen Auswertungsrastern ist allerdings, dass, wie in Brown (2005), bewusst von der Fachsprache abgesehen wurde, um die Verwendung nicht verstandener Fachbegriffe im Sinne leerer Worthülsen zu vermeiden.

Da jedoch genau mit Hilfe dieser Fachsprache Inhalte überhaupt erst sinnstiftend gespeichert, vernetzt und zugänglich gemacht werden, muss die Sachfachliteralität folglich erfasst werden. Aus diesem Grund sind bestehende Auswertungsraster zur Beantwortung der Forschungsfragen in den Augen der Autorin unzureichend.

Andererseits liegen Auswertungsraster vor, die sich mit der Erfassung der Fachsprache und genrespezifischen Strukturen von Erklärungen befassen (vgl. Coetzee-Lachmann, 2007; McNeill et al., 2006), aber keinen Aufschluss über die Tiefe und Breite inhaltlicher Vernetzungen geben. Folglich muss zur Erfassung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität ein integriertes Bewertungsraster entwickelt werden, welches diese Problematik umgeht. Im Folgenden werden zunächst verschiedene Studien und Analysemethoden vorgestellt, die die Grundlage des entwickelten Rasters darstellen, bevor dieses als abschließende Synopse folgt.

3.2.1 Bewertungsraster bezüglich der Fachsprache

Coetzee-Lachmann (2007) befasst sich in ihrer Studie mit der Entwicklung eines Analyserasters zur Erfassung fachspezifischer Schreibkompetenz. Das im Rahmen ihrer Dissertation validierte Deskriptoren Raster besteht aus sieben Skalen und kann neben der Bewertung von Schülertexten auch zur Beratung verwendet werden, indem aufgezeigt wird, in welchen Aspekten der verfasste Schülertext, von der einer Experten-Erklärung abweicht. Coetzee-Lachmann (2007) bewertet zum einen die korrekte Realisierung des Genres (*appropriateness of the discourse function*) und zum anderen die Qualität und Präsentation des konstruierten Wissens (*completeness and correctness of meaning*

constructed, appropriateness of the textual realization of meaning). Das Positive an den analytischen Skalen ist, dass sie validiert und laut der Autorin auf andere Aufgaben und Kontexte übertragbar sind. Aus einem intensiven Abgleich mit dem theoretischen Hintergrund der Arbeit kann geschlossen werden, dass das Auswertungsraster auch für die angestrebten Studien verwendet werden kann. Besonders die Subskala 1.3: *Effective linking of structural units* (siehe Tabelle 3) und die Subskala 2.1: *Sufficient and correct use of subject-specific terms and expressions* (siehe Tabelle 4) scheinen für die Erfassung wissenschaftlicher Erklärungen relevant.

Tabelle 3

Skala zur Bewertung der Textkohärenz anhand (kausaler) Konjunktionen (Coetzee-Lachmann, 2007, S. 275)

Descriptor	Score
Sentences and sentence parts are consistently well linked, producing a clear flow of ideas.	4
Sentences and sentence parts are for the most part well linked. Seen in relation to the text's length, there are only a limited number of instances in which the linking could have been more effective.	3
Sentences and sentence parts are to some extent linked. However, seen in relation to the text's length, there are a number of instances of disconnectedness, so that parts of the text might be fragmentary or choppy.	2
Sentences and sentence parts are linked to a limited degree, causing parts of the text to be so fragmentary that a flow of ideas is obstructed.	1
There is no identifiable linking of sentences and sentence parts	0

Tabelle 4

Skala zur Bewertung von Fachbegriffen und fachspezifischen Ausdrücken (Coetzee-Lachmann, 2007, S. 276)

Descriptor	Score
Subject-specific terms and expressions are consistently used where references are made to subject-related phenomena and are continuously used correctly.	4
Subject-specific terms and expressions are used to a large extent where references are made to subject-related phenomena and are used correctly in most instances. Only a limited number of subject-specific terms are lacking and/or a limited number of subject-specific terms and expressions are not used correctly. Incorrect terms might be used and/or collocations and spelling might be incorrect.	3
Subject-specific terms and expressions are used, but not to a sufficient extent and/or frequent errors are made in the application of subject-specific terms. About half of the references to subject-related phenomena are either made using terms and expressions that are not part of the subject-specific register and/or show errors regarding the terms used, collocations and spelling.	2
The use of subject-specific terms and expressions is limited and/or only a limited number of terms and expressions included are used correctly. In most instances, there are errors regarding the terms used, collocations and spelling.	1
No subject-specific terms or expressions are used.	0

3.2.2 Bewertungsraster bezüglich des Fachwissens

Brown (2005) evaluiert in seiner Studie ein multidimensionales Bewertungsraster zur Messung konzeptionellen Verständnisses. Dazu beantworteten 103 Chemiestudentinnen und Chemiestudenten neun schriftliche Fragen zu chemischen Experimenten. Diese Fragen sind jeweils so gestellt, dass für einzelne Antworten die konzeptionelle Verarbeitungstiefe (*conceptual depth*) und anhand der Kombination mehrerer Antworten die konzeptionelle Verarbeitungsbreite (*conceptual breadth*) ermittelt werden kann. Anstelle einer Momentaufnahme im Sinne von richtigen oder falschen Antworten, versucht Brown (2005) den Lernstand der Studenten anhand ihres „Nichtverstehens“ oder „noch-nicht-vollständigen-Verstehens“ als Meilensteine auf dem Erkenntnisweg zu definieren. Bildlich gesprochen will er herausfinden, auf welcher Höhe des Eisberges sich der Lerner befindet, anstelle lediglich anzugeben, ob er sich mit der Antwort bereits über oder noch unter Wasser befindet. Seine Legitimation dieses Vorgehens liegt darin begründet, dass rein richtig oder falsche Bewertungen nicht den Grundsätzen des Konstruktivismus entsprechen. Lerner seien keine leeren Hüllen, sondern verfügten über Vorwissen, an das angeknüpft und dadurch neues Wissen konstruiert werden könne. Diese Präkonzepte, oder auch „incomplete but productive steps along the path to complete and correct understanding“ (Brown, 2005, S. 4) sind eventuell noch fehlerhaft, haben aber einen lernförderlichen Einfluss auf das gewünschte Fachwissen. Folglich kann und sollte eine falsche Antwort mit mehr als null Punkten bewertet werden. In seiner Studie berichtet Brown (2005), dass die 103 getesteten Studentinnen und Studenten durchschnittlich lediglich das Level 2 (*elemental*) erreicht haben, was bedeutet, dass Phänomene nicht kausal erklärt werden können. Des Weiteren erkennen die Probanden mit einer Wahrscheinlichkeit von weniger als 50%, dass mehr als zwei Phänomenen dieselbe kausale Ursache zu Grunde liegt, obwohl dies für alle neun Versuche der Fall war.

Während das Multidimensional Measure of Conceptual Complexity Raster von Brown (2005) einen stark inhaltlichen Fokus aufweist, kann der *Evidence Based Reasoning Framework* (EBRF) von Brown und Furtak et al. (2010) den Lerner sowohl bei seiner Argumentation unterstützen als auch seinen Lernfortschritt anschließend messen. Der EBRF basiert zum einen auf den allgemeinen *Argument Patterns* von Toulmin (1958, 2003) und zum anderen auf einem Vorgehen von Duschl (2003) zum Schreiben wissenschaftlicher Erklärungen. Die Autoren geben an, dass die Lerner sowohl in der Testsituation als auch vorher bei der Instruktion Hilfestellungen benötigen, um alle Komponenten einer wissenschaftlichen Erklärung (*premise, claim, rules, evidence* und *data*) entsprechend realisieren zu können. Auch wenn der EBRF nicht direkt als Messinstrument verwendet werden kann, so dient er als Grundlage zur Entwicklung von Testinstrumenten und ist auf verschiedene Klassenstufen, Schularten und Themen anwendbar.

Eine praktische Umsetzung des EBRF ist in der Studie von Brown, Nagashima, Fu, Timms und Wilson (2010) zu erkennen, in der sie das EBRAS (*Evidence-Based Reasoning Assessment System*) entwickelt und bei 343 Schülerinnen und Schülern amerikanischer Middle und High Schools getestet haben. Zur Bewertung der Antworten wurden die drei folgenden Skalen angewendet: *conceptual sophistication*, *specificity* und *validity*. *Conceptual sophistication* gibt dabei die Komplexität des erklärten Gegenstandes an und entspricht annähernd der in Brown (2005) verwendeten konzeptionellen Verarbeitungstiefe. „The conceptual sophistication construct map describes the development of conceptual understanding as progressing from intuitive conceptions to normative scientific concepts“ (Brown & Nagashima et al., 2010, S. 147). *Specificity* ist ein Maß zur genauen Beschreibung bestimmter Eigenschaften wie zum Beispiel der Dichte, welche unspezifisch entweder als „groß“ oder exakt als 12 kg/m^3 angegeben werden kann. *Validity* gibt schließlich an, ob eine Schlussfolgerung logisch aus vorhandenen Beobachtungen generiert wurde oder kein Zusammenhang zu diesen besteht. Eine vollkommen valide Antwort muss dabei nicht notwendigerweise korrekt sein. So könnte beispielsweise argumentiert werden, dass das Gewicht von Eisenwolle während der Verbrennung abnimmt anstelle zuzunehmen, denn Streichhölzer, Wachs und Papier „verschwinden“ ja schließlich auch. Nicht bedacht wurde dabei allerdings, dass aus den getesteten Stoffen gasförmige Produkte entstehen, wohingegen es sich bei dem entstandenen Eisenoxid um einen Feststoff handelt. In Tabelle 5 sind die Kategorien mitsamt einer Beschreibung und den Originalbeispielen von Brown und Nagashima et al. (2010) zur Validierung von Schülererklärungen zu erkennen.

Tabelle 5

Skala zur Bewertung der Validität von Erklärungen (Brown, Nagashima et al., 2010, S. 150)

Response Category	Code	Description	Example Response
Fully Valid	FV	<ul style="list-style-type: none"> Entire conclusion follows from assumptions 	Since blocks with mass 2 g and 3 g both sank, a block with mass 4 g will sink and you can't tell whether a block with mass 1 g will sink or float.
Partly Valid	PV	<ul style="list-style-type: none"> Part of conclusion follows from assumptions; rest of conclusion not warranted 	Since blocks with mass 2 g and 3 g both sank, a block with mass 4 g will sink and a block with 1 g will float.
Invalid	IV	<ul style="list-style-type: none"> Conclusion is incorrect based upon assumptions 	Since blocks with mass 2 g and 3 g both sank, a block with mass 4 g will float.
No Link	NL	<ul style="list-style-type: none"> Assumptions as stated do not force a conclusion 	Since blocks with mass both sank, a block with mass 4 g will sink.

Moon et al. (2016) führen eine Studie zur Ermittlung schlussfolgernden Denkens anhand chemischer Erklärungen durch. Dazu wurden Studentinnen und Studenten zweier Seminare der physikalischen Chemie nach dem POGIL-Ansatz (Process-Oriented Guided Inquiry Learning) unterrichtet und das Geschehen per Video aufgezeichnet. Zur Bewertung der Argumentationskompetenz bezogen sich die Forscher einerseits auf Toulmins Argument Patterns (Toulmin, 1958, 2003) und andererseits auf einen Referenzrahmen chemischen Denkens von Sevian und Talanquer (2014). Diese fachspezifische Bewertungsskala der Chemical Thinking Learning Progression (CTLP) erfasst die Komplexität von Erklärungen auf vier verschiedenen Niveaus, die sich durch eine zunehmende Vernetzung kausaler Elemente unterscheiden. Das Ziel dieser Art der Bewertung ist es, Aufschluss über tieferliegende Denkprozesse zu erhalten. “Considering the students’ reasoning equips us to move past only evaluating students’ content knowledge to evaluating their ability to think and argue like a scientist” (Moon et al., 2016, S. 353).

Das *deskriptive* Niveau wird erreicht, wenn vorgegebene Informationen lediglich wiederholt bzw. elementare Phänomene beschrieben werden können. Für das *relational* Niveau müssen explizite und implizite Eigenschaften beschrieben, sowie einfache räumliche und zeitliche Beziehungen hergestellt werden können. Dabei ist das zu beschreibende Phänomen der Effekt einer einzelnen Variablen, wohingegen auf dem dritten *linearen* Level dieses als Mechanismus einfacher linearer Zusammenhänge beschrieben wird. Das komplexeste Niveau, oder *multicomponent* Level, zeichnet sich dadurch aus, dass neben der Beschreibung komplexer kausaler Zusammenhänge auch eine Gewichtung der Effekte vorgenommen wird. Die Einteilung der Niveaus steht im Einklang mit dem bereits beschriebenen siebenstufigen Raster von Brown und Furtak et al. (2010). In Tabelle 6 sind die Kategorien mitsamt ihren Merkmalen und Originalbeispiele der Autoren abgebildet.

Tabelle 6

Skala zur Bewertung der Komplexität von Erklärungen (Moon et al., 2016)

Category	Features	Example
Descriptive	<ul style="list-style-type: none"> • Salient properties are recognized • Explicit properties are verbalized • Phenomenon is instantiation of reality • Reasoning based on experiences from daily life 	“Work is done”
Relational	<ul style="list-style-type: none"> • Explicit and implicit properties are highlighted • Spatial and temporal relationships are identified • Phenomenon is effect of single variable (no mechanism) 	“Because the volume changes, work is done”
Linear	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanisms proposed that involve linear cause effect relationships • Step-wise mechanism 	“The reaction produces more moles resulting in an increased volume so the system does work on the surroundings”
Multi-component	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanism considers and weighs effects of several variables 	“Reaction produces more moles increasing pressure pushing the piston up doing work on the surroundings. Exothermic reaction releases energy, which can go into doing work on the surroundings.”

In ihrer Studie fanden Moon et al. (2016) heraus, dass Studentinnen und Studenten überwiegend Erklärungen auf dem *relational* Level verfassen, was bedeutet, dass sie lediglich zwei Aspekte zusammenführen, diese aber nicht kausal miteinander in Verbindung bringen können. Folglich ist ihre Argumentationskompetenz noch weit von der eines Experten entfernt, der mit Hilfe von komplex-dynamischen Beziehungen Phänomene umfassend erklärt (vgl. Brown, Nagashima et al., 2010; Moon et al., 2016). Diese mangelnde Kompetenz zur kausalen Verknüpfung mehrerer Elemente stimmt folglich mit den zuvor beschriebenen Erkenntnissen von Brown (2005) überein.

Aus den Bewertungsrastern bezüglich der konzeptuellen Verarbeitungstiefe scheinen die *Modes of Reasoning* von Moon et al. (2016) und das *Evidence-Based Reasoning Assessment System* mit dem Schwerpunkt der Validität von Brown und Furtak et al. (2010) angemessen, da sie zum einen zeigen, wie komplex das Ursache-Wirkungs-Gefüge ist und zum anderen eine Aussage über die Korrektheit formulierter Verbindung getroffen werden kann. So wird sichergestellt, dass auch bei fehlerhaften Leistungen die Kompetenz des Lerners auf dem Eisberg lokalisiert werden kann, auch wenn sich dieser noch unter der Wasseroberfläche befindet.

3.2.3 Bewertungsraster bezüglich der kognitiven Diskursfunktion des Erklärens

Bezüglich der schriftlichen Erklär-Kompetenz untersuchten McNeill et al. (2006) in ihrer Studie, ob eine schrittweise Reduktion von Hilfestellungen (*fading scaffolds*) Schülerinnen und Schüler besser auf das Verfassen schriftlicher Erklärungen vorbereitet, als Hilfen, die während des Lernprozesses gleichbleiben. Zur Einführung in die wissenschaftliche Erklärung diente ein Modell, welches Lehrkräften, sowie Schülerinnen und Schülern der siebten Klassenstufen amerikanischer Schulen, zentrale Bestandteile einer wissenschaftlichen Erklärung (*claim, evidence* und *reason*) näherbrachte. Neben diesem Primärziel der expliziten Einführung des Genres sollten mit dem Modell vertiefte Lernprozesse angeregt und mit Hilfe des Schreibmusters zum Ausdruck gebracht werden. „We hoped that by providing students with our explanation frame work, we would encourage deeper thinking and promote students translation of their thinking into written text” (McNeill et al., 2006, S. 163). Zur Bewertung dieser Kompetenz wurde ein Raster entwickelt, welches die einzelnen Bestandteile einer wissenschaftlichen Erklärung in drei Levels aufteilt und entsprechend von null bis zwei Punkten bewertet (vgl. Tabelle 7). Insgesamt gab es dazu im Vor- und Nachtest 30 MC Fragen und acht Schreibaufgaben, von denen vier Erklärungen waren. So konnte ein Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Erklär-Kompetenz hergestellt werden. Die Autoren bestätigen eine positive Korrelation zwischen diesen beiden. Zudem zeigt eine schrittweise Reduktion der Hilfen positive Auswirkungen auch bei Schreibaufgaben, die ohne diese Hilfen gelöst werden.

3.2.4 Synopse des *Framework for assessing subject specific explanations* basierend auf zentralen Elementen zuvor vorgestellter Bewertungsraster

Anhand der vorgestellten Studien und Analyseraster wurde der *Framework for assessing subject specific explanations* entwickelt, mit Hilfe dessen Schülererklärungen bezüglich ihrer fachlichen und fachsprachlichen Inhalte bewertet werden sollen. Die Synopse ist in Abbildung 22 zu erkennen.

Tabelle 7
 Analyseraster der Conceptual Sophistication einer kausalen Erklärung inklusive Erwartungshorizont, einer Beispiellantwort und Begründung der Punktevergabe nach McNeill et al. (2006).

Level	Criteria	Student exemplars
Claim	An assertion or conclusion that answers the original question.	
0	Does not make a claim or makes an inaccurate claim.	Solids 1 and 4 are the same.
1	Makes an accurate but incomplete claim.	Some of the solids are the same.
2	Makes an accurate and complete claim.	There are two solids that are the same. Them two solids are 2 and 4.
Evidence	Scientific data that supports the claim. The data needs to be appropriate and sufficient to support the claim.	
0	Does not provide evidence or only provides inappropriate evidence (evidence that does not support claim).	They have the same mass.
1	Provides appropriate, but insufficient evidence to support claim. May include some inappropriate evidence.	Solid 2 and 4 same soluble in water. Solid 2 and 4 have the same mass.
2	Provides appropriate and sufficient evidence to support claim.	[Solids] 2 and 4 have the same solubility, melting point is 175 °C and they are white.
Reasoning	A justification that links the claim and evidence and shows why the data counts as evidence to support the claim by using the appropriate and sufficient scientific principles.	
0	Does not provide reasoning, or only provides reasoning that does not link evidence to claim.	My reasoning that supports my claim about whether my answer is right or not is the chart because it shows all my evidence.
1a	Provides reasoning that links the claim and evidence by repeating the evidence.	Mass is not a property so that don't matter. Only soluble in water and melting point and color matter. These are some of the most important properties so they matter the most.
1b	Provides reasoning that includes an insufficient generalization about properties (i.e., states that density is a property).	Soluble in water, melting point and color are all properties of a substance and solid 2 and solid 4 have the same properties so they are the same substance.
2a	Provides [complete] reasoning that links evidence to claim.	
2b	Includes appropriate and sufficient scientific principles/generalizations.	

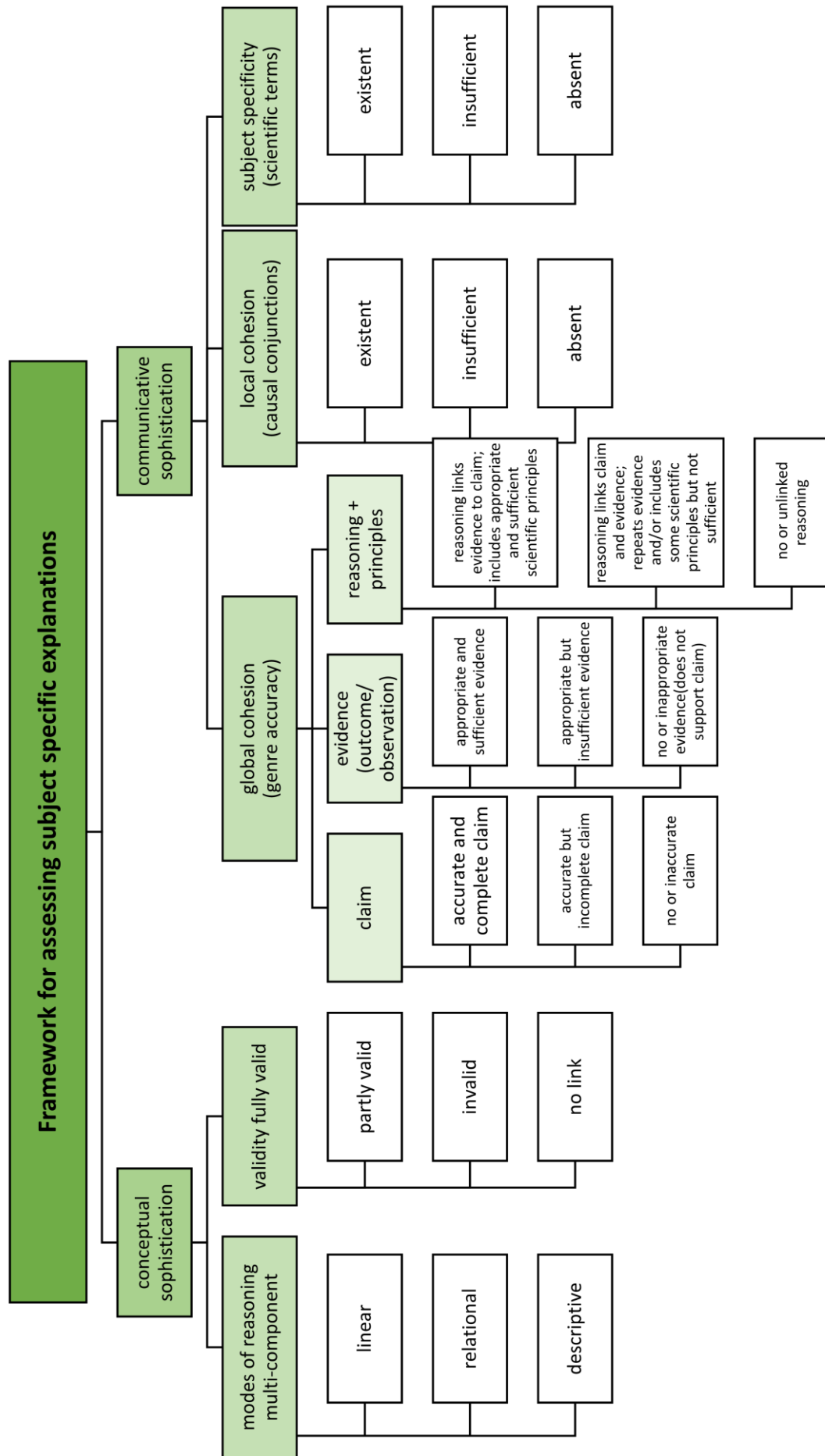


Abbildung 22. Framework for assessing subject specific explanations.

3.3 Design zur Evaluation vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität

Zur Überprüfung des Effekts speziell entwickelten Lernmaterials (basierend auf den in Kapitel 3.1.1 vorgestellten Merkmalen) auf vertiefte Lernprozesse und der Sachfachliteralität, wird ein quasiexperimentelles Drei-Gruppen-Prä-Post-Design mit Ad Hoc Stichproben gewählt.

Die Intervention der drei Gruppen unterscheidet sich in der Art der Lernmaterialien. Die bilingual unterrichtete Versuchsgruppe *_PTDL_engl* erhält Material mit Hilfestellungen zum Verfassen kausaler Erklärungen, wohingegen die Vergleichsgruppe *_trad_bili* mit fachlich identischem, sprachlich aber stark reduziertem Material bilingual beschult wird. Zudem gibt es eine zweite Vergleichsgruppe *_PTDL_deut*, die das Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität auf deutsch erhält. Mit diesem Design sollen die folgenden beiden Forschungslücken adressiert werden. Zum einen findet ein Vergleich von bilingual mit bilingual unterrichteten Schülerinnen und Schülern statt, sodass für den Selektionseffekt kontrolliert wird. Zum anderen soll die Effektivität dieses Materials auch im muttersprachlichen Unterricht überprüft werden. Die Notwendigkeit einer Fachsprachenförderung im einsprachigen Chemieunterricht sieht Hegerfeldt (2006) darin begründet, dass auch diese Schülerinnen und Schüler Probleme mit der Fachsprache haben, die in einigen Aspekten einer Fremdsprache ähnelt (Özcan, 2012). Somit sollten auch monolingual unterrichtete Lerner von dem Lernmaterial zur Fachsprachenförderung profitieren.

Die Art des Treatments stellt somit die unabhängige Variable dar. Die abhängigen Variablen entsprechen den erreichten Punktzahlen im Fachwissens- und Fachsprachen-test, bzw. den Mittelwerten der Skalen für die affektiven Merkmale. Abbildung 23 zeigt den zeitlichen Ablauf der Studie mit den zu erfassenden Konstrukten je Messzeitpunkt.

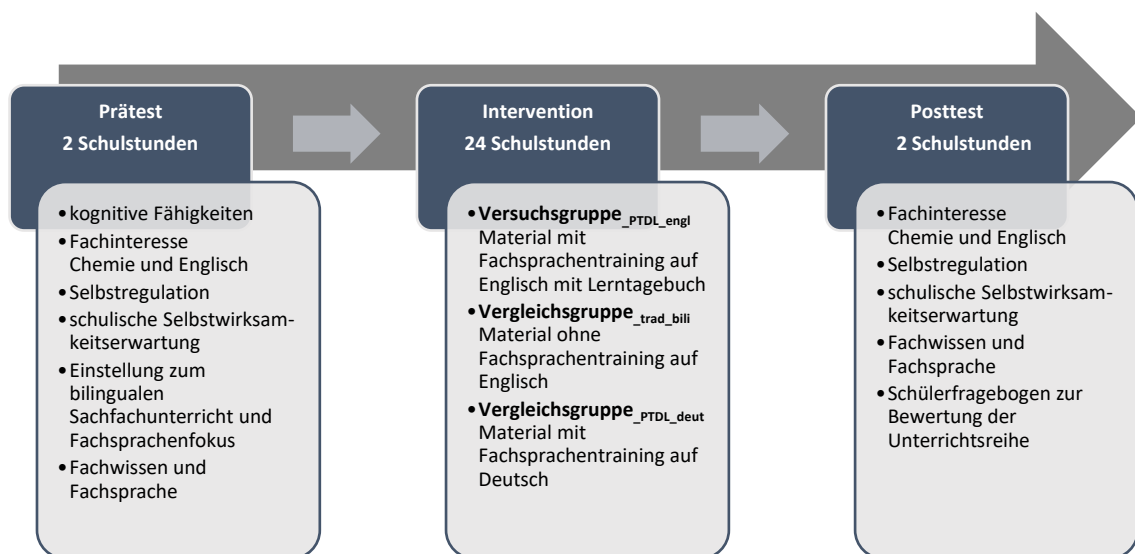


Abbildung 23. Versuchsdesign mit zeitlichem Ablauf und zu erfassenden Konstrukten je Messzeitpunkt.

3.4 Erhebungsinstrumente zur Erfassung vertiefter Lernprozesse, der Sachfachliteralität und affektiven Schülermerkmalen

Im Folgenden werden die verwendeten Instrumente zur Erfassung affektiver und kognitiver Schülermerkmale nacheinander vorgestellt. In Tabelle 8 sind diese zur Übersicht aufgelistet. Die unabhängige Variable stellt dabei jeweils das verwendete Material mit und ohne Sprachhilfen dar. Abhängige Variablen sind bezüglich des Affektes die Mittelwerte der Fragebögen zur Selbstregulation, Selbstwirksamkeit und zum Fachinteresse. Bezüglich der kognitiven Komponente sind das Fachwissen und die Fachsprache von Interesse. Zum Vergleich der Gruppen dienen der demographische Hintergrund, die Schulleistung und die figurale und verbale Kompetenz.

Tabelle 8
Übersicht verwendeter Erhebungsinstrumente

Psychologische Konstrukte	Operationalisierung
demographische Daten	Fragebogen
Schulleistung	Noten
verbale und figurale Kompetenz	Subskalen des KFT4-12+R (Heller & Perleth, 2000)
Fachinteresse Chemie und Englisch	Fragebogen nach (Baumgartner, 2014)
Selbstregulation	Fragebogen (Schwarzer, 1999)
Selbstwirksamkeit	Fragebogen (Jerusalem & Satow, 1999)
Fachwissen	Fachwissenstest zu Redox-Reaktionen (Autorin)
Sachfachliteralität	Fachsprachentest zu kausalen Erklärungen (Autorin)
metakognitive Kompetenzen	Lerntagebuch nach (Ehmann, 2009; Otto, 2007)
Akzeptanz der Materialien (Schülerinnen und Schüler)	Schülerfragebogen zur Bewertung der Unterrichtsreihe und der Sprachhilfen

3.4.1 Fragebogen zum demographischen Hintergrund

Mit diesem Fragebogen werden allgemeine demografische Angaben der Schülerinnen und Schüler erfasst. Zu ihnen zählen Alter und Geschlecht, letzte Zeugnisnote in Englisch und Chemie, sowie Sprachen, mit denen die Person aufgewachsen ist. Außerdem werden die Schülerinnen und Schüler gebeten, eine persönliche Selbsteinschätzung zu geben, wie oft und in welcher Form sie mit der englischen Sprache in Kontakt kommen. Das kann zum Beispiel das Lesen eines Buches in der Freizeit, die Verwandtschaft im Urlaub, oder das Auslandsjahr sein. Alle Angaben werden mittels persönlichem Identifikationscode von Beginn der Studie anonymisiert.

3.4.2 Messung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten anhand des Kognitiven Fähigkeitstests

Der Kognitive Fähigkeitstest Test KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) erfasst allgemeine kognitive Fähigkeiten anhand der verbalen, figuralen und numerischen Kompetenz. Diese Kompetenzbereiche lassen sich mit Hilfe von jeweils drei Subskalen erfassen und weisen zwischen 20 und 25 Items steigender Komplexität auf. Zur Beantwortung der Items müssen Strukturen erkannt und durch Ankreuzen eines weiteren Elementes weitergeführt werden. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 24 zu erkennen.

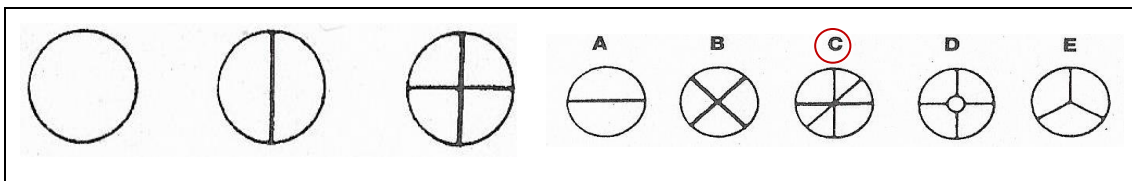


Abbildung 24. Beispielitem aus dem KFT 4-12+R für die figurale Kompetenz.

Für die Werte der internen Konsistenz berichten Heller und Perleth (2000) Werte zwischen $\alpha = .80$ und $\alpha = .90$, was einer mittelmäßigen bis hohen Reliabilität entspricht (Bortz & Döring, 2006). Über größere Zeiträume haben sich die Testinstrumente als stabil erwiesen, da die Stabilitätskoeffizienten im Zeitraum von einem und zwei Jahren bei $r = .80$ und höher lagen.

Die kombinierten Re- und Parallelestkoeffizienten betragen für alle Klassen im Mittel zwischen $r = .72$ und $r = .92$. Zur Überprüfung der prognostischen Validität haben Heller und Perleth (2000) die kognitive Kompetenz von Fünftklässlern ermittelt und anhand dieser die Schulabschlüsse der Kinder nach der neunten bzw. zehnten Klasse prognostiziert, was laut den Autoren auch gut gelang. Bezüglich der Konstruktvalidität bestehen Übereinstimmungen mit anderen Intelligenztestskalen wie dem PSB von Horn (1969), sowie dem CFT 20 von Weiß (1971).

3.4.3 Erfassung metakognitiver Kompetenzen mit Hilfe eines Lerntagebuches

Das in Anlehnung an Otto (2007) und Ehmann (2009) entwickelte Lerntagebuch erfasst den momentanen Einsatz von Lernstrategien und die Veränderung des Strategieeinsatzes im Verlauf der Unterrichtsreihe. Zur Erfassung der Strategien werden die Lerner beispielsweise nach ihrer Zielsetzung („Was davon willst du heute erledigen?“) oder ihrer Fähigkeit zum Monitoring gefragt („Die Hausaufgaben, die ich mir für heute vorgenommen habe, habe ich alle geschafft.“). Strategien zum Einsatz externaler Ressourcen werden anhand der verwendeten Hilfen zum Lösen der Hausaufgaben erfasst („Welche Hilfsmittel hast du heute verwendet?“). Um hinsichtlich des Forschungsschwerpunktes und der Stichprobe angemessen zu sein, mussten einige Fragen umformuliert oder entfernt werden. So zum Beispiel: „Mein Chemielehrer hat uns geholfen, ohne uns die Lösung zu verraten.“ Erweitert wurde das Lerntagebuch mit

Fragen zur Akzeptanz und Effektivität von Sprachhilfen zum Schreiben von Erklärungen im Unterricht („Die Hilfen zum Schreiben von Erklärungen finde ich sinnvoll.“). In Tabelle 9 sind alle Konstrukte abgebildet, die vor und nach dem Erledigen der Hausaufgaben erfasst werden. Von den insgesamt 32 Items sind 26 auf einer fünfstufigen Likert Skala von „stimmt gar nicht“ bis hin zu „stimmt genau“ zu bewerten. Von den sechs verbleibenden Items weisen drei ein offenes und die anderen drei ein halboffenes Antwortformat auf. Beispielimite zu jedem Antwortformat sind in Tabelle 10 zu erkennen.

Tabelle 9

Operationalisierte Konstrukte im Lerntagebuch vor und nach dem Erledigen der Hausaufgaben

Abgefragte Konstrukte vor den Hausaufgaben	nach den Hausaufgaben
Emotionen	Anstrengung und Konzentration
Wahrnehmung des Schulunterrichts	Umsetzung von Vorsätzen
Verständnis (Inhalt, Sprache und Aufgabenstellung)	Umgang mit lernhinderlichen Gedanken
Strategieplanung	Lernfreude, Fachinteresse
Intrinsische Motivation	Reflexion und Vorsatzformulierung
Selbstwirksamkeit	Wahrgenommene Schwierigkeit der Hausaufgabe
Selbstregulation	Zufriedenheit mit dem Leistungsergebnis
Hausaufgabenplanung	Verständnis (Sprache)
Zeitplanung	Bewertung der Sprachhilfen
	Selbstregulativer Strategieeinsatz
	Benötigte Zeit
	Kommentare, Ideen, Anmerkungen

Tabelle 10

Beispielimite aus dem Lerntagebuch der Politstudie zu den Konstrukten: Emotionen, Wahrnehmung des Schulunterrichts, inhaltliches Verständnis, Bewertung der Sprachhilfen, selbstregulativer Strategieeinsatz und Reflexion

Bitte kreuze immer nur das Kästchen an, was am Ehesten auf dich zutrifft.	stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	teils teils	stimmt eher	stimmt genau
Ich fühle mich im Moment aufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Chemielehrer hat uns geholfen, ohne uns die Lösung zu verraten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe die Aufgabenstellung richtig verstanden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Hilfe zum Schreiben von Erklärungen fand ich sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Hilfsmittel hast du heute verwendet?	Wörterbuch	Satzbausteine der Erklärung	Internetrecherche	Arbeitsblätter	Sonstiges _____
Was kannst du jetzt schon gut?					

Zu den Gütekriterien ist zu sagen, dass eine möglichst hohe Vergleichbarkeit der Schüleraussagen anhand standardisierter Lerntagebücher mittels vorformulierter Items erreicht werden soll. Otto (2007) hat das in ihrer Studie eingesetzte Lerntagebuch zur Validierung mit einem Schülerfragebogen korreliert, welcher ähnliche Items aufwies. Dazu wurde für jedes Item des Lerntagebuchs ein Mittelwert der Daten aller Erhebungszeitpunkte gebildet und dann mit den jeweiligen Werten des Vor- und Nachtests verglichen. Es ergaben sich Korrelationen zwischen $r = .30$ und $r = .71$. Die einzige Ausnahme stellt die Umweltkontrolle dar, die weder mit den Werten aus dem Vor- oder Nachtest signifikant korrelierte.

Die folgenden Angaben bezüglich der Gütekriterien beziehen sich auf den Schülerfragebogen von Otto (2007), da die Autorin zum Lerntagebuch keine Angaben macht, aber auf die Ähnlichkeit der beiden Erhebungsinstrumente hinweist. Der Schülerfragebogen weist eine hohe Konstruktvalidität auf, da er neben den von Otto (2007) erstellten Items auf bereits bestehenden Fragebögen, wie dem zur Selbstregulation von Bruder (2006) und Gürtler (2003), oder dem Fragebogen zur Erfassung der Wahrnehmung des Fachlehrers und des Fachunterrichts von Gruehn (2000), basiert.

3.4.4 Fragebogen zum Fachinteresse

Das Fachinteresse bezüglich der Fächer Chemie und Englisch soll mit Hilfe des Fragebogens von Baumgartner (2014) zum spezifischen Fachinteresse abgefragt werden. Da dieser ursprünglich für das Fach Geschichte entwickelt wurde, müssen die Items entsprechend der gewünschten Fächer umformuliert werden. So zum Beispiel „*Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen*“. Der Test ist aus acht Items aufgebaut, die jeweils auf einer fünfstufigen Likert- Skala von „stimmt nicht“ bis hin zu „stimmt sehr“ zu bewerten sind. Dabei beziehen sich die ersten fünf Items auf die gefühlsbezogene und die letzten drei Items auf die wertebezogene Komponente des Fachinteresses. Die gefühlsbezogene Komponente wird durch Items wie „*Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen*“ erfasst und die wertebezogene Komponente beinhaltet Items wie „*Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst*“. Die Zweidimensionalität des Konstruktes wurde zunächst aus der Theorie abgeleitet und konnte dann von Ferdinand (2014) anhand einer Faktorenanalyse belegt werden. Für die interne Konsistenz berichtet Ferdinand (2014) Werte zwischen $\alpha = .86$ und $\alpha = .92$, was einer hohen Reliabilität entspricht (Bortz & Döring, 2006). Es bestand eine hohe positive Korrelation von $r = .81$ mit dem zusätzlichen Item „*Ich finde Sozialkunde interessant*“. Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI) von Schiefele et al. (1993), auf den sich Ferdinand (2014) bezieht, wurde anhand verschiedener Motivationsskalen, Lernstrategieabfragen und Persönlichkeitsfragebögen validiert.

3.4.5 Fragebogen zur schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung

Für die Überprüfung der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention wird der Fragebogen WIRKSCHUL von Jerusalem und Satow (1999) verwendet. Operationalisiert wird das Konstrukt durch die Abfrage der Kompetenzerwartung im Umgang mit schulischen Anforderungen und gilt als weitestgehend stabil (Mittag et al., 2002). Der Test enthält sieben Items wie z.B. „*Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge*“, die jeweils auf einer vierstufigen Likert Skala von „trifft nicht zu“ bis hin zu „trifft genau zu“ zu bewerten sind. Der Test weist eine interne Konsistenz zwischen $\alpha = .70$ und $\alpha = .73$ auf. Laut den Autoren gilt die Skala als valide. Es bestehen positive Korrelationen zu ähnlichen Konstrukten wie der allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung, der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit sozialen Anforderungen und dem Optimismus.

3.4.6 Fragebogen zur Selbstregulation

Für die Erfassung der Selbstregulation wird der Fragebogen von Schwarzer (1999) eingesetzt. Das Konstrukt wird durch die Fähigkeit zur Motivation und Aufmerksamkeitserhaltung in schwierigen Situationen operationalisiert, die besonders in Momenten nach Motivationsrückschlägen sowie denen äußerer Ablenkung zum Tragen kommt. Die Skala besteht aus sieben Items wie z.B. „*Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück*“, die auf einer vierstufigen Likert Skala von „stimmt nicht“ bis hin zu „stimmt genau“ zu bewerten sind. Schwarzer (1999) gibt eine interne Konsistenz von $\alpha = .82$ an, was nach Bortz und Döring (2006) einer mittelmäßigen Reliabilität entspricht. Den theoretischen Hintergrund der Skala bildet die Volitionstheorie von (Schwarzer, 2000, 2004).

3.4.7 Fragebogen zum Fachwissen und der Fachsprache

Zur Überprüfung des Fachwissens und der Fachsprache kann nicht auf bereits existierende Tests zurückgegriffen werden, weshalb diese auf Basis der Unterrichtsmaterialien, Schulbücher und Lehrpläne von der Versuchsleiterin selbst entwickelt werden mussten. Zu jedem verwendeten Aufgabenformat wird im Folgenden ein Item exemplarisch vorgestellt.

Single und Multiple Choice Aufgaben

Single Choice Aufgaben, wie „*Iron can ,steal‘ oxygen from copper oxide*“ können mit ja oder nein beantwortet werden. Bei den Multiple Choice Aufgaben müssen sich die Lerner für eine bzw. mehrere Antwortmöglichkeiten entscheiden. Außerdem werden sie dazu aufgefordert, ihre Antwortsicherheit durch Ankreuzen der Smileys anzugeben (vgl. Abbildung 25).

Tick the correct answer(s) and say how confident you are.	How sure are you?		
	not at all	partly	totally
Oxidation is the same as reduction. <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
During combustion, iron wool <input type="checkbox"/> gets heavier <input type="checkbox"/> gets lighter <input type="checkbox"/> does not change in weight	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 25. Beispielimens im Single Choice und Multiple Choice Antwortformat.

Halboffene und offene Schreibaufgaben

Die Definition chemischer Fachbegriffe wird sowohl als Lückentext, als auch als frei geschriebener Text abgefragt. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 26 zu finden.

Oxidation:
An oxidation is a chemical reaction during which _____
For example, the reaction of _____ and _____ is defined as oxidation because _____

Reduction:

Abbildung 26. Lückentext und offenes Antwortformat zur Definition chemischer Fachbegriffe.

Freie Schreibaufgabe zur Erfassung der Transferleistung anhand der Lerntiefe und -breite

Als Messinstrument zur Operationalisierung vertiefter Lernprozesse werden Aufgaben in Anlehnung an Browns (2005) Raster zur Überprüfung der Erklär-Kompetenz und Transferfähigkeit eingesetzt. Bei diesen Aufgaben müssen Experimente beschrieben und erklärt werden, die auf den ersten Blick keine Gemeinsamkeiten teilen, jedoch bei genauerer Betrachtung alle hinsichtlich eines größeren Phänomens miteinander in Verbindung stehen. Zur besseren Übersicht sind diese in Abbildung 27 aufgeführt. Die Versuche sind dabei jeweils in den weißen Feldern der Tabelle kurz zusammengefasst. Die grauen Felder im Spaltenkopf geben Auskunft über die Gemeinsamkeiten bezüglich der Reaktionsbedingungen und die grauen Felder am Anfang jeder Zeile beschreiben die Art der stattfindenden Reaktion. Anzumerken ist, dass das Verstehen *einer* Querbeziehung nicht notwendigerweise zum korrekten Schluss einer weiteren Verbindung beiträgt. So erhöht die Sauerstoffzufuhr beispielsweise die Reaktionsgeschwindigkeit einer Oxidation (Feld 3), reduziert sie jedoch maßgeblich während einer Reduktion (Feld 6). Da die Experimente teilweise noch nicht im Unterricht durchgeführt wurden, gab es neben den Einleitungstexten unterstützende Visualisierungen.

		VERÄNDERUNG ÄUSSERER UMSTÄNDE		
		Alle Reaktionen enden nach einer bestimmten Zeit	Wenn sich die äußeren Umstände ändern, ändert sich auch die Reaktionsdauer	Wenn sich die Reaktionspartner ändern, ändert sich ebenfalls die Reaktionsdauer
ART DER REAKTION	Verbrennung (Oxidation)	Die Verbrennung von Kohle endet nach einer bestimmten Zeit.	Die Verbrennung von Kohlestaub erfolgt schneller als die eines Kohlestückes.	In reinem Sauerstoff erfolgt die Verbrennung von Kohlestaub noch schneller als mit Luftsauerstoff.
	Zersetzung (Reduktion)	Erhitzt man Silberoxid im Bunsenbrenner, so erhält man Silber und Sauerstoff.	Erhitzt man Silberoxid mit der Flamme eines Teelichts, so findet keine Reaktion statt.	Erhitzt man ein mit Silberoxid und reinem Sauerstoff gefülltes Reagenzglas, so verläuft die Reaktion langsamer als mit Luftsauerstoff.
	Austauschreaktion (Redox-Reaktion)	Erhitzt man Kupferoxid mit Kohlenstoff, so findet eine Austauschreaktion von Kupfer und Kohlenstoff statt.	Die Reaktion von Kupferoxid mit Kohlenstoffmonoxid ist schneller, als die zwischen Kupfer und Kohlenstoff.	Erhitzt man Kupferoxid mit Silber, findet keine Reaktion zwischen den beiden Reaktionspartnern statt.
		1	2	3
		4	5	6
		7	8	9

Abbildung 27. Übersicht der Aufgaben zur Überprüfung der Transferfähigkeit der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.

Graphisch zu lösende Aufgaben

Neben den schriftlichen Antwortformaten gibt es ebenso graphisch zu lösende Aufgaben. Dazu zählt zum Beispiel das Erstellen eines Diagramms exothermer Reaktionen oder das Zuordnen chemischer Fachbegriffe in eine Wortgleichung mit Vervollständigung der Teilreaktionspfeile. Letzteres ist in Abbildung 28 veranschaulicht.

Label the chemical word equation correctly. Use the following terms:
redox reaction, reduction, reducing agent, got reduced, oxidation, oxidizing agent, gets oxidized.

iron oxide + carbon \rightarrow iron + carbon dioxide

Abbildung 28. Beispielimitem zur Zuordnung chemischer Fachbegriffe in eine Wortgleichung mit Teilreaktionspfeilen der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.

3.4.8 Schülerfragebogen zur Bewertung der Unterrichtsreihe

Zur Bewertung der Unterrichtsreihe seitens der Schülerinnen und Schüler wurde ein Fragebogen erstellt, der die Akzeptanz sprachsensibler Unterrichtsmaterialien im bilingualen Chemieunterricht erfasst. Außerdem soll abgefragt werden, inwieweit die Lerner die angebotenen Hilfen zum Lösen der Aufgaben aktiv eingesetzt haben. Der Fragebogen besteht insgesamt aus 16 Items. 13 dieser Items sind jeweils auf einer vierstufigen Likert Skala von „stimme nicht zu“ bis „stimme zu“ zu bewerten und die verbleibenden drei Items bestehen aus einem offenen Antwortformat. In Tabelle 11 sind dazu drei Beispielitems exemplarisch aufgelistet.

Tabelle 11
Beispielitems des Schülerfragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, Redox-Reaktionen besser zu verstehen .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Besonders gut gefallen hat mir an den Arbeitsblättern :				
Ich gebe der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Redox die Note :				

4. Pilotstudie in der Sekundarstufe I (7. Klasse)

Ziel der Pilotstudie war es, das entwickelte Material zum vertieften Lernen auf seine Realisierbarkeit im Unterricht hin zu überprüfen. Dabei stand besonders die zeitliche Umsetzung der Aufgaben zum Fachsprachentraining und die Verständlichkeit bereitgestellter Hilfen im Fokus. Des Weiteren wurde die Durchführbarkeit der Unterrichtsphasen nach der Didaktik des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* mit den Schritten: *doing, organizing, explaining* und *arguing* evaluiert. Dazu wurden verschiedene Aufgabenformate angewendet und deren Auswertung erprobt.

Zur Beschreibung des methodischen Vorgehens wird zunächst das Design der Studie vorgestellt, woraufhin die Stichprobe, Erhebungsinstrumente und Durchführung die Umsetzung dessen in der Praxis widerspiegeln.

4.1 Methode

4.1.1 Design

Zur Evaluation der Materialien und Testverfahren wurde ein quasiexperimentelles Zwei-Gruppen-Prä-Post-Design mit Ad Hoc Stichproben gewählt. Die Intervention beider unterscheidet sich in der Art der Unterstützung, indem die Versuchsgruppe Material mit Hilfestellungen zum Verfassen kausaler Erklärungen erhält und die Vergleichsgruppe wurde mit fachlich identischem, sprachlich aber stark reduziertem Material beschult wird. Die Art des Treatments stellt deshalb die unabhängige Variable dar und die abhängigen Variablen entsprechen den erreichten Punktzahlen im Fachwissens- und Fachsprachentest, sowie für die affektiven Merkmale den Mittelwerten der Skalen. Der zeitliche Ablauf der Studie inklusive erfasster Konstrukte je Messzeitpunkt ist in Abbildung 29 dargestellt.

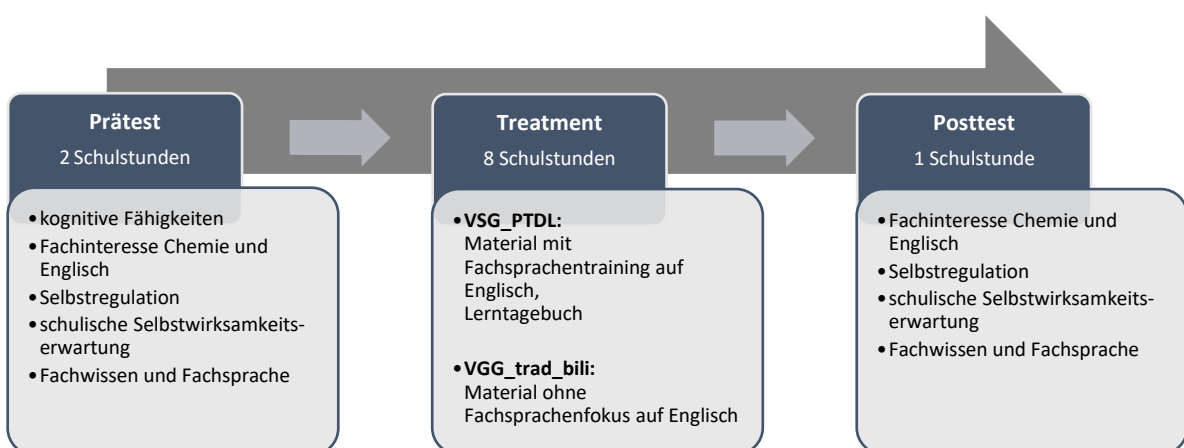


Abbildung 29. Versuchsdesign der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.

4.1.2 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt $N = 55$ Siebtklässler eines hessischen Gymnasiums teil. Von ihnen befanden sich $n_{VSG} = 29$ ($n_{weibl.} = 6$) Schülerinnen und Schüler im Alter von 12 bis 14 Jahren ($M = 13.17$; $SD = .521$) in der Versuchsgruppe VSG_PTDL zum vertieften Lernen und die verbleibenden $n_{VGG} = 26$ ($n_{weibl.} = 11$) Schülerinnen und Schüler der Parallelklasse im Alter von 13 Jahren ($M = 13.33$; $SD = .409$) bildeten die Vergleichsgruppe VGG_trad_bili. Die Zuordnung der Klassen erfolgte zufällig. Von den $n = 29$ Schülerinnen und Schülern der Versuchsgruppe haben insgesamt $n = 26$ Schülerinnen und Schüler am Vortest und $n = 24$ am Nachtest teilgenommen. Die Vergleichsgruppe hat nur am Vortest teilgenommen. An dem Testabschnitt affektiver Merkmale im Vortest nahmen $n = 24$ Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe teil und an dem kognitiven Teil zum Fachwissen und der Fachsprache waren es in der darauffolgenden Schulstunde $n = 25$ Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe. Bezüglich des sprachlichen Hintergrundes der Versuchspersonen ist zu sagen, dass insgesamt drei Personen mit Englisch als Muttersprache aufgewachsen sind. Die meisten ihrer Mitschüler, die Englisch nicht im Elternhaus sprechen, kommen aber mindestens einmal in der Woche mit der englischen Sprache in Kontakt. Fachlich gesehen sind die Lerner bereits mit einfachen chemischen Reaktionen vertraut und haben das Thema der Verbrennungen phänomenologisch im naturwissenschaftlichen Unterricht der Orientierungsstufe kennengelernt.

4.1.3 Unterrichtsmaterialien

Die für die siebte Klassenstufe entwickelten Unterrichtsmaterialien wurden nach den im Theorieteil vorgestellten Merkmalen entwickelt. Sie basieren dabei auf den Kriterien des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* von Meyer, O. et al. (2015) und verknüpfen allgemeine Methoden zur Fachsprachenförderung von (Leisen, 2013) mit zentralen Basiskonzepten der Chemie. Die Unterrichtsmaterialien sind dabei so gestaltet, dass alle Instruktionen und Hilfestellungen (außer den Lösungs- und Hilfskarten zur Differenzierung) auf den Arbeitsblättern zu finden sind. Die Auswertung der Versuche erfolgt ebenfalls auf den ausgeteilten Kopien.

Zu Beginn jeder Unterrichtseinheit fand eine thematische Einführung mit Aktivierungsphase in den Lerngegenstand statt. Dazu führten die Schülerinnen und Schüler beispielsweise einen Versuch durch oder befassen sich mit Informationstexten und Erklär-Videos. Im Anschluss daran folgte das Organisieren zuvor erarbeiteter Inhalte in Form verschriftlichter oder graphisch aufbereiteter Versuchsbeobachtungen. Nach der primären Strukturierung der Wissens Elemente wurden diese mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft und neu strukturiert, sodass der Lerngegenstand umfassend erklärt werden konnte. Um diese konkreten Inhalte auf allgemeine Prinzipien und Reaktionsabläufen abstrahieren zu können, folgten verschiedene Transfer- und

Problemlöseaufgaben. Diese lassen sich als letzten Schritt auf dem Erkenntnisweg unter dem Begriff des *Arguing* zusammenfassen. Da die Materialien der Versuchsgruppe bereits im Theorieteil des Conceptualizing Continuums vorgestellt wurden, wird im folgenden Kapitel nur auf das Material der Vergleichsgruppe eingegangen.

Unterrichtsmaterial der Vergleichsgruppe

Das Material der Vergleichsgruppe im traditionell bilingualen Chemieunterricht unterscheidet sich von dem der Versuchsgruppe vor allem durch den Verzicht sprachsensibler Hilfestellungen. Rein optisch ist dies daran zu erkennen, dass Antworten meist selbst formuliert werden müssen und dafür lediglich Worthilfen zur Verfügung stehen. Auf den Vokabelblättern gibt es keine Definitionen der Fachbegriffe, und auf den Arbeitsblättern finden sich weder kausale Konjunktionen noch Satzbausteine zum Schreiben kausaler Erklärungen.

Die Vorgehensweise zu Beginn der Stunden ist meist identisch mit der der Vergleichsgruppe, da es neben der Didaktik des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* auch dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg entspricht, Versuche durchzuführen und anhand dieser Forschungsfragen zu beantworten. Es wäre deshalb nicht angemessen, den *doing*-Charakter des Faches innerhalb der Vergleichsgruppe zu missachten. Nichtsdestotrotz unterschieden sich die beiden Gruppen dennoch hinsichtlich der *doing* Phase, da die Vergleichsgruppe zwar aktiv war, die Versuchsgruppe aber aufgrund des eigenständigen Planens der Versuche nachhaltiger aktiviert wurde. In der beschriebenen Stunde liest die Vergleichsgruppe beispielsweise einen Text zu Ötzi, der nicht aus der Sicht eines neugierigen Kindes geschrieben ist und so die Schülerinnen und Schüler zu einem sinnhaften und zielführenden Experimentieren über die ganze Stunde begleitet, sondern lediglich Informationen liefert (vgl. Abbildung 30).

Die Schritte des Organisierens, Erklärens und Argumentierens/Transferierens unterscheiden sich im Verlauf der Unterrichtsreihe maßgeblich zu denen der Versuchsgruppe. Zum einen ist die sprachliche Unterstützung auf ein Minimum reduziert und zum anderen werden vermehrt kognitiv weniger anspruchsvolle Aufgaben wie das Reproduzieren verlangt, anstelle konkrete Probleme zu lösen, Dinge zu entwickeln oder widersprüchliche Sachverhalte zu diskutieren, wie es bei der Versuchsgruppe der Fall war.

Ötzi – also called the Iceman – lived during the Neolithic Age (Jungsteinzeit) which is also known as the Copper Age. He was found by tourists in the alpine ice in 1991. Not only did they discover his corps but also jewelry and tools made out of copper. This was a sensational found because it proved that people already knew how to produce **copper** in the year 3000 BC (before Christ). The only resources he had to produce copper were **charcoal (carbon)**, **fire**, and copper ores like tenorite containing **copper oxide**.



Abbildung 30. Beispielaufgabe der Einführungsphase – Informationstext zur Herstellung von Kupfer in der Jungsteinzeit am Beispiel von Ötzis Kupferbeil.

Wie in Abbildung 31 veranschaulicht, ist die Versuchsdurchführung bereits vollständig vorgegeben. Die Schülerinnen und Schüler versetzen sich folglich nicht in die Rolle eines Chemikers, der sich die Welt mit Hilfe von Experimenten aktiv zu erklären versucht, sondern arbeiten die Durchführung Kochrezept-artig ab. Eine Forschungsfrage wird nicht selbstständig entwickelt, da bereits im Einführungstext vorgegeben ist, dass Kupfer aus den genannten Materialien hergestellt werden kann. Die Verschriftlichung der Beobachtungen erfolgt eigenständig in Kleingruppen. Es werden weder Formulierungs- noch Strukturierungshilfen zur Verfügung gestellt (vgl. Abbildung 32). Dies sollte jedoch bei Schülerinnen und Schülern im chemischen Anfangsunterricht der Fall sein, da sie häufig Beobachtungen vergessen oder diese in einer falschen Reihenfolge präsentieren (Vollmer, G., 1980).

1 Read the procedure and carry out the experiment.

Chemicals: copper oxide, charcoal (mainly carbon), lime water

Material: Bunsen burner, beaker, test tube, iron stand, funnel, glass pipe, mortar and pestle

Procedure:

1. 2 g copper oxide and 0,2 g charcoal are put into a mortar and pestled to a fine powder
2. with a funnel, the powder is given into a test tube
3. the test tube is closed with a pierced stopper and a glass pip
4. the glass pipe leads into a small beaker which is filled to one third with lime water
5. the test tube is attached to an iron state and heated up with a Bunsen burner
6. after the reaction, the Beaker is shook carefully
7. once the test tube has cooled down, the product is put into a watch glass

Abbildung 31. Beispielaufgabe zur Versuchsdurchführung der Herstellung von elementarem Kupfer aus Kupferoxid und Kohle.

2 Write down your observations.

Abbildung 32. Beispielaufgabe der Vergleichsgruppe zur Sicherung der Versuchsbeobachtungen.

Zum Verfassen der Erklärung werden den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe Fachbegriffe vorgegeben, die sie in die richtige Reihenfolge bringen müssen (vgl. Abbildung 33). Anders als bei der Versuchsgruppe werden hier keine kausalen Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung hergestellt, bzw. Wissen vom konkreten Einzelfall zum allgemeinen Prinzip abstrahiert.

4 Write a scientific explanation that answers your research question. Use the word box.

copper oxide – copper – oxygen – carbon dioxide (CO₂) – copper metal – reduction (loss of oxygen) – reducing agent (reduces other substances and gets itself oxidized) – reactivity series
The limewater test is used to detect carbon dioxide. It is positive when the solution turns milky.

Abbildung 33. Beispielaufgaben zur Erklärung der Versuchsbeobachtungen anhand von vorgegebenen Fachbegriffen.

Die Vertiefungsaufgaben nach der Erklärung des Versuches zeigen weder einen Bezug zur Lebenswelt der Lerner, noch fördern sie das Diskutieren und Aushandeln von Inhalten (vgl. Abbildung 34 und Abbildung 35).

5 Fill out the word equation for the reduction of copper oxide.

+ → +

Abbildung 34. Beispielaufgabe der Vergleichsgruppe zum Erstellen einer Wortgleichung.

6 Decide whether the reaction is exothermic or endothermic. Draw the graph into the diagram and label all important stages, reactants and products.

Abbildung 35. Vertiefungsaufgabe der Vergleichsgruppe zum Zeichnen eines Energieschemas.

4.1.4 Auswertung des Lernerfolgs bezüglich der Sachfachliteralität und vertiefter Lernprozesse im Wissenstest

Für die quantitative Auswertung des Fachwissens und der Fachsprache wurden Summenwerte der jeweiligen Tests gebildet. Diese setzten sich für das Fachwissen aus der Punktzahl aller richtigen Antworten zusammen. Für die Fachsprache wurde zur Bewertung der verfassten Schülertexte das im Theorieteil vorgestellte Analyseraster *Framework for assessing subject specific explanations* in einer verkürzten Version verwendet (vgl. Abbildung 36). Die Verkürzung lag darin begründet, dass sich die Schülertexte in den angedachten konzeptuellen Komplexitätsstufen bezüglich der *Modes of Reasoning* (Moon et al., 2016) und der *Validity* (Brown, Nagashima et al., 2010) in den meisten Fällen nicht unterschieden bzw. nicht vorkamen. Aus diesem Grund wurde die Bewertung der zuvor unter der Fachsprache gefassten Merkmale des CER-Modells von McNeill et al. (2006) (*Claim, Evidence, Reasoning*) zur Bewertung des Fachwissens anstelle der *Modes of Reasoning* und *Validity* verwendet. Diese Einteilung schien zulässig, da beispielsweise für eine volle Punktzahl in der Begründung (*Reasoning*) korrekte Verbindungen zwischen allgemeinen Prinzipien und der Versuchsbeobachtung hergestellt werden mussten, was auch Brown et al. (2010) als wichtig für die Validität der Erklärung erachten. Der sprachliche Fokus liegt auf den verwendeten Fachbegriffen und (kausalen) Konjunktionen. In Tabelle 12, Tabelle 13 und Tabelle 14 ist für jedes Merkmale ein Erwartungshorizont, ein Schülerbeispiel und eine Begründung der jeweiligen Punktevergabe angegeben.

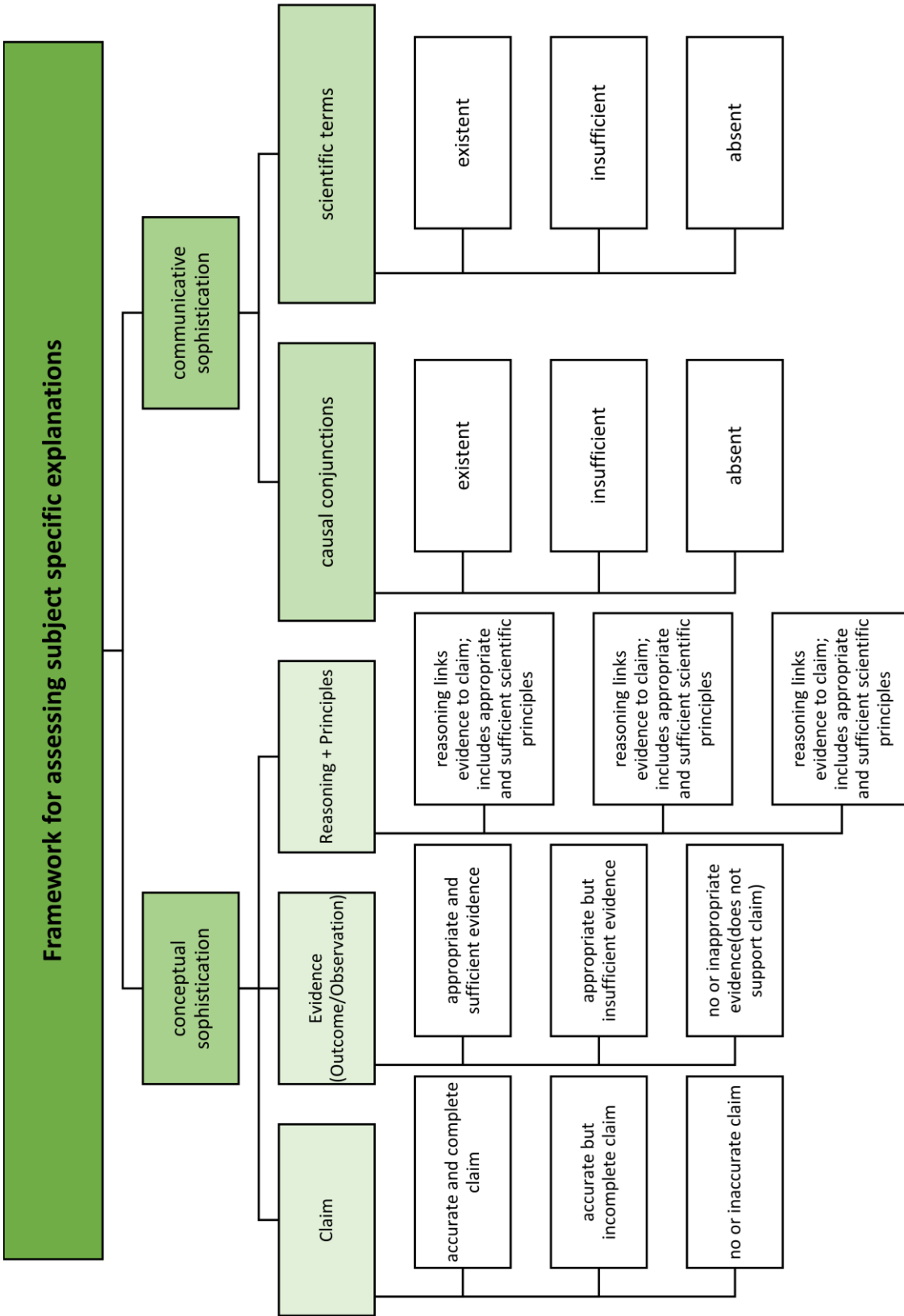


Abbildung 36. Verkürztes Auswertungsraster Framework for assessing subject specific explanations

Tabelle 12
Analyseraster der Conceptual Sophistication einer kausalen Erklärung inklusive Erwartungshorizont nach McNeill et al. (2006), einer Beispiellantwort und Begründung der Punktevergabe

Level	Erwartungshorizont (McNeill et al., 2006)	Beispiel aus Schülertext	Begründung der Einteilung
	Claim An assertion or conclusion that answers the original question.		
0	Does not make a claim or makes an inaccurate claim.	“The combustion is very hard.” (CLJE17, 7E_VG_E)	Die drei notwendigen Komponenten einer Verbrennungsreaktion wurden weder implizit noch explizit genannt.
1	Makes an accurate but incomplete claim.	“You need something flammable and air without air nothing burn.” (SUUL09, 8G3)	Es wurden zwei der drei notwendigen Komponenten einer Verbrennungsreaktion implizit genannt.
2	Makes an accurate and complete claim.	“To ignite a fire you will need the components: <u>fuel</u> , <u>oxygen</u> and <u>heat</u> .” (SuSu08, 7B_VG_E)	Es wurden alle drei der notwendigen Komponenten einer Verbrennungsreaktion explizit genannt.
	Evidence Scientific data that supports the claim. The data needs to be appropriate and sufficient to support the claim.		
0	Does not provide evidence or only provides inappropriate evidence (evidence that does not support claim).	“Man braucht <u>verschiedene Bestandteile</u> um Wärme/Licht zu machen.“ (JAOL23, 8G1)	Es wird kein konkretes Beispiel genannt, welche Ausgangsstoffe zur Verbrennung verwendet werden können.
1	Provides appropriate, but insufficient evidence to support claim. May include some inappropriate evidence.	“When a stick is rubbed with it’s point on a <u>wooden plank</u> , <u>kinetic energy/heat energy</u> is formed. It will combust when there is enough energy.” (SVAN19, 7B_VG_E)	Die Quelle bzw. Erzeugung der Zündenergie wurde explizit beschrieben, das Holz als Brennstoff gilt lediglich als implizites Beispiel.
2	Provides appropriate and sufficient evidence to support claim.	“The <u>wood or fuel</u> burns when there is <u>oxygen from the air</u> and <u>first heat</u> (from a matche or something else) It’s an exothermic reaction which products carbon dioxide and energy in form of heat and light.” (BEJA10, 7C_VG_E)	Es wurde für alle drei notwendigen Voraussetzungen einer Verbrennung ein Beispiel gegeben.

Fortsetzung Tabelle 12
Analyseraster der Conceptual Sophistication einer kausalen Erklärung inklusive Erwartungshorizont nach McNeill et al. (2006), einer Beispielanwort und Begründung der Punkteverteilung

Level	Erwartungshorizont (McNeill et al., 2006)	Beispiel aus Schülertext	Begründung der Einteilung
Reasoning	A justification that links the claim and evidence and shows why the data counts as evidence to support the claim by using the appropriate and sufficient scientific principles.		
0	Does not provide reasoning, or only provides reasoning that does not link evidence to claim.	“It works (I don’t know). (BIFE30, 7E_VG_E)	Es wurde keine Erklärung gegeben.
1a	Provides reasoning that links the claim and evidence by repeating the evidence.	“The fuel ignite, because of the heat and the oxygen. The reaction product is carbon dioxide, heat, light and energy.” (MIMA22, 7C_VG_E)	Es wurde eine Verknüpfung zwischen <i>claim</i> und <i>evidence</i> hergestellt, die aber lediglich aus einer Wiederholung der notwendigen Bestandteile zur Verbrennung besteht.
1b	Provides reasoning that includes an insufficient generalization about properties (i.e., states that density is a property).	“Fuel is flammable and the flame needs oxygen.” (JESA16, 7C_VG_E)	Korrekte, aber sehr allgemein gefasste Aussage, die nicht zu einem besseren Verständnis des zu erklärenden Sachverhaltes beiträgt.
2a	Provides [complete] reasoning that links evidence to claim.	“Damit sich die Hitze weiter entwickeln kann benötigt die Flamme Luftsauerstoff die sich in Kohlenstoffdioxid wandelt. Energie wird frei. Die Zündtemperatur muss immer vorhanden sein, damit das Feuer Wärme und Licht abgeben kann. Das Feuer brennt solange, bis das Holz aufgebraucht ist oder kein Sauerstoff mehr vorhanden ist. (NITH03, 8G1)	Die Funktionen der einzelnen Bestandteile des Verbrennungsdreiecks wurden erläutert und die Konsequenz genannt, sobald eines dieser notwendigen Voraussetzungen nicht mehr erfüllt ist.
2b	Includes appropriate and sufficient scientific principles/generalizations.	“Durch die Hitze und die Luft wird die gespeicherte Energie in den Brennbaren Material freigesetzt. Das Feuer wandelt die Gespeicherte Chemische Energie in Licht und thermische Energie um.“ (KAGRI6, 7C_VG_E)	Komplexe chemische Konzepte werden genannt und folgerichtig zu einer korrekten Erklärung verwendet.

Tabelle 13

Analyseraster der Communicative Sophistication (Linking) einer kausalen Erklärung inklusive Erwartungshorizont nach Coetzee-Lachmann (2007), einer Beispiellantwort und Begründung der Punktevergabe

Level	Erwartungshorizont nach Coetzee-Lachmann (2007)	Beispiel aus Schülertext	Begründung der Einteilung
0	There is no identifiable linking of sentences and sentence parts.	“For combustion an exothermic reaction needs to take place. The flammable wood is a type of fuel which generates heat through friction. The oxygen from the air reacts and creates carbon dioxide.” (SHNI27, 7C_VG_E)	Keine kausalen oder temporalen Konjunktionen wurden verwendet. Ist die Aufgabenstellung nicht bekannt, so wird nicht deutlich, wie die drei Sätze in Verbindung stehen.
1	Sentences and sentence parts are linked to a limited degree, causing parts of the text to be so fragmentary that a flow of ideas is obscured.	“Die Voraussetzung sind Sauerstoff, Brennstoff, Zündtemperatur durch Hitzeentwicklung. Die Hitze entfacht das Holz und es fängt an zu brennen. Es wird heiß es entsteht ein Funke <u>und</u> <u>dann</u> brennt es.“ (SANI18, 8G4)	Es gibt einen Einleitungssatz, woran eine chronologische Aufzählung der Reaktionsschritte anhand einer temporalen Verknüpfung anschließt.
2	Sentences and sentence parts are to some extent linked. However, seen in relation to the text’s length, there are a number of instances of disconnectedness, so that parts of the text might be fragmentary or choppy.	“If you take a wooden steak and flammable wood you can make a fire. You have to (reiben) the stick on the wood. The wooden stick produces heat on the wood. <u>When</u> it reacts with oxygen a flame comes up. <u>First</u> the wood gets hot. Smoke comes up <u>and</u> <u>then</u> a little flame comes up.	Es liegen einige kausale/temporale Konjunktionen vor, die zu einem mittelmäßigen Textfluss führen.
3	Sentences and sentence parts are consistently well linked, producing a clear flow of ideas.	“I think the <u>reason</u> for <u>this</u> is <u>that</u> sth. like flammable wood is easy to <u>combustion</u> <u>because</u> <u>when</u> you do a stoff really hot it will burn <u>because</u> the objektiv have to much energy <u>so</u> it will burn? <u>When</u> I try to do a fire I normally done it with a Feuerzeug, <u>but</u> you also can do it with rubbing a stick against flammable wood, <u>first</u> I will smoke <u>and</u> <u>after</u> a <u>few</u> <u>seconds/</u> minutes/hours it may burn. Das Feuerzeug geht <u>auf</u> <u>Grund</u> <u>der</u> Reibung am Rad <u>an</u> <u>da</u> die Reibung sozusagen eine kleine Menge von diesem Inhalt freisetzt? (MEKI20, 8G3)	Der Text zeichnet sich durch eine konsequente Verwendung kausaler und temporaler Konjunktionen aus. Dieses Beispiel zeigt, dass die Bewertung der Konjunktionen nicht von falschen Fachbegriffen oder Inhalten abhängig ist.

Tabelle 14
Analyse raster der Communicative Sophistication (Scientific Terms) einer kausalen Erklärung inklusive Erwartungshorizont nach Coetzee-Lachmann (2007), einer Beispiellantwort und Begründung der Punktevergabe

Level	Erwartungshorizont nach Coetzee-Lachmann (2007)	Beispiel aus Schülertext	Begründung der Einteilung
0	No subject-specific terms or expressions are used.	<p>“Ich habe Benzin (hochflammbar) nehme ein Feuerzeug <u>zack</u> ist das Feuer an. Benzin ist hochentzündbar, deswegen brennt es. Es geht sehr schnell.“ (SOJÖ22, 8G4)</p>	Umgangssprache (<u>zack</u>) und Fachbegriffe falsch (hochflammbar).
1	The use of subject-specific terms and expressions is limited and/or only a limited number of terms and expressions included are used correctly.	<p>“You put some <u>fuel</u> on the flammable wood and rub a stick on it. The rubbing generates heat (<u>exothermic reaction</u>) and the fire lights up. The fuel helps it to burn. The fire uses up the <u>oxygen</u> and turn it into <u>Carbon Dioxide</u>. The fire generates light which mean that it uses <u>energy</u>.” (PRSU14, 7B_VG_E)</p>	Fuel ist hier nicht als Benzin, sondern allgemein als Brennstoff zu verstehen. Das Konzept der exothermen Reaktion wurde nicht korrekt verwendet.
2	Subject-specific terms and expressions are used to a large extend where references are made to subject-related phenomena and are used correctly in most instances.	<p>“Voraussetzungen sind ein brennbares Holz, <u>Luftsauerstoff</u> und Wärme von der <u>Bewegungsenergie</u>. Durch die Reibung entsteht <u>Energie</u> und Wärme. Durch die Reibung auf dem Holz entsteht eine <u>Hitzeentwicklung</u> sofern eine <u>Zündtemperatur</u> vorhanden ist und die <u>Verbrennung</u> beginnt, läuft eine <u>exotherme Reaktion</u> ab. Nachdem der <u>Reaktionspartner</u> den <u>Brennstoff</u> angezündet hat wurde das <u>Produkt</u> hell (Licht). Außerdem wurde der <u>Sauerstoff</u> zu <u>Kohlenstoffdioxid</u>.“ (MARA18, 8G1)</p>	Fachbegriffe werden häufig und meistens richtig verwendet.
3	Subject-specific terms and expressions are consistently used where references are made to subject-related phenomena and are continuously used correctly.	<p>“Es wird ein <u>Brennstoff</u> benötigt und auch <u>Sauerstoff</u> damit die Voraussetzungen für die <u>exotherme Reaktion</u> gegeben sind. Als <u>Brennstoff</u> kann man brennbares Holz verwenden. Bei einer guten <u>Zündtemperatur</u> kann man die <u>Verbrennung</u> gut starten. Das Feuer wird immer wärmer und es entsteht <u>Kohlenstoffdioxid</u> und <u>Energie</u> in Form von Wärme und Licht als <u>Produkt</u> der <u>Reaktion</u>.“ (TAMA25, 8G4)</p>	Dem Lernstand angemessene korrekte und stringente Verwendung von Fachbegriffen.

4.1.5 Durchführung

Zu Beginn der Studie im März 2016 wurde ein Vortest geschrieben, welcher allgemeine demographische Angaben der Schülerinnen und Schüler abfragte. Außerdem wurde das Interesse bezüglich der Fächer Chemie und Englisch, ihre schulische Selbstwirksamkeitserwartung und die Fähigkeit zur Selbstregulation erfasst. Neben den affektiven Merkmalen wurde das Fachwissen, die Fachsprache und die verbale und figurale Kompetenz erfasst. Die Bearbeitungszeit des Vortests betrug insgesamt 90 Minuten. Um einen Konzentrationsabfall zu reduzieren, wurde der Test auf zwei Schulstunden aufgeteilt. Die Erhebung fand in der Woche vor Beginn der Intervention während des regulären Chemieunterrichts statt. Zur Wahrung der Objektivität gab die Versuchsleiterin zu Beginn der Testphase vorformulierte Instruktionen, die für beide Klassen identisch waren. Rückfragen zur Durchführung wurden im Plenum geklärt, inhaltliche Fragen, wie die Bedeutung von Worten innerhalb des Kognitiven Fähigkeitstests, wurden nicht beantwortet. Die Beaufsichtigung der Schülerinnen und Schüler erfolgte in Zusammenarbeit mit der anwesenden Lehrerin. Die zeitlichen Vorgaben des KFT von Heller und Perleth (2000) wurden streng eingehalten. Für die verbleibenden Aufgaben gab es kein vorgegebenes Zeitlimit pro Aufgabe, sodass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Fragebögen in ihrem eigenen Tempo ausfüllen konnten. Alle Schülerinnen und Schüler beendeten die Tests mindestens fünf Minuten vor dem vereinbarten Abgabezeitpunkt. Diejenigen, die mit dem Test fertig waren, mussten sich weiterhin leise verhalten und durften ein Buch lesen oder ein Bild malen. Hausaufgaben anderer Fächer durften jedoch nicht erledigt werden, damit der Anreiz einer verfrühten Abgabe so gering wie möglich blieb.

Für das Treatment wurde eine der beiden Parallelklassen zufällig ausgewählt und über eine Dauer von vier Wochen mit speziell entwickeltem Material zur Förderung der Schachfachliteralität und vertiefter Lernprozesse beschult. Eine Zusammenfassung des Verlaufes der Studie ist in Abbildung 37 zu erkennen. Die Themen der jeweiligen Stunde sind dabei fett gedruckt und der fachsprachliche Fokus ist normal formatiert.

Die Vergleichsklasse bekam Material, welches sich inhaltlich nicht von dem der Versuchsgruppe unterschied, fachsprachlich jedoch keine zusätzlichen Hilfestellungen aufwies. Die für den bilingualen Unterricht üblichen und notwendigen Vokabelübersetzungen waren dennoch vorhanden, sodass es nicht zu einer Benachteiligung der Vergleichsgruppe kam. Das Treatment erstreckte sich über einen Zeitraum von zwölf Unterrichtsstunden zu insgesamt fünf Unterthemen der Redox-Reaktion. Aufgrund zusätzlicher Wiederholungsphasen zu Beginn jeder Unterrichtsstunde und längeren Experimentierphasen war das Treatment in beiden Gruppen vier Stunden länger als geplant. Den Unterricht hat die Lehrerin nach der gemeinsamen Entwicklungs- und Einweisungsphase selbst durchgeführt.

Insgesamt haben sich fünf Schülerinnen und Schüler der Versuchsgruppe dazu bereiterklärt, nach jeder Chemiestunde ein standardisiertes Lerntagebuch auszufüllen, um die Entwicklung ihrer metakognitiven Kompetenzen zu protokollieren. Außer dem Vor- und Nachtest, sowie dem Lerntagebuch fanden keine weiteren Erhebungen statt.

An dem Nachtests (Version A oder B) in der Woche nach dem Treatment konnte aus organisatorischen Gründen nur die Versuchsgruppe teilnehmen. Sie hatte 60 Minuten Zeit zur Bearbeitung. Neben dem Fachwissen und der Fachsprache wurden auch das Fachinteresse, die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und die Fähigkeit zur Selbstregulation abgefragt.



Abbildung 37. Durchführung der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen je Einheit.

4.2 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die qualitativen und quantitativen Ergebnisse der Pilotierung vorgestellt. Dabei werden die Eindrücke während der Hospitation und die Ergebnisse der statistischen Auswertung in Sinnabschnitten eingeteilt gemeinsam behandelt. Die aus den Ergebnissen abzuleitenden Konsequenzen für die Hauptstudien werden in der anschließenden Diskussion erläutert.

4.2.1 Allgemeine Durchführbarkeit der Studie

Die Unterrichtsreihe hat sich, anderes als die angedachten acht Schulstunden, über einen Zeitraum von insgesamt zwölf Schulstunden erstreckt. Dies hing zum einen damit zusammen, dass die Schülerinnen und Schüler sehr viel länger zum Experimentieren und Bearbeiten der Aufgaben gebraucht haben und zum anderen zusätzliche Erläuterungen zu den teils unbekanntem Aufgabenformaten notwendig waren. Bis auf die Verzögerung konnten alle Unterrichtsstunden und Testverfahren wie geplant umgesetzt werden. Außer einem Schüler, der die Teilnahme an den Tests verweigerte, beteiligten sich alle Schülerinnen und Schüler im Rahmen ihrer Möglichkeiten am Unterricht und führten die Tests gewissenhaft aus.

4.2.1.1 Anmerkungen zum Ablauf einzelner Schulstunden

Aufgrund von Verzögerungen während der Experimentierphase kam es teilweise dazu, dass die Sicherung der Ergebnisse und Beantwortung der Forschungsfrage in die nächste Stunde vertagt wurde. Das führte dazu, dass die Versuchsbeobachtungen nicht mehr präsent waren und sich die Auswertung sehr schleppend gestaltete. Für die Herstellung von Kupfer musste der Versuch von der Lehrerin sogar exemplarisch nochmal durchgeführt werden. Das praktische oder theoretische Wiederholen von Experimenten beruhte teilweise auch darauf, dass die Schülerinnen und Schüler Versuchsbeschreibungen nicht genau lasen und folglich fehlerhaft umsetzten. Dies führte zu sehr uneinheitlichen Beobachtungen, anhand derer die Forschungsfrage ohne Einwirken der Lehrkraft nicht beantwortet werden konnte. Aus diesem Grund werden für die Hauptstudie genauere Versuchsanweisungen geplant, die für die Schülerinnen und Schüler der sechsten Klasse sogar nach jedem Durchführungsschritt abzuhaken sind. Nur so kann sichergestellt werden, dass zum einen die genaue Reihenfolge eingehalten wird und zum anderen kein Zwischenschritt in Vergessenheit gerät. Eigenständige Versuchsplanungen sind vor der Durchführung mit der Lehrkraft abzustimmen. Inhaltlich gesehen brauchen die Schülerinnen und Schüler noch mehr fachliche Hilfe zum eigenständigen Auswerten der Versuchsbeobachtungen und dem Verstehen zugrundeliegender chemischer Reaktionen. Hierzu sind für die Hauptstudie mehr Hilfskarten und Lösungsblätter vorgesehen, die bedarfsgerecht eingesetzt werden können.

4.2.1.2 Anmerkungen zu den Inhalten einzelner Schulstunden

Neben den angesprochenen organisatorischen Hürden und dem großen Zeitaufwand konnte während der Hospitation aber auch erkannt werden, dass den Schülerinnen und Schülern das Experimentieren sehr viel Spaß gemacht hat und sie sich interessiert an der Beantwortung der Forschungsfrage beteiligten. Teilweise gingen die Ergebnisse sogar über den Erwartungshorizont hinaus, wie an der Stunde zum Kupferbrief deutlich gemacht werden soll. Zum einen arbeiteten sie diesbezüglich sehr an der Optimierung der Faltechnik des kupfernen Briefumschlages und zum anderen stellten sie innerhalb der Auswertung selbstständig kausale Zusammenhänge zwischen der Sauerstoffzufuhr und der Bildung verschiedener Kupferoxide her: „Auf den äußeren Flächen des Kupferbriefes, die in direktem Kontakt mit Luftsauerstoff stehen, entsteht das schwarze CuO_2 , an den Faltstellen kommt es hingegen aufgrund geringerer Sauerstoffreserven zur Bildung roten Kupferoxids mit der Summenformel CuO “.

Die Stunde zur industriellen Kupferverhüttung hat sehr viel Zeit in Anspruch genommen, aber keinen nennenswerten Mehrwert erzielt. Aus diesem Grund wird der Informationstext zur industriellen Kupferherstellung durch einen Film ersetzt, der zeigt, wie Kupfer außerhalb des Labors hergestellt werden kann. Dieser steht in direktem Zusammenhang zur vorherigen Forschungsfrage: „*Konnte Ötzi bereits Kupfer herstellen?*“. Aufgrund der simplen Versuchsanordnung (ein Erdloch im Garten) und dem Lebensweltbezug wird ersichtlich, dass chemische Reaktionen nicht nur im Reagenzglas ablaufen, sondern uns tagtäglich umgeben. Außerdem bieten sich zahlreiche Transferfragen zum zuvor durchgeführten Versuch an, wie zum Beispiel: „*Wozu wird der Blasebalg verwendet?*“ oder „*Warum müssen die Steinchen zunächst fein vermahlen werden?*“.

4.2.2 Validierung der Erhebungsinstrumente

Zur Überprüfung der Güte verwendeter Testinstrumente wurden die Skalen der Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeitserwartung, des Fachinteresses der Fächer Chemie und Englisch, sowie die des verbalen und figuralen Denkens einer Reliabilitätsanalyse unterzogen. Eine Schwierigkeitsanalyse anhand der korrigierten Trennschärfe einzelner Items erfolgte für den Fachwissens- und Fachsprachentest.

4.2.2.1 Reliabilitäten der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale

Zur Reliabilitätsanalyse der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale wurde jeweils die interne Konsistenz berechnet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 15 zu erkennen. Die Skalen zur Selbstregulation und dem figuralen Denkens weisen eine mittlere interne Konsistenz auf (Bortz & Döring, 2006). Fünf weitere Skalen weisen Werte um den von Schmitt (1996) beschriebenen Schwellenwert von $\alpha = .70$ auf. Lediglich die Gesamtskala des Fachinteresses in Chemie, sowie die Subskala zur

wertebezogenen Komponente des Fachinteresses weisen eine zu niedrige interne Konsistenz auf. Items wie „*Der Chemieunterricht hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln*“ scheinen eventuell für das Fach Englisch aufgrund der Globalisierung zutreffender, als der Einfluss des Faches Chemie auf die Entwicklung der Persönlichkeit wahrgenommen werden mag. Für die Hauptstudie wird der Fragebogen zwar unverändert beibehalten, allerdings wird bei den Instruktionen darauf geachtet, diese Items genauer zu erläutern. So könnte der Beitrag der Chemie beispielsweise sein, alltägliche Dinge aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten, Zusammenhänge besser zu verstehen und sich folglich reflektierter und verantwortungsbewusster auch außerhalb des Chemieunterrichts zu verhalten.

Tabelle 15
Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	Items	Vortest		Nachttest	
		N	α	N	α
Selbstregulation	10	46	.84	-	-
schulische Selbstwirksamkeit	7	46	.76	-	-
Fachinteresse Chemie gesamt	8	50	.59	-	-
Items 1-5: gefühlsbezogene Komponente	5	50	.72	-	-
Items 6-8: wertebezogenen Komponente	3	50	.16	-	-
Fachinteresse Englisch gesamt	8	47	.76	-	-
Items 1-5: gefühlsbezogene Komponente	5	48	.69	-	-
Items 6-8: wertebezogenen Komponente	3	49	.69	-	-
Einstellung zum bili. Chemieunterricht				-	-
KFT Subskala verbales Denken	25	50	.62	-	-
KFT Subskala figurales Denken	25	50	.80	-	-
Bewertung der Unterrichtsreihe	13	-	-	17	.43

4.2.2.2 Schwierigkeitsanalyse der Fachwissens- und Fachsprachentests

Zur Analyse der Schwierigkeit der Fachwissens- und Fachsprachentests wurde die Verteilung der Items je Fragebogen im Vor- und Nachttest betrachtet. Dazu waren die Mittelwerte, die minimale und maximale Ausprägung, sowie die korrigierte Trennschärfe von Interesse.

Tabelle 16

Item-Schwierigkeit und korrigierten Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	P_{\min}	P_{\max}	$r_{it \min}$	$r_{it \max}$
Items des Fachwissensvortest	17	100	.05	.30
Items des Fachwissensnachtests	4	100	-.48	-.13
Items des Fachsprachenvortests	-	-	-	-
Items des Fachsprachennachtests	-	-	-	-

In Tabelle 16 ist zu erkennen, dass die Mittelwerte der Item-Schwierigkeiten für das Fachwissen in den selbsterstellten Tests zwischen $P = 4$ und $P = 100$ liegen. Laut Weise (1975) soll diese zwischen $P = 20$ und $P = 80$ liegen, was für die Mehrzahl der Items der Fall war. Items, die unter bzw. über dem geforderten Bereich liegen, müssen für die Hauptstudie entweder umformuliert oder ersetzt werden. Die Trennschärfe der Items der Fachwissenstests liegt im niedrigen, vereinzelt auch im mittleren Bereich (Weise, 1975). Die Schwierigkeitsanalyse der beiden Fachsprachentests konnte nicht ausgeführt werden. Grund dafür ist, dass manche Items teilweise gar nicht oder nur von sehr wenigen Versuchspersonen beantwortet wurden, weshalb weder eine Aussage über die Güte einzelner Items noch über die Güte der Gesamtskala getroffen werden kann. Damit in der Hauptstudie mehr Schülerinnen und Schüler die Aufgaben zur Fachsprache bearbeiten können, müssen diese bezüglich ihrer Komplexität, Formulierungen und dem Aufgabenformat angepasst werden.

4.2.3 Vergleich der Gruppen

Zum Vergleich der beiden Gruppen wurden diese bezüglich ihrer Nationalität, zu Hause gesprochener Sprachen, dem außerschulischen Englischkontakt, der Chemie- und Englischnote befragt, sowie die kognitiven Kompetenzen erfasst.

4.2.3.1 Demographischer Hintergrund

In der Studie waren Schülerinnen und Schüler mit insgesamt 15 verschiedenen Nationalitäten vertreten. Fast drei Viertel von ihnen sind Deutsche. In beiden Gruppen sind jeweils elf Schülerinnen und Schüler mehrsprachig aufgewachsen, wobei die meisten von ihnen zwei, manche auch drei oder vier Sprachen sprechen. Englisch wird von fünf Personen der Versuchsgruppe und vier Personen der Vergleichsgruppe im Elternhaus gesprochen. Abbildung 38 verdeutlicht, dass die restlichen Schülerinnen und Schüler außerhalb der Schule ebenfalls mit der englischen Sprache in Kontakt kommen. Für die Versuchsgruppe ist dies häufiger der Fall als für die Vergleichsgruppe, wobei generell der Kontakt zur englischen Sprache durch digitale Medien, wie auch die Familie und Freunde am größten ist. Urlaube, Austauschprogramme oder Musik spielen diesbezüglich eine eher geringe Rolle.

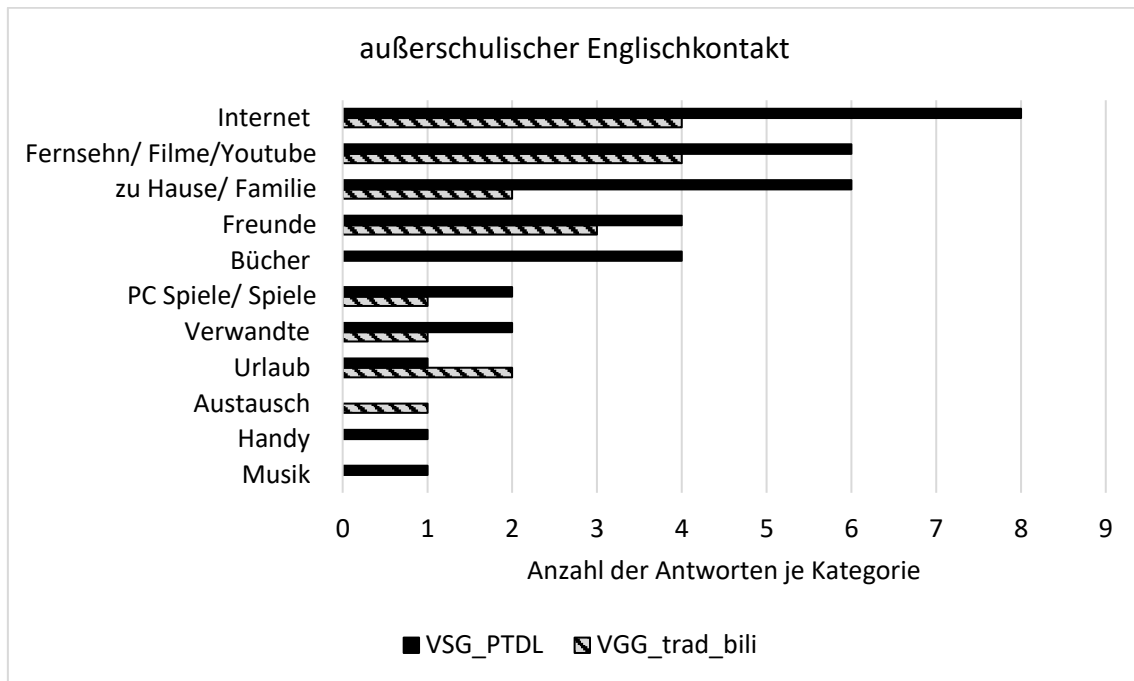


Abbildung 38. Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Pilotstudie in der 7. Klassenstufe.

4.2.3.2 Verbale und nonverbale Kompetenzen

Die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler wurden anhand einer Subskala zum verbalen und einer zum figuralen Denken des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) erfasst. Die Mittelwerte, Standardabweichungen und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests auf Normalverteilung sind in Tabelle 17 zu finden.

Tabelle 17

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Subskalen zum verbalen und nonverbalen Denken der Pilotstudie der 7. Klassenstufe

Gruppen	Verbale Subskala V1A				Nonverbale Subskala N1B			
	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}
VSG_PTDL	26	18.50	3.01	.005	26	22.73	2.11	.002
VGG_trad_bili	24	16.60	3.44	.027	24	19.71	4.29	.011

Es zeigt sich, dass die kognitiven Fähigkeiten der Klassen im mittleren bis hohen Bereich liegen, da pro Skala 25 Punkte hätten erreicht werden können. Zum Vergleich der Mittelwerte verbaler und figuraler Kompetenzen wurde der Mann-Whitney-*U*-Test für unverbundene Stichproben durchgeführt. Dieser hat ergeben, dass die verbale ($U = 194.000$, $p = .021$), wie auch figurale ($U = 156.500$, $p = .002$) Kompetenz der Vergleichsgruppe signifikant höher ist, als die der Versuchsgruppe. Mit einer Effektstärke von $r = .34$ für die verbale, bzw. $r = .43$ für die figurale Kompetenz, handelt es sich nach Cohen (1992) um mittlere Effekte.

4.2.3.3 Chemie und Englischnote

Auch die Chemie- und Englischnote wurde zum Vergleich der Klassen in Betracht gezogen. In Tabelle 18 ist zu erkennen, dass die Noten der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler für beide Fächer im Mittel zwischen 2.1 und 2.7 liegen. Der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben zeigt, dass sich die beiden Klassen hinsichtlich ihrer Chemienote nicht signifikant voneinander unterscheiden ($U = 383.000$, $p = .145$), die Versuchsgruppe jedoch signifikant bessere Englischnoten als die Vergleichsgruppe hat ($U = 441.500$, $p = .008$). Mit einer Effektstärke von $r = .37$ handelt es sich nach Cohen (1992) um einen mittleren Effekt.

Tabelle 18

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und p-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnote der Pilotstudie der 7. Klassenstufe

Gruppen	Chemienote				Englischnote			
	N	M	SD	p_{Sh-W}	N	M	SD	p_{Sh-W}
VSG_PTDL	26	2.08	.73	.006	26	2.06	.69	.001
VGG_trad_bili	24	2.41	.66	.001	24	2.72	.95	.008

4.2.4 Lerntagebuch

In der Studie von Otto (2007) hat sich gezeigt, dass durch den Einsatz eines Lerntagebuches die Tendenz zur Prokrastination bezüglich der Hausaufgaben abnimmt, die Freude während der Hausaufgaben bei den Schülerinnen und Schülern zunimmt. Damit einhergehend stellte Otto (2007) eine Verbesserung der Motivation, der Konzentrationsfähigkeit und des Inhaltsverständnisses fest. Die Reflexionsfähigkeit und die Zufriedenheit mit den Hausaufgaben steigt während dieser Studie sogar hochsignifikant. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurde auch in der Pilotstudie ein standardisiertes Lerntagebuch mit teils halboffenen Antwortformaten zur Verbesserung affektiver und kognitiver Schülermerkmale eingesetzt. Dessen Einsatz hat aus den folgenden drei Gründen allerdings nicht zum gewünschten Ergebnis geführt, weshalb es in den folgenden drei Hauptstudien nicht mehr eingesetzt wird. Erstens haben sich nur fünf Schülerinnen und Schüler bereiterklärt, über die Dauer der Studie ein Lerntagebuch zu führen. Sie wurden von der Lehrerin als leistungsstark bezeichnet und trugen maßgeblich am Unterrichtsgeschehen bei. Diese Lerntagebücher spiegeln folglich nicht die Veränderung des Lernverhaltens der ganzen Klasse wider. Zweitens wurden im Chemieunterricht fast keine Hausaufgaben aufgegeben, weshalb die Lernstrategien anderer Fächer dokumentiert wurden: „Lange Texte zusammenfassen“, „Geschichten auf Englisch schreiben“ oder „die Prozentrechnung“. Die einzigen beiden Aussagen bezüglich der Chemie waren „Reaktionsgleichungen aufstellen“ und „Beobachtungen aufschreiben“. Drittens wurden die Hilfen zum Schreiben von Erklärungen nicht als

Lernstrategien anerkannt, weshalb sie nur ein einziges Mal unter verwendeten Hilfsmitteln angeführt wurden, obwohl die Arbeitsblätter als hilfreich empfunden wurden. Abgesehen von den drei konkret angeführten Gründen ist eine Veränderung des Lernverhaltens immer auch ein langwieriger Prozess, der eventuell in den vier Wochen der Untersuchung keine bewusst wahrzunehmenden Veränderungen hervorgerufen hat.

4.3 Diskussion und Fazit

Die Auswertung qualitativer und quantitativer Daten hat ergeben, dass die nach dem PTDL-Ansatz entwickelten Materialien prinzipiell im Unterricht eingesetzt werden können. Einige Verbesserungen bezüglich der Materialien, der Unterrichtsführung und den Erhebungsinstrumenten sind allerdings notwendig, um den postulierten Mehrwert dieses Ansatzes im Vergleich zum herkömmlichen bilingualen Chemieunterricht entsprechend evaluieren zu können.

Bezüglich der Erhebungsinstrumente zur Erfassung affektiver und kognitiver Schülermerkmale kann aus den Erfahrungen während der Hospitation geschlossen werden, dass Fragen verstanden und gewissenhaft beantwortet wurden. Die Reliabilitäten der bereits vielfach eingesetzten Skalen entsprechen bis auf die des Fachinteresses für Chemie den Mindestanforderungen und können deshalb unverändert in den Hauptstudien verwendet werden. Insbesondere für das Fachinteresse (negativ formulierte Items) und die Fachwissensfragen im Multiple Choice Format (mehrfach richtige Antworten) müssen die Instruktionen zu Beginn der Erhebungen allerdings genauer formuliert werden, um valide Daten produzieren zu können.

Bezüglich der Materialien ist aufgefallen, dass diese mehr der Alltagssprache der Schülerinnen und Schüler angepasst werden muss, bzw. entsprechende Hilfestellungen zum Verstehen der Fachsprache zur Verfügung zu stellen sind, um bestehende Sprachbarrieren zwischen der Alltagssprache und der chemischen Fachsprache, sowie der deutschen und englischen Unterrichtssprache überwinden zu können. Die Effektivität eingeführter Lernstrategien und der Hilfen zum Fachsprachentraining kann dahingehend verbessert werden, dass diese zunächst im Plenum besprochen und Beispiele angeführt werden. Erst dann erfolgt die Anwendung in Kleingruppen oder Einzelarbeit. Dieses Vorgehen stünde in Einklang mit dem von Polias (2016) und dem sozial konstruktivistischen Ansatz von Vygotsky (1975).

Größte Veränderung neben der Entwicklung weiterer Unterrichtsstunden ist vermutlich die Überarbeitung des Fachsprachentests. Das Format, wie es bereits bei Brown (2005) verwendet wurde, eignete sich nicht zur Erfassung der konzeptuellen Tiefe und Breite, sowie der Fachsprache. Die Schülerinnen und Schüler fanden das Aufgabenformat einer neunmaligen Beschreibung und Erklärung teils unbekannter Experimente zu komplex und wenig motivierend, sodass das Nachdenken über eine mögliche Antwort oft erst gar nicht stattgefunden hat. Wurde eine Antwort formuliert, so blieben die erwarteten

Verknüpfungen zwischen ähnlich ablaufenden chemischen Reaktionen aus. Dies könnte zum einen gelöst werden, indem, ähnlich einer Concept Map, Verbindungen zwischen ähnlichen Versuchen gezogen werden müssen. Eine weitere Möglichkeit, die auch in der Hauptstudie der Sekundarstufe I Verwendung finden wird, ist das zur Verfügung stellen sprachlicher und visueller Hilfestellungen zum Verfassen von Erklärungen. Ziel ist es hierbei, eine kognitive Überlastung der Schülerinnen und Schüler auszuschließen, um so auf die Fachsprache schließen zu können. Anzumerken ist hierbei, dass dadurch allerdings nicht mehr die konzeptuelle Tiefe und Breite erfasst werden kann, wie es bei dem Vergleich mehrerer Versuche der Fall gewesen wäre.

Im Folgenden werden die drei Hauptstudien der Sekundarstufe I und II, sowie der Orientierungsstufe mitsamt ihren Methoden und Ergebnissen der Reihe nach vorgestellt. Nach einer Zusammenfassung der einzelnen Studien erfolgt eine gemeinsame Diskussion der Ergebnisse im Anschluss.

5. Hauptstudie I (Sekundarstufe I: 7. und 8. Klassenstufe)

Basierend auf den Forschungsergebnissen der Pilotstudie und den aus der Theorie abgeleiteten Hypothesen wird die Didaktik des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* (PTDL) auf seine Effektivität zur Förderung vertiefter Lernprozesse, sowie dessen Akzeptanz seitens der Schülerinnen und Schüler evaluiert. Außerdem wird der Zusammenhang zwischen den kognitiven Merkmalen des Fachwissens und der Fachsprache, sowie den affektiven Merkmalen der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie untersucht.

Die dazu durchgeführte Studie in der siebten und achten Klassenstufe deutscher Gymnasien ermöglicht einen Vergleich zwischen Chemieunterricht, der nach den PTDL-Prinzipien entweder auf Englisch oder Deutsch durchgeführt wurde und herkömmlichem bilingualen Chemieunterricht ohne einen expliziten Fachsprachenfokus.

Im Methodenkapitel wird zunächst auf das Design der Studie eingegangen und die untersuchte Stichprobe und Durchführung der Studie beschrieben. Die verwendeten Erhebungsinstrumente entsprechen größtenteils denen aus der Pilotierung, weshalb hauptsächlich auf etwaige Abweichungen eingegangen wird. Die Auswertung erfolgt im Ergebnisteil anhand der formulierten Hypothesen.

5.1 Methode

5.1.1 Design

Das Design der Studie ist in Anlehnung an das der Pilotierung zu verstehen. Wie in Abbildung 39 zu erkennen ist, sind dazu einzelne Erhebungsinstrumente ersetzt (grau hinterlegt) bzw. vorhandene leicht verändert worden (fett markiert).

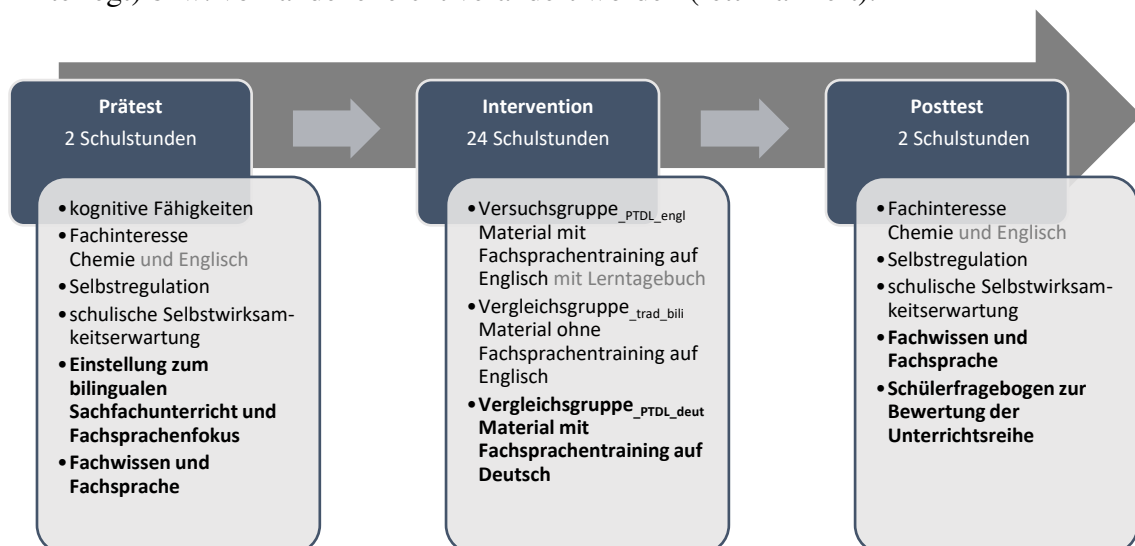


Abbildung 39. Versuchsdesign der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.

5.1.2 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt $N = 152$ Schülerinnen und Schüler teil. Davon stammen $n = 83$ aus drei bilingualen siebten Klassen eines städtischen Gymnasiums in Hessen und die verbleibenden $n = 69$ Schülerinnen und Schüler besuchen eine kooperative Gesamtschule in Niedersachsen. Der Übersichtlichkeit halber werden die einzelnen Klassen im Folgenden nach ihren Gruppenzugehörigkeiten, der Teilnehmeranzahl und dem Alter der Schülerinnen und Schüler in Tabelle 19 aufgelistet.

Tabelle 19

Teilnehmeranzahl (N), Geschlechterverteilung ($n_{\text{weibl.}}$) und mittleres Alter (M , SD) der Versuchspersonen der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	Versuchspersonen		Alter	
	N	$n_{\text{weibl.}}$	M	SD
VSG_PTDL_engl. 7B	28	14	13.10	.50
VSG_PTDL_engl. 7E	28	10	13.05	.32
VSG_PTDL_engl. 8G3	25	10	13.88	.41
VGG_PTDL_deut. 8G1	24	16	13.93	.42
VGG_PTDL_deut. 8G4	20	13	14.14	.54
VGG_trad_bili. 7C	27	10	13.01	.45

Anmerkung: VSG: Versuchsgruppe, VGG: Vergleichsgruppe.

Von den insgesamt $N = 152$ Schülerinnen und Schülern nahmen am Vortest¹ insgesamt $n = 148$ und am Nachtest² $n = 149$ Schülerinnen und Schüler teil. Alle Schülerinnen und Schüler, die den bilingualen Chemieunterricht besuchen, haben diesen freiwillig gewählt und wurden weder durch ihre Zeugnisnoten noch durch andere Kriterien daran gehindert. Ebenso haben sie sich freiwillig an der Studie beteiligt und es wurde das Einverständnis der Eltern vorab schriftlich eingeholt. Teilweise gab es zusätzlich einen Informationsabend, der die Eltern über die bevorstehende Studie informierte. Die Zuordnung der Klassen in die Versuchs- und Vergleichsgruppen erfolgte nach Einschätzung der Lehrer. Dazu wurden die als leistungsschwächste und leistungsstärkste siebte Klassen mit dem Material zum vertieften Lernen beschult und die verbleibende siebte Klasse, die laut der Lehrperson durchschnittliche Leistungen erzielt, als Vergleichsgruppe herangezogen. Die achten Klassen wurden alle mit dem speziell entwickelten Material entsprechend ihrer gewohnten Unterrichtssprache unterrichtet. Am ursprünglichen Klassenverband und der verantwortlichen Lehrkraft wurde nichts verändert, weshalb es sich um Ad Hoc Stichproben handelt. Die erbrachten Leistungen

¹ Vortest Drop Out: jeweils eine Person der VGG_PTDL_deut. 8G1 und VSG_PTDL_engl. 8G3, sowie zwei Personen aus der VSG_PTDL_engl. 7E

² Nachtest Drop Out: jeweils eine Person der VSG_PTDL_engl. 7B, VSG_PTDL_engl. 7E und VGG_trad_bili. 7C

konnten weder als mündliche Note noch als freiwillige Zusatzaufgabe geltend gemacht werden. Der klassenübergreifende Unterricht mit demselben Material war möglich, da es sich um G8 und G9 Klassen handelt, für die Redox-Reaktionen in der jeweiligen Klassenstufe im Lehrplan verankert sind. Die Schülerinnen und Schüler wurden vor der Unterrichtsreihe in die chemische Reaktion eingeführt und konnten Oxidationsreaktionen mit Luftsauerstoff phänomenologisch beschreiben.

5.1.3 Erhebungsinstrumente

In den folgenden Kapiteln werden die verwendeten Erhebungsinstrumente beschrieben. Diese ermöglichen zum einen die Auswertung des Lernfortschritts anhand verschiedener prä-post Vergleiche und zum anderen können so Zusammenhänge verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale identifiziert werden.

5.1.3.1 Fragebogen zum demographischen Hintergrund der Versuchspersonen

Der Fragebogen zum demographischen Hintergrund der Versuchspersonen konnte bis auf eine kleine Änderung in seiner ursprünglichen Form beibehalten werden. Auf die Frage, wie oft die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit der englischen Sprache in Kontakt kommen, wurden in der Pilotstudie schwer vergleichbare Angaben gemacht. Aus diesem Grund erfolgte die Unterteilung des Items in vier Subkategorien, nämlich den Kontakt durch Bücher, Filme und Freunde, sowie der Kommunikation in Sprachen außer der englischen und deutschen. Diese Aufteilung ist bereits in Passon (2007) zu finden.

5.1.3.2 Messung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten anhand des KFT

Für die Studie wurden die Subskalen zum verbalen und figuralen Denkens des bereits beschriebenen Kognitive Fähigkeitstest (KFT 4-12 + R) von Heller und Perleth (2000) verwendet.

5.1.3.3 Fragebogen zum Fachinteresse

Anders als in der Pilotstudie wurde in der Hauptstudie die Einstellung zum bilingualen Unterricht nach Passon (2007) anstelle des Interesses am Fach Englisch abgefragt. Diese Änderung war notwendig, da es sich beim bilingualen Chemieunterricht nicht um eine reine Erweiterung des traditionell einsprachigen Chemieunterrichts durch Elemente der Fremdsprachendidaktik handelt. Folglich kann der bilinguale Chemieunterricht nicht korrekt durch das Interesse am englischen Sprachunterricht abgebildet werden. Eine persönliche Einschätzung der Schülerinnen und Schüler über das Potential der Sprache als zusätzliches Werkzeug im Denk- und Verbalisierungsprozess scheint folglich zielführender. Für das Fachinteresse am Chemieunterricht wurde der entsprechende Fragebogen beibehalten.

5.1.3.4 Fragebogen zum bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung

Die persönliche Einstellung der Schülerinnen und Schüler zum bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung wurde mit Hilfe eines selbst entwickelten Fragebogens erhoben. Dieser basiert auf dem Schülerfragebogen von Passon (2007) und beinhaltet insgesamt 28 Items, von denen 24 auf einer vierstufigen Likert-Skala von „stimme nicht zu“ bis „stimme zu“ zu bewerten sind. In Tabelle 20 ist zu jedem Item-Format jeweils ein Beispiel gegeben.

Tabelle 20
Beispielitems des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!		stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
29	Ich verwende manchmal in Chemie Fachbegriffe , ohne sie ganz zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Wenn ich im bilingualen Chemieunterricht Texte auf Englisch lesen oder Aufgaben lösen soll, übersetze ich sie für gewöhnlich erst ins Deutsche.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> kommt drauf an nämlich _____ _____			
12	Im Chemieunterricht werden die Ergebnisse in der Regel	<input type="checkbox"/> schriftlich <input type="checkbox"/> mündlich <input type="checkbox"/> etwa zu gleichen Teilen schriftlich und mündlich festgehalten.			

5.1.3.5 Fragebogen zur schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und Selbstregulation

Der validierte Fragebogen zur schulischen Selbstwirksamkeitserwartung von Jerusalem und Satow (1999) und der zur Selbstregulation von Schwarzer (1999) konnten wie in der Pilotstudie unverändert eingesetzt werden.

5.1.3.6 Fragebogen zum Fachwissen und der Fachsprache

Um den Lernzuwachs bezüglich des Fachwissens und der Fachsprache ermitteln zu können, wurden in Zusammenarbeit mit den teilnehmenden Lehrkräften Fragebögen konzipiert, die im Einklang mit dem jeweiligen Lehrplan standen, sowie dem Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler entsprachen. Verschiedene Antwortformate wurden dazu in der Pilotstudie evaluiert, von denen sich die folgenden als sinnvoll erwiesen haben: geschlossene Multiple Choice Fragen mit vier Antwortmöglichkeiten, halboffene Fragen, die das zu Ende Schreiben eines Satzes erfordern, sowie offene Erklär-Aufgaben. Da bereits in Brown (2005) berichtet wird, dass selbst Studentinnen und Studenten Schwierigkeiten bei der Formulierung zusammenhängender Erklärungen haben, wurden für diese Aufgabe Hilfestellungen konzeptueller und sprachlicher Art zur Verfügung gestellt.

Die Fragen zur Ermittlung des Fachwissens decken alle drei Anforderungsbereiche ab, wobei die Bereiche II (Anwenden) und III (Übertragen, Bewerten und Reflektieren) verstärkt zu finden sind. Diese geben Aufschluss über vertiefte Lernprozesse. Distraktoren und mehrfach richtige Antworten der Multiple Choice Fragen sind in Anlehnung an Browns (2005) Tiefen- und Breitenverarbeitungslevel konzipiert und adressieren mögliche Fehl- bzw. Alternativvorstellungen der Lerner. Insgesamt umfasst der Fachsprachen- und Fachwissenstest sieben Aufgaben, für die eine Maximalpunktzahl von insgesamt 44 Punkten erreicht werden konnte. Die verwendeten Aufgabenformate des Vor- und Nachtests sind in Tabelle 21 aufgelistet.

Tabelle 21
Verwendete Aufgabenformate zur Ermittlung der Fachsprache und des Fachwissens im Vor- und Nachtest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Verwendete Aufgabenformate im:	
	<ul style="list-style-type: none"> • 9 Single Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 4 Multiple Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 4 halboffene Fragen
Vortest	<ul style="list-style-type: none"> • 5 Merkmale einer wissenschaftlichen Erklärung nennen • 2 Multiple Choice Fragen, welche der drei vorgegebenen Erklärungen die beste ist mit zusätzlicher Begründung der Auswahl • 1 Zuordnung von Fachbegriffen in das Redox-Schema • 1 freie Schreibaufgabe zur Erklärung von Verbrennungsreaktionen
Nachtest	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgaben 1 – 6 sind identisch mit denen aus dem Vortest • 1 freie Schreibaufgabe zur Erklärung von Korrosionsreaktionen

Um einen Einblick in den Fragebogen zu geben, werden im Folgenden einzelne zentrale Items exemplarisch vorgestellt. Abbildung 40 zeigt dichotome Fragen geschlossenen Antwortformates, die entweder mit ja oder nein (bzw. weiß nicht) beantwortet werden konnten.







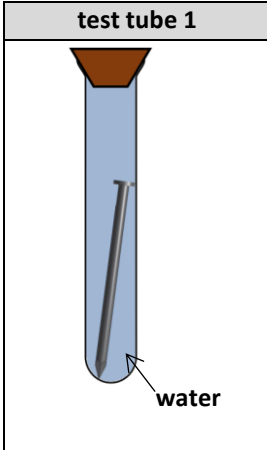
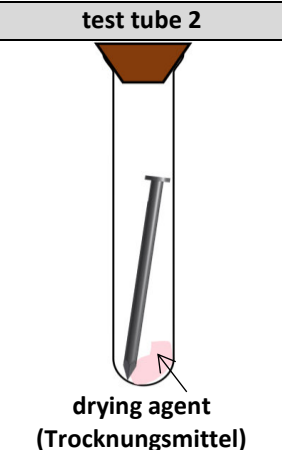
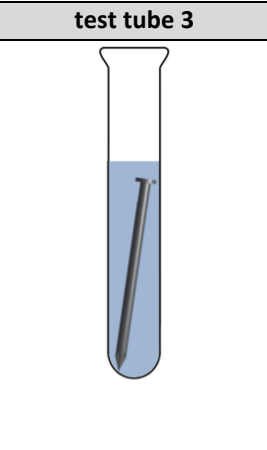
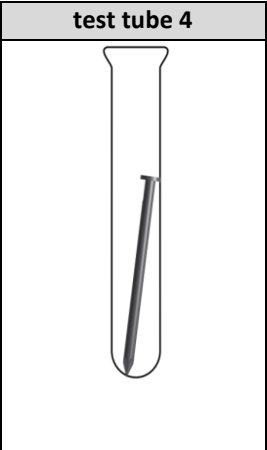
Decide which of the following statements are true or false and say how sure you are.	true	false	uncertain	How sure are you?		
				not at all	some-what	totally
During a chemical reaction, substances with new properties are formed.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Metal oxides conduct electricity	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			

Abbildung 40. Geschlossene dichotome (ja-nein) Fragen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe mit Antwortsicherheit nach Dutke und Barenberg (2009).

Die Möglichkeit anzugeben, dass die Antwort nicht bekannt ist, wurde mit dazu genommen, da besonders Schülerinnen während der Pilotstudie Probleme hatten, Antworten zu raten. Sie fühlten sich nicht kompetent genug und hatten folglich keine Lust mehr auf die kommende Unterrichtsreihe. Nach dem Ankreuzen war anhand entsprechender Smileys anzugeben, wie sicher sich die Probanden bei der Beantwortung der jeweiligen Frage waren.

In Abbildung 41 und Abbildung 42 sind Fragen mit halboffenem Antwortformat zu erkennen. Zweck dieser Aufgaben ist es, durch das Vollenden eines Satzanfanges nicht nur Fachwissen abzufragen, sondern gleichzeitig auch Aufschluss darüber zu erhalten, inwieweit die Lerner bei ihrer Argumentation auf behandelte fachsprachliche Inhalte wie zum Beispiel das PRO-Modell von Putra und Tang (2016) zurückgreifen, ohne direkt einen Fließtext eigenständig verfassen zu müssen.

Which iron nail will corrode (rusten) most? Order them and give a short explanation.

test tube 1	test tube 2	test tube 3	test tube 4
			

The iron nail in test tube _____ corrodes **most** because _____
_____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **fairly** because _____
_____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **least** because _____
_____.

The iron nail in test tube _____ **does not corrode at all** because _____
_____.

Abbildung 41. Beispielitem mit halboffenem Antwortformat zum Vollenden von Satzanfängen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.

Decide which explanation is best and give a short reason for your answer.

SALT WATER IN WINTER

- a.) In winter, salt is put on the road. Then it melts the snow and the salt dissolves in the water. Then, the salt water gets on the car which starts to corrode.
- b.) Rusting happened much faster last winter than the summer before. My father told me that the cold destroyed the metal parts on the outside of the car. I just put some new paint on the corroded parts and the car looks like new.
- c.) An increased salt usage in winter leads to a rising corrosion rate. The reason for that is that the salt dissolves in the melted snow forming a solution of highly reactive particles. The effect is that the solution accelerates the oxidation reaction.

Explanation _____ is best because _____

Abbildung 42. Beispielitem mit kombiniertem Antwortformat aus Multiple Choice und Begründung im halboffenen Antwortformat im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.

In der Pilotierung wurde festgestellt, dass manche Schülerinnen und Schüler fachliche Inhalte beherrschten, sowie auf Genrefragen im Unterricht antworten konnten, bei der Kombination beider Bereiche aber Schwierigkeiten hatten. Damit die Fachsprache möglichst unabhängig vom Fachwissen erhoben werden kann – sofern das überhaupt möglich ist (Coetzee-Lachmann, 2007) – wurden den Teilnehmern inhaltliche und konzeptuelle Hilfestellungen zum Verfassen der Erklärungen zur Verfügung gestellt. Abbildung 43 zeigt dazu ein Item mit offenem Antwortformat. Auch wenn wichtige Fachbegriffe vorgegeben wurden, musste trotzdem selbstständig entschieden werden, ob es sich beispielsweise um eine exotherme oder endotherme Reaktion handelt und ob diese als Oxidation oder Reduktion bezeichnet wird.

Explain the chemical reaction of corrosion. Remember to write like a scientist!

Use the following terms:

natural processes, lowest energy states, metals, metal oxides, endothermic/exothermic reaction, reduction/oxidation, gain/loss of oxygen, reactants, products, metal, oxygen, metal oxide, rust

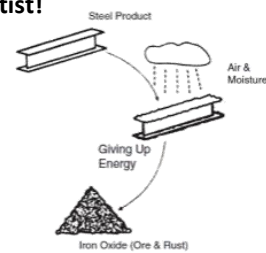


Abbildung 43. Offene Erklär-Aufgabe zu Korrosionsreaktionen mit Hilfestellungen im Wissenstest der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe.

5.1.3.7 Lehrerfragebogen zum bilingualen Chemieunterricht

Laut des revidierten *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* Models von Meyer, O. und Coyle et al. (2018) sind für einen erfolgreichen Lernprozess weit mehr als nur der Lerner und die entsprechenden Inhalte ausschlaggebend. Aus diesem Grund wurde ein Lehrerfragebogen in Anlehnung an Roddert (2008) zur Evaluation der bilingualen Unterrichtsreihe entwickelt. Es wurden die Art und Dauer persönlicher Auslandsaufenthalte, Möglichkeiten der Materialienbeschaffung im bilingualen Unterricht, sowie die Motivation bilingual zu unterrichten abgefragt. Ein besonderer Fokus lag auf der Einstellung der Lehrperson zum sprachsensiblen Unterricht und der Realisierung dessen im täglichen Handeln. Außerdem sollte die eigene Klasse kurz beschrieben, sowie Wünsche und Verbesserungsvorschläge angegeben werden. Abschließend folgte eine Aussage darüber, inwieweit sich die Art zu Lehren innerhalb der Untersuchung seitens der Lehrkraft verändert hat.

5.1.4 Durchführung

Durchgeführt wurde eine quasi-experimentelle Studie im Drei-Gruppen-Prä-Post-Design. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich in den achten Klassen der niedersächsischen Gesamtschule von Anfang Februar bis Ende Mai 2017 und in den siebten Klassen des hessischen Gymnasiums von Anfang März bis Ende Juni 2017.

Im Vor- und Nachtest wurden anhand kurzer Tests relevante Schülermerkmale erhoben, die beim Lernen eine Rolle spielen. Hinsichtlich der affektiven Komponente wurde das Fachinteresse, die Selbstregulation und die schulische Selbstwirksamkeitserwartung mittels kurzer Fragebögen abgefragt. Aus kognitiver Sicht waren für die beschriebene Studie das Fachwissen, die Fachsprache und das verbale/figurale Denken von Interesse. Diese Informationen wurden mit Hilfe eines Fachsprachen- und Fachwissenstests, sowie der Sub-Skalen des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) abgefragt. Das Set an Fragebögen zur Überprüfung affektiver Merkmale war für alle Versuchs- und Vergleichsgruppen identisch, der Fachwissens- und Fachsprachentest wurde in der jeweiligen Unterrichtssprache ausgegeben. Fachbegriffe, die den bilingual unterrichteten Schülerinnen und Schülern vor der Unterrichtsreihe unbekannt waren, wurden zusätzlich auf Deutsch angegeben.

Für den Vortest wurde 90 Minuten Bearbeitungszeit gegeben, die in zwei 45 Minuten Blöcke unterteilt wurde, um einen Konzentrationsabfall der Versuchsteilnehmer zu vermeiden. Zu Beginn wurden die Fragebögen besprochen und es blieb ausreichend Zeit für Rückfragen. Erst danach begannen die 45-minütigen Testphasen. Die Erhebungen fanden jeweils zu den regulären Unterrichtszeiten in den gewohnten Chemiesälen statt. Während des Treatments erhielten die Versuchsgruppen speziell entwickeltes Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse mit expliziten Hilfestellungen zum Schreiben von Erklärungen. Diese Hilfe bestand aus Wörtern und Phrasen kausaler Zusammenhänge,

Strukturmodellen, Lösungstexten und Ähnlichem. Die Kontrollgruppe wurde mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts ohne diese Hilfestellungen beschult. Nach einem kurzen Briefing der Versuchsleiterin wurde der Unterricht von der jeweiligen Lehrkraft selbst durchgeführt. Nach der Durchführung der Unterrichtsreihe erfolgte der Nachtest in der darauffolgenden Chemiestunde. Dazu hatten die Schülerinnen und Schüler 60 Minuten Bearbeitungszeit.

Im hessischen Gymnasium fand einmal wöchentlich eine Hospitation aller drei Klassen statt. Zur Kontrolle der Untersuchung am niedersächsischen Gymnasium war eine Hospitation innerhalb der Klassen leider nicht möglich, es bestand jedoch ein sehr enger Kontakt mit der verantwortlichen Lehrerin. Alle wichtigen Informationen konnten per Telefon, E-Mail und nach der Studie im persönlichen Kontakt ausgetauscht werden. Des Weiteren wurden jeweils Schülerhefte kopiert, um neben der subjektiven Einschätzung der Lehrkraft noch einen objektiven Eindruck zu erhalten, inwieweit die Materialien eingesetzt und von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet wurden. Bei der Entwicklung der Materialien waren alle teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer involviert, wobei die Lehrerin der drei achten Klassen maßgeblich beteiligt war, sodass es ihr leichter fiel, dieses neue Unterrichtskonzept umzusetzen.

Der Ablauf der Studie ist in Abbildung 44 dargestellt. Die Themen der jeweiligen Unterrichtseinheit sind dabei fett gedruckt und der sprachliche Fokus normal formatiert.



Abbildung 44. Durchführung der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen je Einheit.

5.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie der siebten und achten Klassenstufe vorgestellt. Dazu erfolgt zunächst eine Validierung der Erhebungsinstrumente, sowie ein Vergleich der Ausgangsbedingungen der einzelnen Schulklassen. Daraufhin werden die Klassen entsprechend ihres Treatments als Versuchsgruppe_PTDL_englisch (7B, 7E und 8G3), Vergleichsgruppe_PTDL_deutsch (8G1 und 8G3) und Vergleichsgruppe_bili_traditionell (7C) zusammengefasst und mögliche Unterschiede bezüglich ihrer affektiven und kognitiven Entwicklung inferenzstatistisch überprüft.

5.2.1 Validierung der Erhebungsinstrumente

Zur Überprüfung der Güte verwendeter Testinstrumente wurden die Skalen der affektiven Schülermerkmale einer Reliabilitätsanalyse unterzogen, um eine Aussage über die interne Konsistenz der Skalen zu erhalten. Eine Schwierigkeitsanalyse anhand der korrigierten Trennschärfe einzelner Items erfolgte für den Fachwissens- und Fachsprachentest.

5.2.1.1 Reliabilitäten der Skalen affektiver Schülermerkmale

Zur Reliabilitätsanalyse der Skalen affektiver Schülermerkmale wurde jeweils die interne Konsistenz berechnet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 22 zu erkennen.

Tabelle 22

Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Skalen affektiver Schülermerkmale der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	Items	Vortest		Nachttest	
		N	α	N	α
Selbstregulation	10	136	.81	124	.84
schulische Selbstwirksamkeit	7	142	.79	127	.80
Fachinteresse Chemie gesamt	8	140	.80	130	.87
Items 1-5: gefühlsbezogene Komponente	5	140	.71	130	.82
Items 6-8: wertebezogenen Komponente	3	146	.74	138	.82
Einstellung zum bili. Chemieunterricht	28	81	.85		
KFT Subskala verbales Denken	25	147	.71	-	-
KFT Subskala figurales Denken	25	147	.90	-	-
Bewertung der Unterrichtsreihe	15			95	.81

Die Skalen der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung, des Fachinteresse Chemie und der Einstellung zum bilingualen Sachfachunterricht weisen sowohl im Vortest, als auch im Nachttest eine mittlere interne Konsistenz auf (Bortz & Döring, 2006). Die Subskalen des Fachinteresse Chemie zur gefühls- und wertebezogenen Komponente, sowie die Subskala *verbales Denken* des KFT 4-12+R

(Heller & Perleth, 2000) weisen eine geringe interne Konsistenz auf. Laut Schmitt (1996) liegen diese Werte jedoch noch über dem Schwellenwert von $\alpha = .70$. Die Subskala *figurales Denken* des KFT 4-12+R weist eine hohe interne Konsistenz auf (Bortz & Döring, 2006). Aus den Reliabilitätsanalysen kann geschlossen werden, dass die interne Konsistenz der Skalen ausreichend hoch ist, so dass die gewonnenen Daten ohne Einschränkungen weiter analysiert werden können.

5.2.1.2 Schwierigkeitsanalyse der Fachwissens- und Fachsprachentests

Zur Analyse der Schwierigkeit des Fachwissens- und Fachsprachentests wurde die Verteilung der Items je Fragebogen im Vor- und Nachtest betrachtet. Dazu waren die Mittelwerte, die minimale und maximale Ausprägung, sowie die korrigierte Trennschärfe von Interesse.

Es hat sich gezeigt, dass für alle Items der Fachsprache und des Fachwissens sowohl im Vortest als auch im Nachtest die maximale Ausprägung erreicht wurde. Das bedeutet, dass alle Antwortmöglichkeiten von den Schülerinnen und Schüler ausgenutzt wurden, bzw. zur Bewertung der frei geschriebenen Texte alle Kategorien des Analyserasters Verwendung fanden. Im Fachsprachen-Nachtest wurde bei zwei Items sogar ein Zusatzpunkt vergeben. Da dies allerdings nur selten vorkam, wurde die zu erreichende Maximalpunktzahl nicht verändert.

Tabelle 23

Item-Schwierigkeit und korrigierten Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	P_{\min}	P_{\max}	$r_{it \min}$	$r_{it \max}$
Items des Fachwissensvortest	11	95	.39	.53
Items des Fachwissensnachtests	29	95	.27	.47
Items des Fachsprachenvortests	16	85	.69	.73
Items des Fachsprachennachtests	35	91	.70	.75

In Tabelle 23 ist zu erkennen, dass die Mittelwerte aller Item-Schwierigkeiten in den selbsterstellten Tests zwischen $P = 11$ und $P = 95$ liegen. Laut Weise (1975) soll die Item-Schwierigkeit P zwischen 20 und 80 liegen, was für die Mehrzahl der Items der Fall war. Items, die eine Item-Schwierigkeit von $P < 20$ aufweisen, sind demnach als besonders schwierig und Items über 80 als besonders einfach zu bewerten. Die Tatsache, dass sich in den Vortests Items unter dem angegebenen Schwellenwert befinden, liegt in der Vermeidung eines Deckeneffektes im Nachtest begründet. Dieser wäre zustande gekommen, wenn fast alle Schülerinnen und Schüler die Fragen richtig beantwortet hätten und so eine Differenzierung ihrer Leistung anhand des Tests nicht mehr möglich gewesen wäre. Im prä-post Vergleich der einzelnen Items steigen die Mittelwerte an, was bedeutet,

dass die Fragen im Nachtest öfter richtig beantwortet wurden als es noch im Vortest der Fall war. Im Nachtest war kein Item mehr zu schwer für die Versuchspersonen.

Bezüglich der Trennschärfe ist zu sagen, dass sie für die Items der Fachwissenstests überwiegend im mittleren und für die der Fachsprache im hohen Bereich liegt. Eine hohe Trennschärfe ist laut Weise (1975) bei $r_{it} > .50$ gegeben.

5.2.2 Vergleich der Gruppen

Um herauszufinden, inwiefern die einzelnen Schulklassen miteinander vergleichbar sind, wurden sie bezüglich der zu Hause gesprochenen Sprachen, dem außerschulischen Englischkontakt, der Chemie- und Englischnote, sowie den kognitiven Kompetenzen des verbalen und figuralen Denkens miteinander verglichen. Unterscheiden sich die Gruppen in diesen Aspekten nicht signifikant voneinander, so können einzelne Klassen im Folgenden zu Versuchs- und Vergleichsgruppen zusammengefasst werden.

5.2.2.1 Demographischer Hintergrund

In der Studie waren Schülerinnen und Schüler mit insgesamt 42 verschiedenen Staatsbürgerschaften vertreten, wobei fast drei Viertel von ihnen die deutsche Staatsbürgerschaft haben. In den einzelnen Klassen werden zu Hause neben der deutschen zwischen fünf bis zwölf verschiedene Sprachen gesprochen. Abbildung 45 verdeutlicht, dass Englisch besonders von den Versuchspersonen zu Hause gesprochen wird, die sich auch für den bilingualen Chemieunterricht entschieden haben. In diesen Klassen ist die allgemeine Sprachvielfalt ebenfalls höher als bei den drei Vergleichsklassen. Die durchschnittliche Anzahl zu Hause gesprochener Sprachen variiert zwischen eins bis zwei, in seltenen Fällen werden auch drei oder vier Sprachen zu Hause gesprochen.

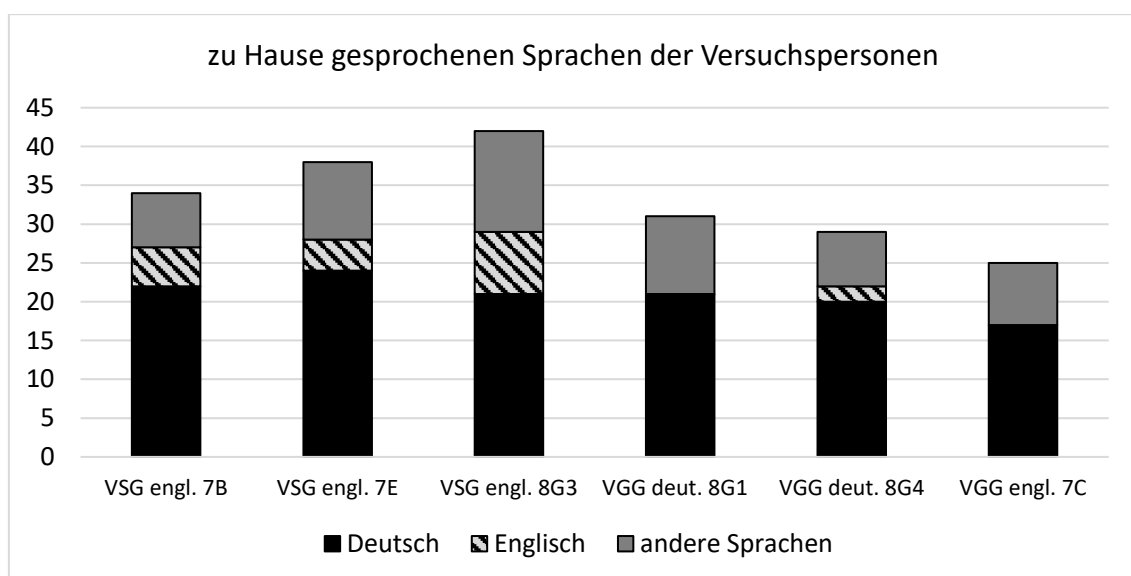


Abbildung 45. Zu Hause gesprochenen Sprachen der Versuchspersonen aufgeteilt nach Klassen der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Abbildung 46 zeigt den Kontakt mit der englischen bzw. weiteren Sprachen außerhalb der Schule. Es ist zu erkennen, dass sich alle sechs Klassen sowohl mit englischsprachigen Filmen und Büchern beschäftigen als auch mit Freunden und Verwandten auf Englisch oder in einer anderen Sprache als der deutschen sprechen.

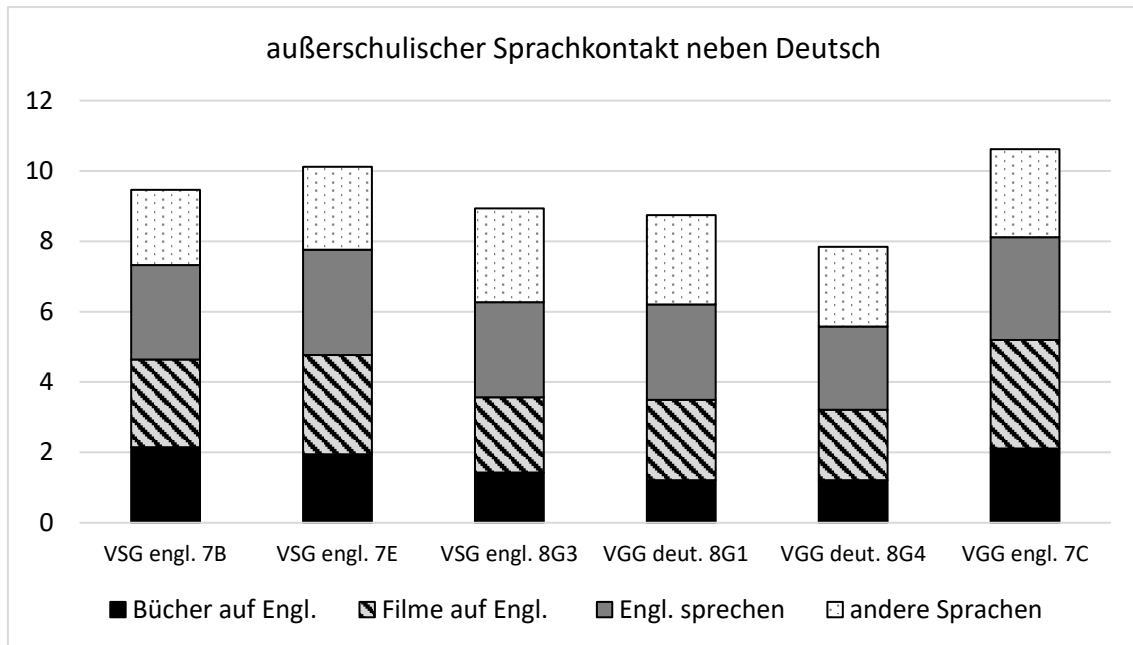


Abbildung 46. Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie der 7. und 8. Klassenstufe aufgeteilt nach Klassen.

Mögliche Unterschiede wurden auch hierzu mit Hilfe einer non-parametrische einfaktorielle Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis überprüft. Tabelle 24 zeigt, dass lediglich für das Lesen von Büchern in der englischen Sprache signifikante Gruppenunterschiede bestehen. Dunn-Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigen, dass Schülerinnen und Schüler der Klasse 7E signifikant mehr Bücher auf Englisch lesen, als es Schülerinnen und Schüler der Klasse 8G1 tun ($z = 2.576, p = .010, r = .21$). Es handelt sich hierbei um einen mittleren Effekte (Cohen, 1992).

Tabelle 24

Ergebnisse der non-parametrischen einfaktoriellen Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis zum außerschulischen Sprachkontakt der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

außerschulischer Sprachkontakt	df	X ²	p
Bücher in englischer Sprache	5	16.425	.006
Filme in englischer Sprache	5	9.567	.088
englischsprachige Freunde	5	1.103	.954
Kommunikation in anderen Sprachen neben Englisch	5	1.378	.927

5.2.2.2 Verbale und nonverbale Kompetenzen

Die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler wurden anhand der Subskalen verbales Denken V1 A und figurales Denken N1 B des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) erfasst. Die Mittelwerte, Standardabweichungen und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests auf Normalverteilung sind in Tabelle 25 zu finden. Es zeigt sich, dass die kognitiven Fähigkeiten der Klassen im mittleren Bereich (14.36 – 15.71 für die verbale Subskala und 10.39 – 17.37 für die nonverbale Subskala) liegen, da pro Skala 25 Punkte hätten erreicht werden können.

Tabelle 25

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Subskalen zum verbalen und nonverbalen Denken der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	Verbale Subskala V1A				Nonverbale Subskala N1B			
	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-w}	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-w}
VSG_PTDL_engl_7B	27	14.74	3.86	.015	27	17.37	6.01	.006
VSG_PTDL_engl_7E	28	15.71	3.23	.342	28	17.25	4.73	.000
VSG_PTDL_engl_8G3	22	14.36	3.57	.336	22	15.00	5.07	.640
VGG_PTDL_deut_8G1	24	14.96	3.91	.485	23	10.39	7.75	.017
VGG_PTDL_deut_8G4	19	15.58	4.71	.007	19	16.42	6.38	.044
VGG_trad_bili_7C	26	14.88	3.78	.407	26	16.04	6.55	.000

Die Klassen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer verbalen Kompetenz nicht signifikant (Kruskal-Wallis: $X^2[5] = 2.980$, $p = .703$, $\eta^2 = .021$). Für die nonverbale Kompetenz gibt es jedoch einen signifikanten Unterschied ($X^2[5] = 15.011$, $p = .010$, $\eta^2 = .096$). Dunn-Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche zeigen, dass sich die Klasse 8G1 sowohl von der Klasse 7B ($z = 39.962$, $p = .012$, $r = .28$), als auch von der Klasse 7E signifikant unterscheidet ($z = 35.870$, $p = .035$, $r = .25$). Es handelt sich bei den Unterschieden der nonverbalen Kompetenz um mittlere Effekte (Cohen, 1992). Da diese drei Klassen alle mit dem PTDL-Material auf Deutsch bzw. Englisch unterrichtet wurden, sind diese Unterschiede nicht gravierend.

5.2.2.3 Chemie und Englischnote

Auch der Vergleich der Chemie- und Englischnoten wurde zum Vergleich der Klassen in Betracht gezogen. In Tabelle 26 ist zu erkennen, dass die Noten der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler für beide Fächer im Mittel zwischen 2 und 3.2 liegen.

Die Gruppen unterscheiden sich bezüglich ihrer Chemienote signifikant (Kruskal-Wallis: $X^2[5] = 14.82$, $p = .011$, $\eta^2 = .097$). Dunn-Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche belegen, dass sich die Klasse 7C von der Klasse 8G3 signifikant unterscheidet ($z = -2.95$, $p = .048$, $r = .25$). Laut Cohen (1992) handelt es sich dabei um einen mittleren Effekt.

Tabelle 26

Mittelwerte, Standardabweichungen und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnoten der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	Chemienote				Englischnote			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W}	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W}
VSG_PTDL_engl_7B	27	2.33	.78	.001	27	2.19	.74	.000
VSG_PTDL_engl_7E	26	2.45	1.11	.004	27	2.06	.86	.001
VSG_PTDL_engl_8G3	22	2.95	.90	.010	22	3.18	1.18	.103
VGG_PTDL_deut_8G1	24	2.82	.90	.041	24	2.61	.80	.020
VGG_PTDL_deut_8G4	18	2.93	.66	.002	18	3.11	.76	.000
VGG_trad_bili_7C	26	2.11	1.06	.001	26	2.29	.97	.013

Auch bezüglich der Englischnote gibt es signifikante Unterschiede ($X^2[5] = 25.31$, $p < .001$, $\eta^2 = .154$), die zwischen den siebten und den achten Klassen bestehen. Die Klasse 7B unterscheidet sich sowohl signifikant von der Klasse 8G3 ($z = 2.504$, $p = .007$, $r = .21$), als auch von der Klasse 8G4 ($z = -3.87$, $p = .002$, $r = .32$). Außerdem unterscheiden sich die Klassen 7E ($z = 3.304$, $p = .014$, $r = .28$) und 7C ($z = 3.015$, $p = .020$, $r = .25$) signifikant von der Klasse 8G4. Bis auf den schwachen Effekt zwischen den Klassen 7B und 8G3 handelt es sich um mittlere Effekte. Da es sich um signifikante Unterschiede zwischen Klassen handelt, die von unterschiedlichen Lehrkräften unterrichtet wurden, werden die Gruppen trotz dieser Unterschiede wie geplant in den entsprechenden Versuchs- und Vergleichsgruppen zusammengefasst betrachtet. Grund dafür ist, dass Noten durch unterschiedliche Bewertungskriterien oder ein ungleichmäßiges Ausschöpfen des Beurteilungsspektrums der Lehrerinnen und Lehrer beeinflusst sein könnten (Sacher, 1994).

5.2.3 Vergleich des PTDL-Materials mit traditionellem Material des bilingualen Chemieunterrichts bezüglich der Veränderung kognitiver und affektiver Merkmale

Um eine Aussage bezüglich der Effektivität des PTDL-Materials gegenüber herkömmlichem Material im bilingualen Unterricht treffen zu können, wurden die drei gebildeten Gruppen hinsichtlich ihres Fachwissens- und Fachsprachenzuwachses, sowie der Entwicklung ihrer affektiven Merkmale miteinander verglichen.

5.2.3.1 Entwicklung des Fachwissens

Zur Überprüfung des Lernzuwachses im Fachwissen wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese 1: Der Fachwissens-Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des Vor- und Nachtests sind in Tabelle 27 nach Gruppenzugehörigkeit und Erhebungszeitpunkt aufgelistet. Es zeigt sich, dass alle drei Gruppen im Nachtest mehr Punkte erreichen als im Vortest. Für die auf Englisch unterrichtete Versuchsgruppe beträgt der Lernzuwachs 4.3 Punkte und für die auf Deutsch unterrichtete Vergleichsgruppe 5.7 Punkte. Damit ist der Lernzuwachs beider mit dem PTDL-Material unterrichteten Gruppen größer als der der Vergleichsgruppe des traditionellen bilingualen Chemieunterrichts, die sich lediglich um 2.3 Punkte verbessert hat. Die Wahl der Unterrichtsmethode hat allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Fachwissens der drei Gruppen (RM-ANOVA: $F[2, 139] = 2.240$, $p = .110$, $\eta^2 = .016$). Laut Cohen (1992) handelt es sich dabei um einen schwachen Effekt. Hypothese 1 muss verworfen werden, da alle Schülerinnen und Schüler ungeachtet ihres Treatments im Verlauf der Unterrichtsreihe gleich viel dazu gelernt haben.

Tabelle 27

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) im Vor- und Nachtest, sowie die p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachwissenszuwachses der Studie in der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	Vortest Fachwissen			Nachtest Fachwissen			Zuwachs
	N	M	SD	N	M	SD	p_{Sh_W}
VSG_PTDL_engl.	73	4.58	2.03	73	8.88	2.60	.483
VGG_PTDL_deut.	43	5.27	2.31	42	10.92	2.31	.135
VGG_trad_bili	25	5.00	1.95	25	7.34	2.09	.739

Selbstvertrauen im Fachwissenstest

Zu den Multiple Choice Fragen im Wissenstest konnten die Schülerinnen und Schüler zusätzlich angeben, wie sicher sie sich mit ihrer Antwort waren. Das Ergebnis der dreistufigen Likert-Skala wurde anhand des *mean confidence accuracy quotient* (CAQ) von Caleon und Subramaniam (2010) bestimmt. Dieser errechnet sich aus der Differenz des Selbstvertrauens bei richtiger Antwort minus Selbstvertrauen bei falscher Antwort geteilt durch die Standardabweichung beider Werte. Bezüglich der empfundenen Sicherheit während der Multiple Choice Aufgaben sollten folgende Hypothesen getestet werden:

Hypothese 2a: Die Schülerinnen und Schüler aller drei Gruppen erreichen im Nachtest signifikant höhere CAQ-Werte als im Vortest.

Hypothese 2b: Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, verbessern sich bezüglich ihrer CAQ-Werte signifikant mehr als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet wurden.

Tabelle 28
Selbstvertrauen im Vor- und Nachtest des Fachwissens der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	CAQ im Vortest				CAQ im Nachtest			
	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}
VSG_PTDL_engl.	66	.82	.94	.822	66	.83	.90	.111
VGG_PTDL_deut.	35	.80	1.01	.107	35	.86	.64	.383
VGG_trad_bili	24	1.02	1.22	.907	24	.70	.70	.210

In Tabelle 28 ist zu erkennen, dass das Selbstvertrauen in die eigene Leistung bei den beiden PTDL Gruppen leicht zunimmt, bei der Vergleichsgruppe, die traditionell bilingual unterrichtet wurde, jedoch ein Rückgang um 0.3 Punkte zu verzeichnen ist.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung hat ergeben, dass sich das Selbstvertrauen weder im Verlaufe der Zeit signifikant verändert ($F[1, 122] = .571, p = .451, \eta^2 = .005$), noch die Gruppen sich untereinander signifikant unterscheiden ($F[2, 122] = .024, p = .976, \eta^2 < .001$). Gleiches gilt auch für die Interaktion von Zeit und Gruppe ($F[1, 122] = .571, p = .451, \eta^2 = .005$). Das bedeutet, dass sich die drei Gruppen bezüglich der Veränderung ihres Selbstvertrauens nicht signifikant voneinander unterscheiden. Aus diesem Grund müssen die Hypothesen 2a und 2b verworfen werden. Es verbessern nicht alle Gruppen im Verlaufe der Unterrichtsreihe ihre Confidence Accuracy und das PTDL-Material hat keinen signifikanten Mehrwert in der Förderung gezeigt.

5.2.3.2 Entwicklung der Fachsprache

Zur Überprüfung des Fachsprachenzuwachses in Abhängigkeit der Unterrichtsmethode wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese 3: Der Fachsprachen-Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Tabelle 29

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) im Vor- und Nachtest und p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachsprachenzuwachses der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Gruppen	Vortest Fachsprache			Nachtest Fachsprache			Zuwachs Fachsprache
	N	M	SD	N	M	SD	p Shapiro-Wilk
VSG_PTDL_engl.	71	5.54	3.94	71	11.39	4.59	.213
VGG_PTDL_deut.	41	7.72	4.25	41	12.91	4.74	.110
VGG_trad_bili	25	7.15	4.23	25	9.29	4.42	.653

Die Mittelwerte und Standardabweichungen, sowie p-Werte nach Shapiro-Wilk zur Überprüfung der Normalverteilung sind in Tabelle 29 aufgelistet. Es zeigt sich, dass alle drei Gruppen im Nachtest mehr Punkte erreichen als im Vortest. Für die beiden mit dem PTDL-Material unterrichteten Gruppen ist der Lernzuwachs mit über 5 Punkten außerdem größer als bei der Vergleichsgruppe, die traditionell bilingual unterrichtet wurde. Sie verbesserte sich lediglich um 2.1 Punkte. Die Gruppen unterscheiden sich mit einem starken Effekt signifikant voneinander (ANOVA: $F[2, 134] = 5.528, p = .005, \eta^2 = .77$) (Cohen, 1992). Bonferroni-korrigierte Post Hoc Tests zeigen, dass der Lernzuwachs der beiden mit dem PTDL-Material unterrichteten Gruppen signifikant höher ist als der Lernzuwachs der Vergleichsgruppe, die nach der herkömmlichen Didaktik des bilingualen Sachfachunterrichts unterrichtet wurde (VSG_PTDL_engl.–VGG_trad_bili: $p = 004; 3.614, 95\text{-CI} [.955, 6.274]$; VGG_PTDL_deut.–VGG_trad_bili: $p = 033; 3.091, 95\text{-CI} [.182, 5.999]$). Die Analysen haben ergeben, dass Hypothese 3 beibehalten werden darf. Sie besagt, dass durch den Einsatz des entwickelten PTDL-Materials im Vergleich zu herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts eine signifikante Verbesserung bezüglich Fachsprache hervorgerufen wird.

5.2.3.3 Veränderung der affektiven Schülermerkmale

Hat das entwickelte PTDL-Material einen positiven Einfluss auf die affektive Komponente des Lernens, so müsste sich dies auch in einer Verbesserung der erhobenen Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und dem Fachinteresse Chemie niederschlagen. Dies wurde anhand folgender Hypothese überprüft:

Hypothese 4: Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material auf Deutsch oder auf Englisch unterrichtet werden, erreichen für die Selbstregulation und/oder die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und/oder das Fachinteresse Chemie eine signifikant größere Verbesserung, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem bilingualen Chemiematerial unterrichtet werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der affektiven Schülermerkmale sind in Tabelle 30 aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass die Selbstregulation bei der Vergleichsgruppe *_PTDL_deutsch* und die schulische Selbstwirksamkeitserwartung bei der Vergleichsgruppe *_trad_bili* zugenommen haben. Ansonsten nehmen bei allen drei Gruppen die affektiven Merkmale im Verlauf der Unterrichtsreihe ab. Insgesamt bekundet die Vergleichsgruppe *_trad_bili* jeweils das höchste Fachinteresse und gibt an, am besten selbstreguliert und selbstwirksam zu sein.

Tabelle 30
Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) der affektiven Schülermerkmale der Versuchs- und Vergleichsgruppen im Vor- und Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Skalen	Gruppen	VSG_PTDL_engl (N = 71)		VGG_PTDL_deut (N = 43)		VGG_trad_bili (N = 22)	
		M	SD	M	SD	M	SD
Selbstregulation VT		2.90	.51	2.61	.52	2.89	.50
Selbstregulation NT		2.82	.54	2.68	.52	2.84	.57
schul. Selbstwirksamkeit VT		2.87	.51	2.82	.56	2.99	.41
schul. Selbstwirksamkeit NT		2.77	.56	2.78	.59	3.06	.42
Fachinteresse Chemie VT		3.26	.64	3.11	.68	3.88	.48
Fachinteresse Chemie NT		3.08	.87	2.93	.78	3.77	.67

Anmerkung. Die Selbstregulation und die schulische Selbstwirksamkeitserwartung waren auf einer vierstufigen Likert Skala und das Fachinteresse Chemie auf einer fünfstufigen Likert Skala zu bewerten.

Tabelle 31 veranschaulicht, dass alle Daten – bis auf die der Entwicklung der Selbstregulation innerhalb der Versuchsgruppe ($p = .004$) – normalverteilt sind. Die Überprüfung der Varianzhomogenität erfolgte für die Selbstregulation anhand eines non-parametrischen Levene Tests und für die Selbstregulation und das Fachinteresse Chemie anhand der parametrischen Variante. Varianzhomogenität liegt für die Selbstregulation ($p = .802$) und das Fachinteresse Chemie ($p = .553$) vor, nicht aber für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung ($p < .001$).

Tabelle 31

Test auf Normalverteilung der Entwicklung affektiver Schülermerkmale nach Shapiro-Wilk der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Skalen	Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk		
	VSG_PTDL_engl	VGG_PTDL_deut	VGG_trad_bili
Selbstregulation	.004	.071	.570
schul. Selbstwirksamkeit	.430	.576	.243
Fachinteresse Chemie	.731	.502	.626

Zur Überprüfung von *Hypothese 4* bezüglich der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie wurden einfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt. Die Analysen haben ergeben, dass sich die drei Gruppen weder in ihrer Selbstwirksamkeit (Welch Test $F[2, 59.454] = 2.366, p = .103, \eta^2 = .017$), noch in ihrem Interesse am Fach Chemie ($F[2, 121] = .045, p = .956, \eta^2 < .001$) signifikant voneinander unterscheiden. Zum Vergleich der Ränge der Selbstregulation wurde der Kruskal-Wallis Test für unverbundene Stichproben durchgeführt. Er hat ergeben, dass es ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gibt ($X^2[2] = 1.291, p = .524, \eta^2 = .006$). Aus den Berechnungen ist zu folgern, dass Hypothese 4 für die Selbstregulation, die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse Chemie verworfen werden muss. Die Entwicklung affektiver Merkmale wird demnach nicht von der Unterrichtsart beeinflusst.

5.2.4 Effekte des PTDL-Materials auf individuelle Schülerinnen und Schüler

Neben dem Vergleich der affektiven und kognitiven Veränderungen zwischen den drei Gruppen, ist es außerdem interessant herauszufinden, welche Schülerinnen und Schüler innerhalb der beiden PTDL-Gruppen am meisten von dem entwickelten Material und der Unterrichtsart profitieren. Da es zu dem PTDL-Ansatz noch keine empirischen Befunde gibt, sind beide Hypothesen diesbezüglich explorativer Art.

Hypothese 5a: Alle Schülerinnen und Schüler der beiden PTDL-Gruppen weisen signifikante Verbesserungen bezüglich des Fachwissens und/oder der Fachsprache im Verlauf der Unterrichtsreihe auf.

Hypothese 5b: Schülerinnen und Schüler, die ihre Fähigkeit zur Selbstregulation im Vortest als gering einschätzen, weisen eine signifikant höhere Verbesserung des Fachwissens und/oder der Fachsprache auf, als Schülerinnen und Schüler, die sich zu Beginn der Unterrichtsreihe als sehr selbstreguliert bezeichnen. Gleiches wird für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung angenommen. Für das Fachinteresse Chemie wird davon ausgegangen, dass besonders Schülerinnen und Schüler von dem PTDL-Ansatz profitieren, die sehr interessiert am Chemieunterricht sind.

Um herauszufinden, welche Schülerinnen und Schüler am meisten von dem PTDL-Ansatz profitieren, wurden aus den beiden PTDL-Gruppen jeweils drei neue Gruppen gebildet. Diese bestanden aus Schülerinnen und Schülern, die entweder eine geringe, mittlere oder hohe Punktzahl im Vortest bezüglich der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung oder des Fachinteresses Chemie aufwiesen. Die Gruppeneinteilung erfolgte jeweils anhand dreier Quantile der Mittelwerte der affektiven Skalen. Unterschiede zwischen diesen Gruppen wurden anschließend mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung analysiert. Nach Shapiro-Wilk lag eine Normalverteilung aller Daten vor (alle $p > .05$).

Tabelle 32 lässt erkennen, dass ein signifikanter Lernzuwachs des Fachwissens über die Zeit stattgefunden hat. Die Ausprägung affektiver Merkmale hat diesbezüglich keinen Einfluss, da sich Schülerinnen und Schüler mit einer geringen Selbstregulation nicht signifikant von denen mit einer hohen Fähigkeit zur Selbstregulation unterscheiden. Gleiches gilt für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse Chemie.

Tabelle 32
Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung der Fachwissensentwicklung in Abhängigkeit der Ausprägung affektiver Merkmale der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Einfluss auf das Fachwissen	<i>df₁</i>	<i>df₂</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Selbstregulation					
Zeit	1	138	544.899	.000	.798
Gruppe	2	138	1.368	.258	.019
Zeit * Gruppe	2	138	.729	.484	.010
schulische Selbstwirksamkeitserwartung					
Zeit	1	138	528.748	.000	.793
Gruppe	2	138	2.668	.073	.037
Zeit * Gruppe	2	138	.091	.913	.001
Fachinteresse Chemie					
Zeit	1	138	524.910	.000	.792
Gruppe	2	138	1.488	.230	.021
Zeit * Gruppe	2	138	.399	.672	.006

In Tabelle 33 ist zu erkennen, dass alle Schülerinnen und Schüler ihre Fachsprache im Verlauf der Unterrichtsreihe signifikant verbessert haben. Auf die Verbesserung der Fachsprache hat sowohl die Fähigkeit zur Selbstregulation als auch die schulische Selbstwirksamkeitserwartung einen signifikanten Einfluss. Besonders selbstregulierte Schülerinnen und Schüler unterscheiden sich signifikant von jenen, die ihre Fähigkeit zur Selbstregulation als gering (Games-Howell: $p = .018$, 1.97, 95%-CI[.28, 3.65) bzw. mittelmäßig (Games-Howell: $p = .050$, 1.94, 95%-CI[-.00, 3.89) einschätzen. Schülerinnen und Schüler mit einer hohen schulischen Selbstwirksamkeitserwartung verbessern ihre Fachsprache signifikant mehr, als jenen mit einer geringen schulischen Selbstwirksamkeitserwartung (Bonferroni: $p = .015$, 2.27, 95%-CI[.35, 4.20).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Hypothese 5a sowohl für das Fachwissen als auch für die Fachsprache beibehalten werden darf. Alle Schülerinnen und Schüler haben sich ungeachtet der Ausprägung ihrer Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und ihres Fachinteresses Chemie im Verlauf der Unterrichtsreihe signifikant verbessert. Hypothese 5b muss verworfen werden, da sich Schülerinnen und Schüler mit hoch ausgeprägten affektiven Merkmalen entweder nicht von jenen mit einer geringen Ausprägung bezüglich ihres Lernzuwachses unterscheiden oder diese sogar mehr von dem PTDL-Ansatz profitieren.

Tabelle 33

Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung der Fachsprachenentwicklung in Abhängigkeit der Ausprägung affektiver Merkmale der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Einfluss auf Fachsprache	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>F</i>	<i>p</i>	η^2
Selbstregulation					
Zeit	1	133	139.532	.000	.512
Gruppe	2	133	4.694	.011	.066
Zeit * Gruppe	2	133	.147	.864	.002
schulische Selbstwirksamkeitserwartung					
Zeit	1	133	134.354	.000	.503
Gruppe	2	133	4.452	.013	.063
Zeit * Gruppe	2	133	.168	.845	.003
Fachinteresse Chemie					
Zeit	1	133	129.698	.000	.494
Gruppe	2	133	2.211	.114	.032
Zeit * Gruppe	2	133	.853	.428	.013

5.2.5 Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale

Das PTDL-Modell postuliert einen positiven Zusammenhang zwischen verschiedenen affektiven Merkmalen und der Fähigkeit, Fachinhalte vertieft zu konzeptualisieren, sowie das Verständnis darüber den Normen der jeweiligen Fachkultur entsprechend zu verbalisieren. Der Zusammenhang dieser Konstrukte wurde anhand folgender Hypothesen überprüft:

Hypothese 6a: Die affektiven Merkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung und Fachinteresse Chemie) korrelieren positiv miteinander. Das Fachwissen korreliert positiv mit der Fachsprache.

Hypothese 6b: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen.

Die Ergebnisse der zweiseitig bivariaten Korrelation nach Pearson sind in Tabelle 34 zu finden. Es hat sich gezeigt, dass die affektiven Merkmale der Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeit und des Fachinteresses Chemie untereinander signifikant in einem mittleren bis hohen Ausmaß korrelieren (Cohen, 1988). Für die Fachsprache und das Fachwissen besteht im Vortest ein mittlerer und im Nachtest ein hoher Zusammenhang. Die Korrelation zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen ist im Vortest gering bzw. nicht signifikant. Im Nachtest bestehen zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen mittlere Zusammenhänge.

Tabelle 34
Korrelationen aller erfassten affektiven und kognitiven Konstrukte im Vor- und Nachtest

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
(1) Selbstregulation VT									
(2) Selbstregulation NT	.63**								
(3) schul. Selbstwirk. VT	.51**	.30**							
(4) schul. Selbstwirk. NT	.39**	.55**	.59**						
(5) Fachinteresse VT	.38**	.24**	.42**	.49**					
(6) Fachinteresse NT	.24**	.34**	.29**	.51**	.62**				
(7) Fachwissen VT	.05	.13	.22**	.30**	.16	.18*			
(8) Fachwissen NT	.14	.27**	.11	.34**	.17*	.23**	.33**		
(9) Fachsprache VT	.23**	.23**	.26**	.29**	.16	.23**	.30**	.32**	
(10) Fachsprache NT	.23**	.30**	.25**	.32**	.17*	.27**	.24**	.51**	.42**

Anmerkung 1. **. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant. *. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass Hypothese 6a beibehalten werden kann. Die affektiven Merkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung und Fachinteresse Chemie) korrelieren positiv miteinander. Das Fachwissen korreliert positiv mit der Fachsprache.

Hypothese 6b wird beibehalten auch wenn im Vortest einige Zusammenhänge zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen nicht signifikant waren. Grund dafür ist, dass die Entwicklung und der Zusammenhang affektiver und kognitiver Merkmale im Verlauf der Studie von Interesse waren, welche sich als signifikant erwiesen haben.

5.2.6 Einstellung zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus

Um die Einstellung gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus zu erfassen wurden die vier auf Englisch unterrichteten Klassen getrennt betrachtet. Dies liegt daran, dass die Aussagen der Schülerinnen und Schüler auf bisherigen Erfahrungen beruhen, die aufgrund unterschiedlicher Lehrkräfte, Unterrichtsmethoden und Materialien zu Stande gekommen sind und nicht durch die Studie selbst beeinflusst wurden. Somit ist die Einteilung in Versuchs- und Vergleichsgruppe hinfällig. Der eingesetzte Fragebogen erfasst spezifische Arbeitsweisen und Lernstrategien im bilingualen Chemieunterricht, mögliche Defizite durch die englische Arbeitssprache, sowie das Festhalten von Ergebnissen in schriftlicher oder mündlicher Form. Da anhand dieses Fragebogens keine Forschungsfrage beantwortet werden soll, wurden diesbezüglich keine Hypothesen formuliert.

5.2.6.1 Reliabilitäten zur Einstellung gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht

Zur Reliabilitätsanalyse der fünf Subskalen wurde jeweils die interne Konsistenz berechnet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 35 zu erkennen. Die Subskalen weisen eine geringe bis mittelmäßige Reliabilität auf. Aus diesem Grund werden neben den Subskalen auch einzelne Items genauer betrachtet.

Tabelle 35

Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Subskalen des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Subskalen	Items	N	α
Arbeitsweisen und Lernstrategien im bilingualen Chemieunterricht	9	97	.78
Fachsprachenfokus und Kompetenzeinschätzung im bilingualen Chemieunterricht	6	99	.56
Fachsprachenfokus und Kompetenzeinschätzung in anderen Fächern	3	104	.62
Einstellung zum bilingualen Chemieunterricht und dessen Potential zur Veränderung der Person	7	97	.76
Unterschied schriftlicher oder mündlicher Ergebnissicherung	3	101	.52

5.2.6.2 Deskriptive Auswertung des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht

Wie in Tabelle 36 zu erkennen ist, gibt die Vergleichsklasse 7C durchschnittlich die höchsten Werte für alle Subskalen an. Der geringste Wert wurde insgesamt für die Subskala *Arbeitsweisen und Lernstrategien und im bilingualen Chemieunterricht* von der Klasse 8G3 erreicht. Alle Mittelwerte der vierstufigen Likert Skala liegen über zwei Punkten.

Tabelle 36
Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) des Fragebogens zur Einstellung zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Subskalen	VSG 7B		VSG 7E		VSG 8G3		VGG 7C	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Lernstrategien im biling. Unterricht	2.64	.54	2.44	.67	2.36	.56	2.76	.57
Fachsprachen-fokus in Chemie	2.69	.51	2.51	.68	2.85	.49	2.85	.46
Fachsprachen-fokus in anderen Fächern	2.81	.52	2.5	.76	2.68	.51	2.92	.55
Einstellung zum biling. Unterricht	2.99	.45	2.78	.62	2.47	.62	3.18	.53
Unterschied schriftl./ mündl.	2.59	.60	2.80	.67	2.93	.61	3.04	.77
Gesamt	2.74	.36	2.61	.41	2.66	.36	2.95	.33

Die Ergebnisse der Analyse einzelner Items sind in Tabelle 37 zu erkennen. Der Übersichtlichkeit halber sind die Mittelwerte der umgepolten Items verwendet worden, sodass höhere Werte auch mehr Zustimmung zum bilingualen Chemieunterricht bzw. bessere fachsprachliche Fähigkeiten bedeuten.

Die Auswertung hat ergeben, dass die Versuchspersonen während der Rezeption und der Produktion häufig direkt auf Englisch denken und handeln, anstelle einzelne Begriffe zunächst ins Deutsch zu übersetzen. Alle vier Klassen geben mit über 3 Punkten an, im bilingualen Chemieunterricht gleich viel zu verstehen wie im einsprachigen Chemieunterricht. Fragt man allerdings danach, wie das Verständnis der Mitschülerinnen und Mitschüler eingeschätzt wird, so vergeben alle vier Klassen durchschnittlich einen Punkt weniger als es für die Einschätzung des eigenen Verstehens der Fall ist. Ein weiterer Vergleich der beiden Unterrichtsarten zeigt, dass der bilinguale Chemieunterricht durchaus mit mehr Arbeit verbunden ist, da Texte häufiger gelesen werden müssen, Fachbegriffe schlechter verstanden werden und dieser generell als anstrengender empfunden wird. Trotzdem wird das Potential des bilingualen Chemieunterrichts erkannt, da die Schülerinnen und Schüler den Eindruck haben, ihre Englischkenntnisse mehr verbessern zu können, als es im normalen Englischunterricht

der Fall ist. Interessanter oder effektiver bezüglich der Fachinhalte finden sie den bilingualen Chemieunterricht jedoch eher nicht. Die Versuchspersonen geben an, sich allgemein sprachlich besser ausdrücken zu können als fachsprachlich. Fachbegriffe verstehen nochmal weniger von ihnen. Die chemische Fachsprache wird tendenziell etwas schwieriger eingeschätzt als die der anderen Schulfächer. Nur die Versuchsgruppe 8G3 gibt an, Fachausdrücke in der Chemie besser zu verstehen als in anderen Fächern und findet es leichter, sich fachsprachlich angemessen auszudrücken. Diese Klasse weist sowohl den höchsten Wert bei der Frage auf, ob bewusst auf eine bessere Fachsprache geachtet wird, als auch, dass Ergebnisse in der Regel schriftlich festgehalten werden. Es fällt aber genau dieser Klasse leichter, sich insgesamt besser schriftlich und mündlich auf Deutsch auszudrücken. Das könnte daran liegen, dass die drei siebten Klassen neben Chemie auch in den Fächern Physik, Biologie und Erdkunde bilingual unterrichtet werden, die achte Klasse jedoch nur bilingualen Chemieunterricht hat.

Tabelle 37

Mittelwerte (M) und Standardabweichungen der einzelnen Items des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Items	7B	7E	8G3	7C
	N = 28	N = 28	N = 22	N = 26
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Wie häufig (schätzt du) denkst du beim Bearbeiten von Aufgaben im bilingualen Chemieunterricht auf Deutsch bzw. auf Englisch ?	3.04 (.79)	2.96 (.87)	2.93 (.81)	1.55 (.91)
Wenn du im bilingualen Chemieunterricht Texte auf Englisch lesen oder Aufgaben lösen sollst, übersetzt du sie dann für gewöhnlich erst ins Deutsche?	2.77 (1.23)	3.48 (.84)	2.57 (1.35)	3.48 (.84)
Wenn du im bilingualen Chemieunterricht einen Text auf Englisch schreiben sollst, formulierst du ihn dann direkt auf Englisch oder zuerst auf Deutsch und übersetzt ihn dann?	3.79 (.79)	3.46 (1.17)	3.14 (1.39)	3.88 (.60)
Wie werden Ergebnisse des Chemieunterrichts in der Regel festgehalten?	3.63 (.66)	3.25 (.87)	3.86 (.44)	3.60 (.68)
Im fremdsprachlichen Chemieunterricht verstehe ich nicht genau, was inhaltlich gemeint ist.	3.11 (.74)	2.93 (.98)	3.05 (.97)	3.21 (.88)
Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht weniger Chemie lernt als im normalen Chemieunterricht .	3.32 (.90)	3.07 (.98)	2.41 (.96)	3.69 (.79)
Ich bin der Ansicht, dass ich einen Fachtext auf Englisch in der Regel häufiger lesen muss als einen vergleichbaren Fachtext auf Deutsch .	2.11 (.92)	2.25 (.93)	2.36 (.95)	2.42 (1.10)
Mir ist aufgefallen, dass einige meiner Mitschüler im fremdsprachlichen Chemieunterricht nicht genau verstehen, was inhaltlich gemeint ist.	2.29 (.76)	1.71 (.81)	2.09 (.97)	2.26 (.81)

Fortsetzung Tabelle 37

Mittelwerte (M) und Standardabweichungen der einzelnen Items des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht durch die Fremdsprache als Arbeitssprache behindert wird.	3.41 (.64)	2.82 (.94)	2.82 (.96)	3.44 (.87)
Wenn ich einen Fachtext auf Englisch lese, verstehe ich in der Regel mehr Wörter nicht , als wenn ich einen vergleichbaren Fachtext auf Deutsch lese.	2.29 (1.01)	2.11 (1.22)	2.41 (.91)	2.62 (1.24)
Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht die gleichen Inhalte lernt, wie im normalen Chemieunterricht.	3.36 (.87)	3.21 (.96)	2.86 (1.11)	3.31 (.84)
Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht seine Englischkenntnisse mehr verbessert , als wenn an nur am normalen Englischunterricht teilnimmt.	3.70 (.67)	3.50 (.96)	2.95 (.90)	3.73 (.53)
Ich bin der Ansicht, dass der Chemieunterricht für mich interessanter wird, wenn er auf Englisch abgehalten wird.	2.75 (.89)	2.50 (.84)	2.50 (1.14)	2.87 (.91)
Ich bin der Ansicht, dass Chemie auf Englisch anstrengender ist als Chemie auf Deutsch.	2.15 (1.13)	2.29 (1.12)	1.95 (1.00)	2.50 (1.07)
Ich bin der Ansicht, dass ich mir die Inhalte besser merke , wenn ich in Chemie auf Englisch unterrichtet werde, als wenn auf Deutsch unterrichtet wird.	2.27 (.97)	2.04 (1.02)	1.82 (.91)	2.70 (.94)
Ich finde es wichtig , dass man im Chemieunterricht beigebracht bekommt, wie man chemiespezifische Sachverhalte sprachlich angemessen ausdrückt .	3.21 (.69)	2.93 (.94)	2.91 (.81)	3.44 (.61)
Ich finde es schwierig, Fachsprache in Chemie zu verstehen.	2.71 (.76)	2.54 (.79)	3.09 (.75)	2.81 (.94)
In unserem Chemieunterricht wird gezielt auf fachsprachliche Aspekte geachtet , z.B. um uns beizubringen, wie man verschiedene Materialien auswertet, welches Vokabular man dabei verwendet oder wie man sich zu Inhalten äußert.	2.92 (.80)	2.93 (.86)	3.41 (.67)	3.00 (.82)
Ich finde es leicht, mich in Chemie fachsprachlich angemessen auszudrücken.	2.46 (.74)	2.46 (.79)	2.82 (.73)	2.64 (.79)
Ich verstehe manchmal nicht, was mit bestimmten Fachausdrücken in Chemie gemeint ist.	2.21 (.79)	2.26 (1.06)	2.68 (.84)	2.56 (.87)
Ich verwende manchmal in Chemie Fachbegriffe , ohne sie ganz zu verstehen.	2.86 (.89)	2.39 (1.07)	2.77 (1.02)	2.77 (.95)
Ich kann mich in allen Fächern fachsprachlich angemessen ausdrücken.	2.71 (.66)	2.43 (.84)	2.45 (.74)	2.77 (.65)
Ich verstehe manchmal nicht, was mit bestimmten Fachausdrücken in anderen Fächern gemeint ist.	2.61 (.79)	2.32 (.98)	2.50 (.67)	2.85 (.83)

Fortsetzung Tabelle 37

Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen der einzelnen Items des Fragebogens zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Items	7B	7E	8G3	7C
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)
Ich verwende manchmal in anderen Fächern Fachbegriffe, ohne sie ganz zu verstehen.	3.11 (.79)	2.75 (1.04)	3.09 (.75)	3.15 (.78)
Ich kann mich mündlich leichter ausdrücken als schriftlich.	2.00 (.82)	2.36 (1.13)	2.32 (1.04)	2.60 (1.19)
Ich kann mich schriftlich genauer ausdrücken als mündlich.	2.14 (1.01)	2.82 (1.08)	2.61 (.84)	2.98 (1.08)
Ich kann mich mündlich auf Deutsch insgesamt besser ausdrücken als auf Englisch.	2.14 (.97)	1.82 (1.02)	1.50 (.74)	1.85 (.97)
Ich kann mich schriftlich auf Deutsch insgesamt besser ausdrücken als auf Englisch.	2.21 (1.03)	1.96 (1.17)	1.68 (.84)	2.27 (1.12)

5.2.7 Bewertung der Unterrichtsreihe und des Fachsprachentrainings im Nachtest

Zur Abfrage der Bewertung der Unterrichtsreihe und des Fachsprachentrainings wurden die sechs Klassen getrennt voneinander betrachtet. Grund für die Aufteilung im Nachtest ist, dass die Lehrerin der achten Klassen maßgeblich an der Entwicklung der Unterrichtsreihe beteiligt war, was eventuell einen Einfluss auf die Bewertung der Unterrichtsreihe durch die Schülerinnen und Schüler haben könnte. Die zwei auf Deutsch unterrichteten Klassen haben einen verkürzten Fragebogen ohne die vier Items zum bilingualen Chemieunterricht erhalten.

Im eingesetzten Fragebogen sollte das Layout der Arbeitsblätter inklusiver der Aufgabenstellung und Organisation von Informationen bewertet werden. Des Weiteren waren mögliche Einschränkungen durch die englische Arbeitssprache, die Akzeptanz der Sprachhilfen und deren Potential zur Förderung des Fachwissensverständnisses von Interesse. Die letzte Subskala bildeten Items zum Fachsprachenfokus im Unterricht, sowie zur Rezeption und Produktion von Fachsprache. Anhand dieses Fragebogens sollten folgende Hypothesen überprüft werden:

Hypothese 7a: Schülerinnen und Schüler der PTDL-Gruppen profitieren signifikant mehr von den Arbeitsblättern und Sprachhilfen als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Hypothese 7b: Englisch als Arbeitssprache schränkt die Versuchsklassen signifikant weniger ein als die Vergleichsklasse.

Hypothese 7c: Die PTDL-Klassen geben außerdem an, signifikant mehr Training zur Verbesserung der Fachsprachen erhalten zu haben.

Hypothese 7d: Schließlich bewerten die PTDL-Klassen die Unterrichtsreihe insgesamt signifikant besser als Schülerinnen und Schüler der Vergleichsklasse.

5.2.7.1 Reliabilitäten der Subskalen zur Bewertung der Unterrichtsreihe

Zur Reliabilitätsanalyse der vier Subskalen wurde jeweils die interne Konsistenz berechnet. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 38 zu erkennen. Die Subskalen weisen eine geringe Reliabilität auf. Aus diesem Grund werden neben den Subskalen auch einzelne Items genauer betrachtet.

Tabelle 38

Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Subskalen des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Subskalen	Items	N	α
Layout der Arbeitsblätter, inklusiver klarer Aufgabenstellung und Organisation von Informationen	4	133	.41
Einschränkungen durch die englische Arbeitssprache	3	104	.70
Akzeptanz der Sprachhilfen und deren Potential zur Förderung des Fachwissensverständnisses	3	124	.56
Fachsprachenfokus im Unterricht, sowie Rezeption und Produktion von Fachsprache	5	132	.60

5.2.7.2 Inferenzstatistische Auswertung des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe

Wie in Tabelle 39 zu erkennen ist, variieren die Mittelwerte der einzelnen Subskalen zur Bewertung der Unterrichtsreihe zwischen 2.1 und 3 Punkten bei einer vierstufigen Likert Skala. Für die abschließende Bewertung der Unterrichtsreihe haben die Schülerinnen und Schüler Noten zwischen 2 und 3 vergeben. Die Arbeitsblätter und Sprachhilfen werden am meisten von der auf Deutsch unterrichteten Versuchsklasse 8G1 angenommen. Das geringste Problem durch die englische Arbeitssprache hat die Versuchsgruppe 7E, die auch die Sprachhilfen am meisten schätzen. Die Vergleichsklasse 7C gibt an, während ihres Unterrichts den größten Fachsprachenfokus gehabt zu haben. Auf diesen scheinbar paradoxen Befund wird im Diskussionsteil näher eingegangen.

Tabelle 39

Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*) des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Subskalen	7B	7E	8G3	8G1	8G4	7C
	<i>N</i> = 25	<i>N</i> = 25	<i>N</i> = 22	<i>N</i> = 24	<i>N</i> = 20	<i>N</i> = 22
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)
Arbeitsblätter	2.48 (.77)	3.00 (.46)	2.61 (.51)	3.04 (.38)	2.92 (.62)	2.81 (.50)
Englisch als Arbeitssprache	2.52 (.91)	2.55 (.80)	2.10 (.79)			2.48 (.84)
Akzeptanz der Sprachhilfen	2.81 (.88)	2.91 (.68)	2.85 (.72)	2.90 (.49)	2.52 (.81)	2.71 (.82)
Fachsprachenfokus im Unterricht	2.46 (.64)	2.66 (.48)	2.45 (.62)	2.53 (.40)	2.50 (.62)	2.73 (.53)
vergebene Note	2.60 (.97)	2.12 (.55)	2.92 (1.18)	2.79 (.30)	2.61 (.50)	2.25 (.77)

Tabelle 40

Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zur Bewertung der Unterrichtsreihe im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Subskalen	<i>df</i> ₁	<i>df</i> ₂	<i>F</i>	<i>p</i>
Bewertung der Arbeitsblätter	5	60.31	3.77	.005
Englisch als Arbeitssprache	5	127	1.13	.346
Akzeptanz der Sprachhilfen	5	128	.84	.526
Fachsprachenfokus im Unterricht	5	132	.96	.444
vergebene Note	5	59.82	1.83	.121

Die Varianzanalysen zeigen, dass sich die Klassen lediglich in der Bewertung der Arbeitsblätter signifikant voneinander unterscheiden. Paarweise Gruppenvergleiche nach Games-Howell haben ergeben, dass die Klasse 8G1 die Arbeitsblätter signifikant besser bewertet als die Klassen 7B ($p = .026$, $.56$, 95%-CI [.05, 1.08]) und 8G3 ($p = .026$, $.43$, 95%-CI [.04, .83]). Das bedeutet, dass die Arbeitsblätter für die auf Deutsch unterrichtete PTDL-Klasse hilfreicher waren, als für die beiden auf Englisch unterrichteten PTDL-Klassen. Die Ergebnisse belegen, dass sich die Versuchsgruppen in keiner der Subskalen signifikant von der Vergleichsgruppe unterscheiden. Aus diesem Grund müssen die Hypothesen 7a, 7b, 7c und 7d verworfen werden, da die Bewertung der Unterrichtsreihe nicht von der Unterrichtsart beeinflusst wird.

5.2.7.3 Deskriptive Auswertung einzelner Items des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe

Im folgenden Kapitel sollen einzelne Items des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe und dem Fachsprachentraining genauer betrachtet werden. Zu den Items, die bereits im Vortest abgefragt wurden, erfolgt ein prä-post Vergleich der beiden Mittelwerte.

Items 1-15 und 18

Die Ergebnisse der Analyse einzelner Items sind in Tabelle 41 dargestellt. Auch sie sind wieder so zu interpretieren, dass höhere Werte eine positive Bewertung der Unterrichtsreihe oder Verbesserung fachsprachlicher Fähigkeiten bedeuten, auch wenn das Item negativ formuliert ist.

Tabelle 41
Mittelwerte (M) und Standardabweichungen der einzelnen Items des Fragebogens zur Bewertung der Unterrichtsreihe im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Items	7B	7E	8G3	8G1	8G4	7C
	N = 25	N = 25	N = 22	N = 24	N = 20	N = 22
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)	M (SD)
Die Arbeitsblätter haben mir gut gefallen.	3.24 (.72)	2.5 (1.15)	2.59 (.91)	3.35 (.73)	3.25 (1.02)	2.91 (.75)
Ich würde mir wünschen, solche Arbeitsblätter auch für andere Themen zu bekommen.	3.20 (.71)	2.4 (1.19)	2.30 (.98)	3.35 (.79)	2.95 (1.05)	2.68 (.99)
Ich habe keinen Unterschied zu den Unterrichtsstunden zuvor festgestellt.	2.92 (.87)	2.29 (1.23)	3.27 (.77)	2.57 (.68)	2.58 (1.07)	2.55 (.91)
Ich wusste immer, was wir tun sollen.	2.62 (.90)	2.68 (1.03)	2.27 (.83)	2.79 (.76)	2.88 (1.00)	3.09 (.68)
Oft habe ich etwas verstanden, konnte es aber nicht auf Englisch ausdrücken.	2.60 (1.04)	2.48 (1.00)	2.20 (1.21)			2.41 (1.10)
Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, mich fachsprachlich besser auf Englisch auszudrücken.	3.06 (1.00)	2.68 (1.07)	3.00 (.86)			2.55 (.86)
Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, Redox-Reaktionen besser zu verstehen.	2.32 (1.06)	2.46 (1.12)	2.68 (.89)	2.94 (.73)	2.84 (.96)	2.68 (.90)
Sprachhilfen gehören nicht in den Chemieunterricht.	3.36 (.64)	3.24 (.97)	2.95 (1.20)	2.84 (1.01)	2.22 (1.11)	2.91 (1.19)
Ich bin der Ansicht, dass Verständnisprobleme an der Fremdsprache als Arbeitssprache lagen.	2.73 (.88)	2.67 (1.05)	2.19 (.81)			2.86 (.71)
Ich bin der Ansicht, dass ich mehr Wörter verstanden hätte, wenn die Fachtexte auf Deutsch gewesen wären.	2.36 (1.15)	2.40 (1.19)	1.91 (1.01)			2.18 (1.18)

Items	7B	7E	8G3	8G1	8G4	7C
	<i>N = 25</i>	<i>N = 25</i>	<i>N = 22</i>	<i>N = 24</i>	<i>N = 20</i>	<i>N = 22</i>
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
In unserem Chemieunterricht wurde gezielt auf fachsprachliche Aspekte geachtet.	3.00 (.69)	2.80 (.91)	2.70 (.91)	3.32 (.57)	2.95 (1.00)	2.91 (.70)
Ich fand es leicht, mich in Chemie fachsprachlich angemessen auszudrücken.	2.64 (.74)	2.58 (.81)	2.41 (1.05)	2.46 (.64)	2.45 (1.05)	2.76 (.83)
Ich kann jetzt besser Erklärungen schreiben.	2.84 (.67)	2.66 (1.07)	2.23 (.75)	2.71 (.67)	2.55 (.95)	2.82 (.96)
Ich habe manchmal nicht verstanden, was mit bestimmten Fachbegriffen in Chemie gemeint war.	2.16 (.94)	2.12 (.97)	2.41 (.73)	2.08 (.93)	2.35 (1.23)	2.41 (.80)
Ich habe manchmal in Chemie Fachbegriffe verwendet, ohne sie ganz zu verstehen.	2.64 (.95)	2.16 (.94)	2.59 (1.10)	2.13 (.95)	2.20 (.89)	2.77 (.75)
Insgesamt vergebe ich für die Unterrichtsreihe folgende Note	2.12 (.55)	2.60 (.97)	2.92 (1.18)	2.50 (1.07)	2.51 (.78)	2.25 (.77)

Es ist zu erkennen, dass im Nachtest mehrere Schülerinnen und Schüler Verständnisprobleme auf die Verwendung des Englischen als Arbeitssprache zurückführen. Bis auf die Klasse 8G3 finden es nach der Studie alle Klassen leichter, sich fachsprachlich angemessen auszudrücken und dies, obwohl sie bis auf die Klasse 7B angeben, weniger auf die Fachsprache geachtet zu haben.

Zwei der drei Versuchsklassen geben außerdem an, nach der Intervention Fachtexte besser verstehen zu können, wohingegen die auf Englisch unterrichtete Vergleichsgruppe ihre Kompetenzen nun geringer einschätzt.

Bezüglich der Fachsprache geben die Versuchsgruppen an, nach der Intervention weniger Fachbegriffe zu verstehen als zuvor. Verwendet werden diese unklaren Fachbegriffe von den Schülerinnen und Schülern aber trotzdem.

Item 16: Bewertung des Themas

Um herauszufinden, wie den Schülerinnen und Schülern die ausgewählten Inhalte zum Thema Redox-Reaktionen gefallen haben, wurde ein offenes Antwortformat gewählt. Die erhaltenen Antworten wurden zu den elf Kategorien in Abbildung 47 zusammengefasst. Es ist zu erkennen, dass besonders praktische Experimente, wie die Herstellung von Eisen, positiv bewertet wurden. Außerdem scheint ein Lebensweltbezug für die Schülerinnen und Schüler besonders wichtig zu sein, da sie es interessant fanden, wie Ötzi bereits 3500 v.Chr. Kupfer hergestellt hat, oder wie sie ihr Fahrrad vor Rostschäden schützen können.

Auffällig sind die zahlreichen positiven Bemerkungen bezüglich des bilingualen Chemieunterrichts der Klasse 8G3, die zuvor nur auf Deutsch unterrichtet wurde. Außerdem fällt auf, dass die Vergleichsklasse 7C keine Äußerungen bezüglich methodisch-didaktischer Aspekte, sowie den Hilfestellungen auf den Arbeitsblättern macht. Als Vergleichsgruppe haben sie diesbezüglich auch nur sehr begrenzte Unterstützung erhalten.

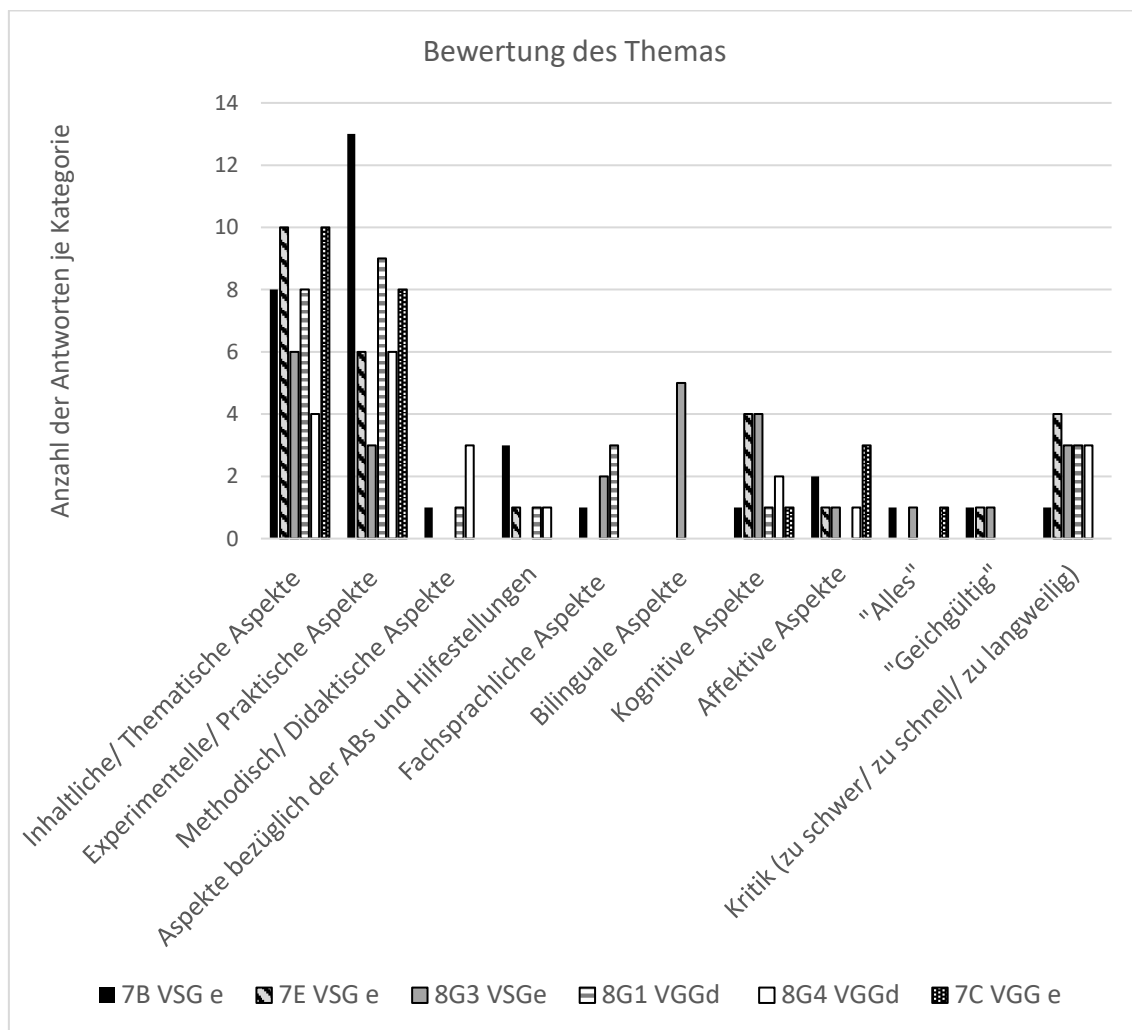


Abbildung 47. Ergebnisse zur Bewertung des Themas im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe.

Item 17: Bewertung der Arbeitsblätter

Bezüglich der Bewertung der Arbeitsblätter wurden ebenfalls aus den erhaltenen Antworten Kategorien gebildet. Abbildung 48 verdeutlicht, dass der Aufbau der Arbeitsblätter, sowie die Sprachhilfen besonders von der Klasse 8G3 positiv geschätzt wurden. Den verbleibenden Klassen der Versuchsgruppen hat das Material ebenfalls gefallen und sie profitierten besonders von den Hilfen zum Aufstellen chemischer Gleichungen, sowie den Lückentexten und Satzbausteinen zum Formulieren kausaler Erklärungen. Aufgabenformate zum fachlichen Lernen waren für die auf Deutsch unterrichtete Versuchsgruppe 8G1 zentral.

Unter den kognitiven Aspekten sind Antworten zusammengefasst, die aussagen, dass das Wissen der Schülerinnen und Schüler getestet wird und sich die Arbeitsblätter gut zum Lernen eignen. Bezüglich des affektiven Potentials der Arbeitsblätter wurde gesagt, dass diese interessant, abwechslungsreich und motivierend seien. Kritisiert wurde vor allem von der auf Englisch unterrichteten Vergleichsklasse 7C, dass nicht genügend Hilfestellung zum Schreiben von Protokollen und um Lösen der Aufgaben zur Verfügung stand. Da dies genau der Unterschied zwischen den Versuchs- und Vergleichsgruppen war, ist positiv festzustellen, dass Schülerinnen und Schüler solche Hilfen wünschen und darauf angewiesen sind.

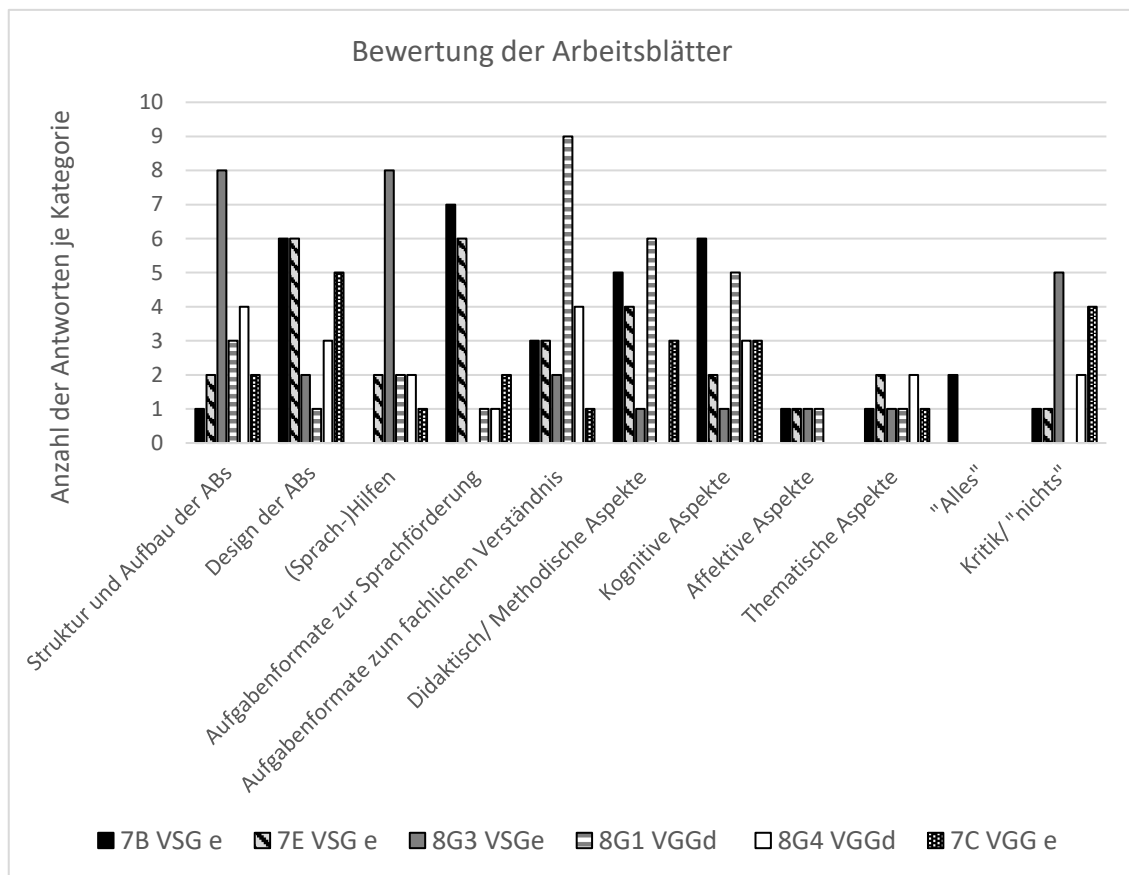


Abbildung 48. Ergebnisse zur Bewertung der Arbeitsblätter im Nachtest der Studie der 7. und 8. Klassenstufe.

5.3 Zusammenfassung der Studie der 7. und 8. Klassenstufe

Um herauszufinden, inwiefern Schülerinnen und Schüler von dem entwickelten Material zum *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* profitieren, wurde der Mehrwert des Materials anhand der affektiven Komponente der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie, sowie den kognitiven Aspekten der Fachsprachen und des Fachwissens überprüft.

Es hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler beider PTDL-Gruppen einen größeren Fachwissenszuwachs verzeichnen, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts beschult wurden. Dieser Unterschied hat sich allerdings als nicht signifikant herausgestellt. Im Verlaufe der Unterrichtsreihe sind beide PTDL-Gruppen bezüglich ihres Fachwissens sicherer geworden. Dies hat sich in einer Zunahme des *Confidence Accuracy Quotient* gezeigt. Der Unterschied zur Vergleichsgruppe stellt sich auch hier als nicht signifikant heraus, da diese im Nachtest ebenfalls ein höheres Selbstvertrauen in die eigene Leistung aufweist. Einen signifikanten Mehrwert hat das PTDL-Material auf die Förderung der Fachsprache. Die Erklärungen der beiden Versuchsgruppen enthalten mehr kausale Konjunktionen und korrekte Fachbegriffe, als die der Vergleichsgruppe. Außerdem werden häufiger korrekte Schlussfolgerungen zwischen den experimentellen Beobachtungen und den zugrundeliegenden allgemeingültigen Prinzipien gezogen.

Bezüglich der affektiven Merkmale (Selbstregulation und/oder schulische Selbstwirksamkeitserwartung und/oder Fachinteresse Chemie) ist zu sagen, dass alle Schülerinnen und Schüler nach der Intervention geringere Werte aufweisen als zuvor. Aus diesem Grund muss Hypothese 4 verworfen werden.

Anhand der erhobenen Daten kann geschlussfolgert werden, dass das PTDL-Material besonders zur Fachsprachenförderung geeignet ist, wenn die Schülerinnen und Schüler sehr selbstreguliert sind und eine hohe schulische Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen. Das erwartete Potential des Materials zur Unterstützung der Lerner gering ausgeprägter affektiver Merkmale konnte nicht bestätigt werden. Die durch das PTDL-Modell postulierten Zusammenhänge innerhalb der affektiven Merkmale und zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen konnten für den Nachtest bestätigt werden.

Zur Überprüfung der explorativen Hypothesen bezüglich der Einstellung zum bilingualen Chemieunterricht und dem Fachsprachenfokus wurden zwei Fragebögen eingesetzt, die von der Autorin entwickelt wurden. Diese wiesen teils geringe Reliabilitäten auf, weshalb die Ergebnisse vor allem deskriptiv auf die Stichprobe bezogen betrachtet wurden. Die Fragebogenanalyse hat ergeben, dass die Bewertungen der Unterrichtsreihe durch die sechs untersuchten Klassen sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Sprachhilfen und Materialien werden positiv bewertet und von den Lernern der Vergleichsgruppe eingefordert, denen diese Hilfen nur sehr rudimentär zur Verfügung gestellt wurden.

6. Hauptstudie II (Sekundarstufe II: E-Phase)

Im Folgenden wird die Studie der Sekundarstufe II vorgestellt. Die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler stammen aus zwei G8 Gymnasien und besuchen zum Zeitpunkt der Untersuchung die zehnte Klasse, welche die Einführungsphase (E-Phase) der Oberstufe darstellt. Ziel dieser Studie ist es ebenfalls, den Mehrwert der PTDL-Materialien im Vergleich zu herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts zu evaluieren.

6.1 Methode

6.1.1 Design

In Übereinstimmung mit der vorherigen Studie in der siebten und achten Klassenstufe, wurde auch für die Oberstufe ein Prä-Post-Design gewählt. Abbildung 49 lässt erkennen, dass die einsprachige Vergleichsgruppe PTDL_{deut} wegfällt, das Fachinteresse Englisch hingegen wieder hinzugenommen wurde. Eine Begründung erfolgt im Kapitel der Erhebungsinstrumente.

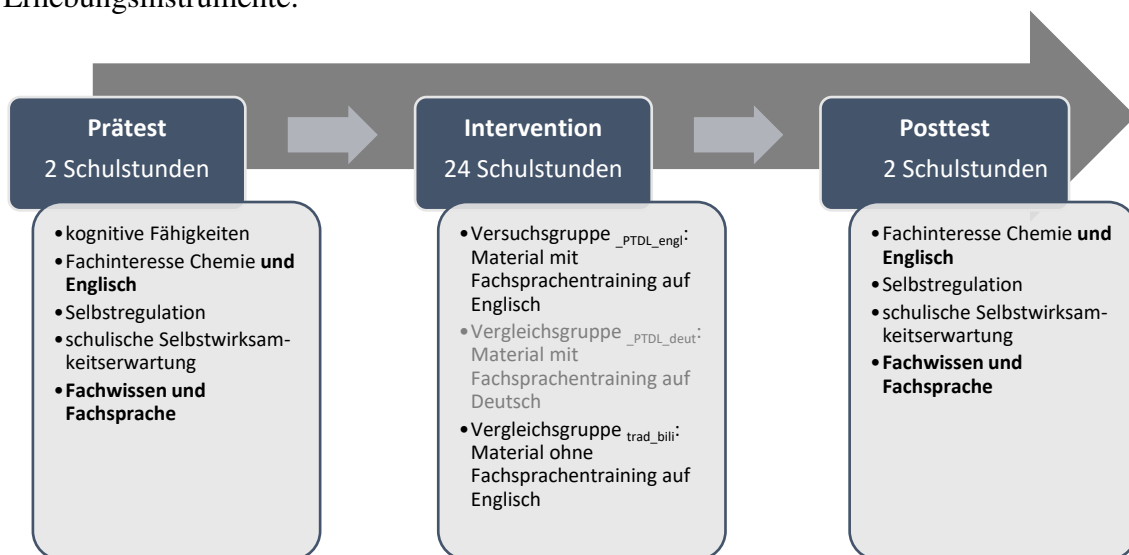


Abbildung 49. Versuchsdesign der Studie in der Sekundarstufe II mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.

6.1.2 Stichprobe

Bei zwei der drei untersuchten Klassen handelt es sich um Parallelkurse einer Europaschule (VSG_{PTDL_engl_EHo} und VGG_{trad_bili_EOt}) in Hessen und die andere Klasse wird an einem ländlichen Oberstufengymnasium ebenfalls in Hessen unterrichtet (VSG_{PTDL_engl_S03}). Insgesamt nahmen an der Studie $N = 66$ Schülerinnen und Schüler teil. Tabelle 42 veranschaulicht die für die Studie gebildeten Versuchsgruppen mitsamt der Anzahl an Schülerinnen und Schülern pro Gruppe, sowie ihrem durchschnittlichen Alter.

Tabelle 42

Teilnehmeranzahl (N), Geschlechterverteilung ($n_{\text{weibl.}}$) und mittleres Alter (M, SD) der Versuchspersonen der Studie in der Sekundarstufe II

Gruppen	Versuchspersonen		Alter	
	N	$n_{\text{weibl.}}$	M	SD
VSG_PTDL_engl_EHo	29	12	15.96	.993
VSG_PTDL_engl_S03	14	9	16.11	.652
VGG_trad_bili_EOt	23	14	15.63	.682

Von den insgesamt $N = 66$ Versuchspersonen nahmen $n = 60$ am Vortest zu affektiven Schülermerkmalen teil und $n = 62$ am Vortest zum Fachwissen und der Fachsprache. Für den Nachtest waren es noch $n = 56$ Schülerinnen und Schüler. Fachlich gesehen waren alle Schülerinnen und Schüler auf einem ähnlichen Kenntnisstand. Alle drei Kurse haben bereits das Thema Redox-Reaktionen in der Sekundarstufe I behandelt und kennen die Oxidation als Aufnahme von Sauerstoff und die Reduktion als Abgabe von Sauerstoff. Inhaltliches Lernziel dieser Untersuchung ist deshalb eine Erweiterung der historischen Definition hin zu einer, die den Transfer von Elektronen beinhaltet und nicht mehr auf die Reaktion mit Sauerstoff limitiert ist. Sprachlich gesehen gibt es Unterschiede, da die beiden Klassen des städtischen Gymnasiums bereits mehrjährige Erfahrungen mit dem bilingualen Chemieunterricht haben, während diese Art des Unterrichts für die Versuchsgruppe_PTDL_engl_S03 völlig neu ist.

6.1.3 Erhebungsinstrumente

In den folgenden Kapiteln werden die Abweichungen verwendeter Erhebungsinstrumente zu denen der Studie in der Sekundarstufe I vorgestellt.

6.1.3.1 Kognitiver Fähigkeitstest (KFT 4-12 + R)

Zum Vergleich der drei Gruppen wurden die Subskalen zum verbalen Denken V1 A, V2 A und V3 A des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) verwendet.

6.1.3.2 Fragebogen zum Fachinteresse

In dieser Studie wurde das Fachinteresse der Fächer Chemie und Englisch abgefragt, da eine der drei Klassen vor Beginn der Studie keinen bilingualen Chemieunterricht hatte und deshalb der Fragebogen aus der vorherigen Studie nicht verwendet werden konnte. Auch wenn das Interesse am Englischen allgemein nicht direkt mit der Akzeptanz des bilingualen Unterrichts gleichzusetzen ist, schien dieses Vorgehen dennoch zielführender, da so alle Schülerinnen und Schüler aus einem ähnlichen Erfahrungsschatz bekannter Fächer schöpfen konnten. Der Fragebogen zur persönlichen Einschätzung der Relevanz der Fachsprache im bilingualen Sachfachunterricht entfällt deshalb.

6.1.3.3 Fragebogen zum Fachwissen und zur Fachsprache

Zur Erfassung des Fachwissens und der Fachsprache hat die Versuchsgruppe VSG_PTDL_engl_S03 den Vortest in deutscher Sprache erhalten, da sie zuvor deutschsprachigen Chemieunterricht hatte und ihr bestimmte Fachbegriffe, Chemikalien und Reaktionsbezeichnungen noch nicht auf Englisch geläufig waren. Die Originalversion der Frageitems blieb als Untertitel im Test erhalten, sodass die Schülerinnen und Schüler bereits im Vortest mit der zukünftigen Unterrichtssprache vertraut gemacht wurden. Da die Fachsprache im Verlauf der Unterrichtsreihe sukzessive eingeführt wurde, konnte der Nachtest dann, wie für die anderen beiden Gruppen auch, auf Englisch eingesetzt werden. Insgesamt umfassten die Tests jeweils 29 Fragen, für die eine Maximalpunktzahl von 40 Punkten erreicht werden konnte. Die verwendeten Aufgabenformate sind in Tabelle 43 zu finden.

Tabelle 43

Verwendete Aufgabenformate zur Ermittlung der Fachsprache und des Fachwissens im Vor- und Nachtest der Studie in der Sekundarstufe II

Verwendete Aufgabenformate im:	
	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Single Choice Frage mit Begründung der Antwort • 1 Multiple Choice Frage mit Begründung der Antwort • 9 Single Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 5 Multiple Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 4 halboffene Fragen • 5 Merkmale einer wissenschaftlichen Erklärung nennen
Vortest	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Zuordnung von Fachbegriffen in das Redox-Schema • 1 Definition von Redox-Reaktionen • 4 Single Choice Fragen zur Klassifikation von Redox-Reaktionen • 5 Merkmale einer wissenschaftlichen Erklärung nennen • 3 Multiple Choice Fragen, welche der jeweils vorgegebenen Erklärungen die beste ist mit Begründung der Auswahl • 1 freie Schreibaufgabe mit Strukturierungshilfe zur Erklärung von Verbrennungsreaktionen
Nachtest	<ul style="list-style-type: none"> • Gliederungspunkte 1 – 11 sind identisch mit denen aus dem Vortest • 1 freie Schreibaufgabe zur Beschreibung und Erklärung einer Batterie

6.1.4 Unterrichtsmaterialien zur Förderung fachspezifischer Literalität und vertiefter Lernprozesse

Da das Kollegium des städtischen Europa-Gymnasiums in Hessen die Reihe zu Redox-Reaktionen bereits vollständig entwickelt hat und diese seit Jahren nur marginal verändert, konnte das bestehende Material unverändert in der Vergleichsgruppe verwendet werden. Das Material der Versuchsgruppe wurde auf Basis dieses Materials entsprechend durch fachsprachliche Elemente zum Erlernen kausaler Erklärungen und Aufgabenformaten zum Transferdenken erweitert.

Im Vergleich zum Material der Orientierungs- und Mittelstufe zeichnet sich das Material der Oberstufe durch eine noch stärkere Prinzipienorientierung und Verknüpfung der Beobachtungen und Erklärungen aus. Dabei ist die Begründung anhand chemischer Basiskonzepte und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von zentraler Bedeutung. Eine Unterstützung des Denk- und Verbalisierungsprozesses ist dabei auf allen Ebenen gegeben. Abbildung 50 zeigt diese Verschmelzung anhand einer Aufgabe zu Eigenschaften der Metalle und den daraus resultierenden Verwendungsmöglichkeiten. Diese Aufgabe macht deutlich, dass verschiedene Aktivitäten des PTDL-Ansatzes innerhalb einer Aufgabe miteinander verbunden werden können. Die Schülerinnen und Schüler müssen zum einen die Bedeutung der einzelnen Modelle aushandeln und sie den Beschreibungen korrekt zuzuordnen, zum anderen müssen sie anhand der Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aber auch die Verwendungsmöglichkeiten der Metalle schlüssig erklären.

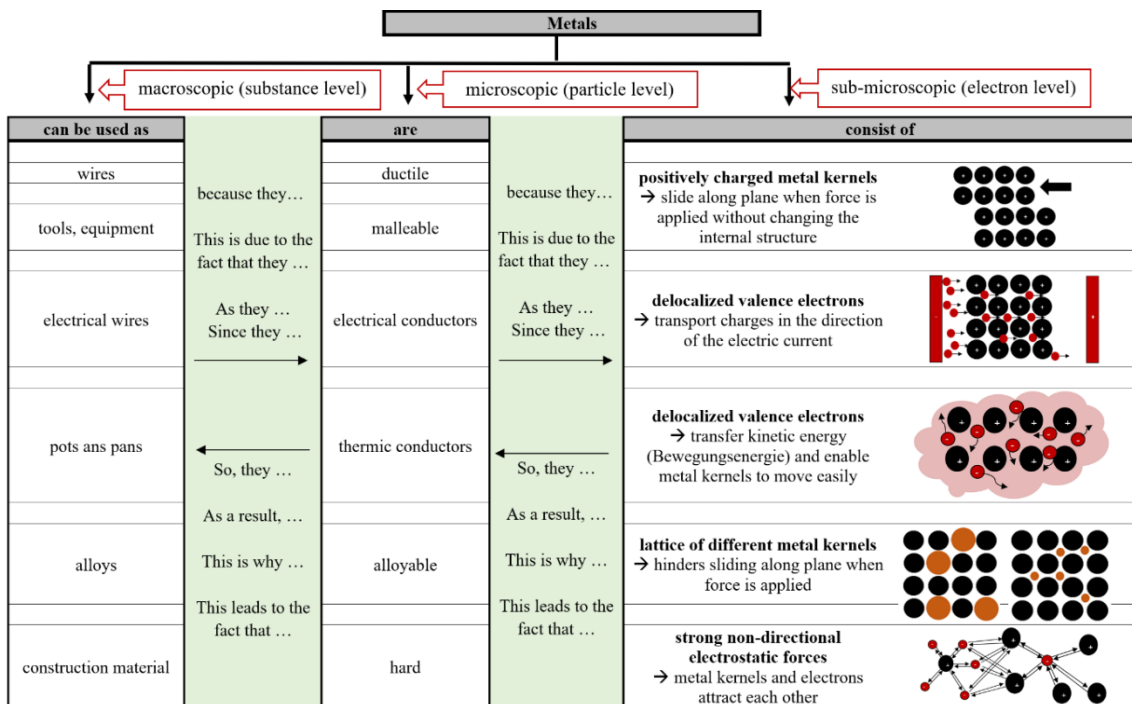


Abbildung 50. Beispielaufgabe der Sekundarstufe II. Es findet eine Verknüpfung aus Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, kausalen Erklärungen und verschiedenen Repräsentationsebenen statt (Connolly et al., 2018).

6.1.5 Durchführung

Durchgeführt wurde eine quasi-experimentelle Studie im Zwei-Gruppen-Prä-Post-Design. Die beiden Parallelkurse (VSG_PTDL_engl_EHo und VGG_trad_bili_EO1) wurden im Zeitraum von Anfang September 2016 bis Mitte Januar 2017 unterrichtet und der verbleibende Kurs (VSG_PTDL_engl_S03) nahm im Zeitraum von Anfang Januar bis Ende April 2017 an der Studie teil. Die Durchführung erfolgte analog zu den beiden vorherigen Studien.

Die Aufgaben im Nachtest waren für alle drei Klassen auf Englisch formuliert.

Im städtischen Gymnasium fand einmal die Woche eine Hospitation der Versuchs- und Vergleichsgruppe zur Überprüfung des korrekten Materialeinsatzes statt. Zur Kontrolle der Untersuchung der zweiten Versuchsgruppe gab die Lehrerin regelmäßig Rückmeldungen über den Verlauf der Studie. Des Weiteren wurden jeweils drei Schülerhefte in Gänze kopiert, um neben der subjektiven Einschätzung der Lehrkraft noch einen objektiven Eindruck zu erhalten, inwieweit die Materialien eingesetzt und von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet wurden. Die Themen jeder Stunde, sowie der besondere Sprachfokus sind in Abbildung 51 zu erkennen.

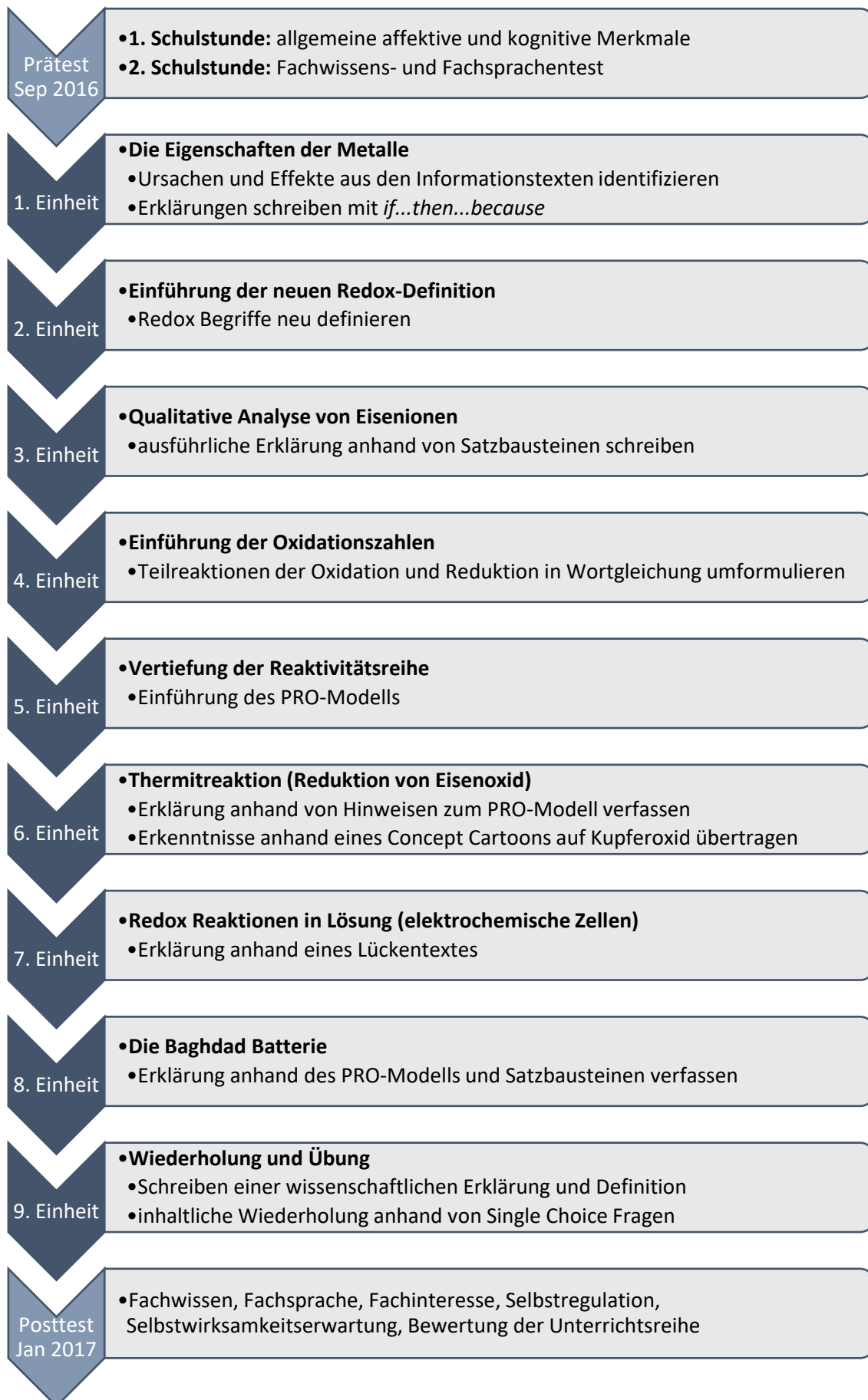


Abbildung 51. Durchführung der Studie in der Sekundarstufe II unter Angabe der Themen und Sprachübungen.

6.2 Ergebnisse

Auch für die Studie der Sekundarstufe II war es das Ziel, einen möglichen Mehrwert der PTDL-Materialien im Vergleich zu herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts zu untersuchen. Dazu wurde der Einfluss des Materials auf das Fachwissen und die Fachsprache, sowie auf die Selbstregulation, die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse für die Fächer Chemie und Englisch inferenzstatistisch überprüft.

6.2.1 Validierung der Erhebungsinstrumente

Zur Überprüfung der Güte verwendeter Testinstrumente wurden die Skalen affektiver Schülermerkmale einer Reliabilitätsanalyse unterzogen. Für den Fachwissens- und Fachsprachentest wurde die Item Schwierigkeit und korrigierte Trennschärfe ermittelt.

6.2.1.1 Reliabilitätsanalyse der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale

Zur Reliabilitätsanalyse der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale wurde die interne Konsistenz bestimmt. Die Werte für Cronbachs α sind in Tabelle 44 zu finden. Die Interessensskalen der Fächer Englisch und Chemie weisen sowohl im Vortest als auch im Nachtest eine mittelmäßige bis hohe interne Konsistenz auf. Für die Selbstregulation und die schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung, sowie die verbalen Subskalen des Kognitiven Fähigkeitstest liegt eine niedrige interne Konsistenz vor (Bortz & Döring, 2006). Diese liegt jedoch jeweils um den von Schmitt (1996) angegebenen Schwellenwert von $\alpha = .70$, sodass die Daten ohne Einschränkungen weiter analysiert werden können.

Tabelle 44

Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale der Studie in der Sekundarstufe II

Erhebungsinstrument	Items	Vortest		Nachtest	
		N	α	N	α
Selbstregulation	10	53	.76	45	.69
schulische Selbstwirksamkeit	7	57	.70	53	.66
Fachinteresse Chemie	8	58	.94	55	.90
Fachinteresse Englisch	8	59	.87	53	.88
KFT Subskala verbales Denken V1 A	25	61	.70	-	-
KFT Subskala verbales Denken V2 A	25	61	.74	-	-
KFT Subskala verbales Denken V3 A	20	61	.70	-	-

6.2.1.2 Schwierigkeitsanalyse des Fachwissens- und Fachsprachentests

Zur Schwierigkeitsanalyse der Fachsprachen- und Fachwissenstests wurde die Schwierigkeit und Trennschärfe aller Items im Vor- und Nachtest berechnet. In Tabelle 45 ist zu erkennen, dass die Item-Schwierigkeiten der selbsterstellten Tests zwischen $P = 7$ und $P = 100$ liegen. Laut Weise (1975) sind insgesamt zwei Items im Vortest und fünf Items im Nachtest zu schwer ($P < 20$). Zu leicht waren im Vortest sechs und im Nachtest sieben der Items ($P > 80$). Im prä-post Vergleich steigen die Mittelwerte, was bedeutet, dass Fragen im Nachtest öfter richtig beantwortet wurden, als es noch im Vortest der Fall war. Die Trennschärfe liegt für die Items des Fachwissens im Vortest im mittleren und im Nachtest im hohen Bereich. Für die Fachsprache liegen im Vortest zwei Items im mittleren Bereich. Ansonsten weisen alle Items der Fachsprachentests eine hohe Trennschärfe auf (Weise, 1975).

Tabelle 45

Item-Schwierigkeit und korrigierten Trennschärfe der Fachwissens- und Fachsprachentests der Studie in der Sekundarstufe II

Erhebungsinstrument	P_{\min}	P_{\max}	$r_{it \min}$	$r_{it \max}$
Items des Fachwissensvortest	7	95	.30	.50
Items des Fachwissensnachtests	26	100	.62	.71
Items des Fachsprachenvortests	9	100	.45	.62
Items des Fachsprachennachtests	16	100	.72	.79

6.2.2 Vergleich der Gruppen

Die Vergleichbarkeit der einzelnen Schulklassen wurde anhand der zu Hause gesprochenen Sprachen, des außerschulischen Englischkontaktes, der Chemie- und Englischnote, sowie der kognitiven Kompetenz des verbalen Denkens überprüft.

6.2.2.1 Demographischer Hintergrund

In der Studie waren Schülerinnen und Schüler mit insgesamt 10 verschiedenen Staatsbürgerschaften vertreten, wobei 85% von ihnen die deutsche Staatsbürgerschaft haben. Zu Hause werden zwischen fünf und zehn verschiedene Sprachen neben der deutschen gesprochen. Abbildung 52 verdeutlicht, dass Englisch nur von den beiden Klassen der Europaschule gesprochen wird. In diesen Klassen ist die allgemeine Sprachvielfalt ebenfalls höher als bei der Klasse des hessischen Oberstufengymnasiums. Die durchschnittliche Anzahl zu Hause gesprochener Sprachen variiert zwischen ein bis zwei, in seltenen Fällen werden auch drei bzw. vier Sprachen zu Hause gesprochen.

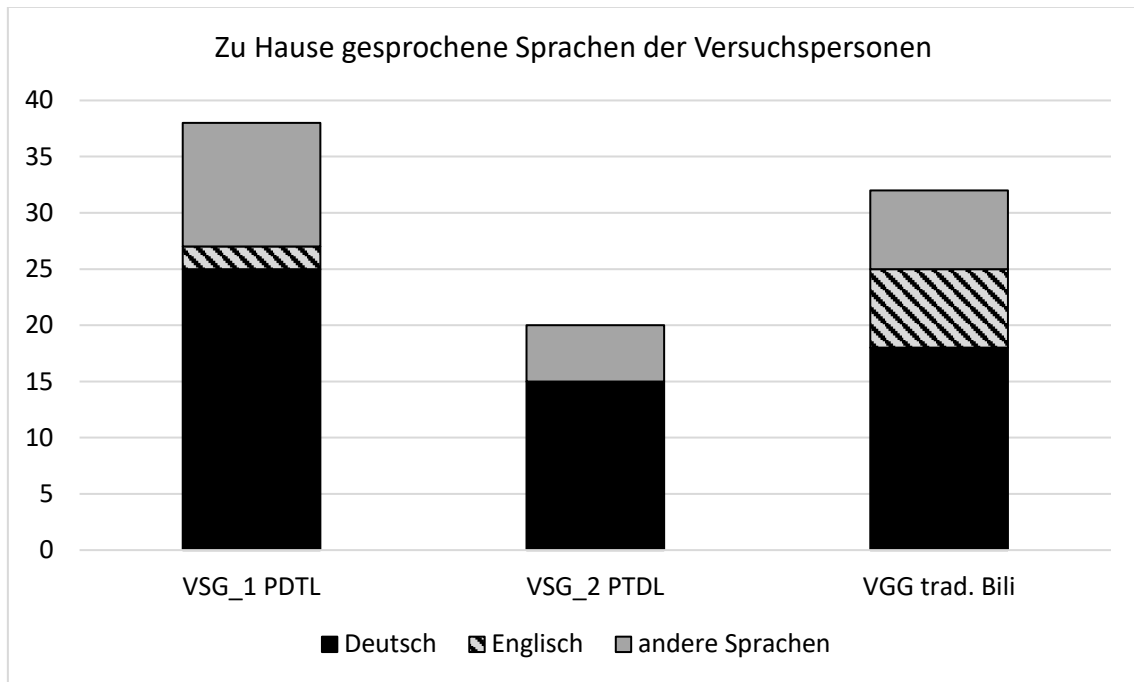


Abbildung 52. Zu Hause gesprochene Sprachen der Versuchspersonen der Studie in der Sekundarstufe II

Abbildung 53 zeigt den Kontakt mit der englischen Sprache außerhalb der Schule. Es ist zu erkennen, dass alle drei Klassen hauptsächlich durch Fernsehen und Internet mit dieser in Berührung kommen. Ebenfalls werden Familie, Freunde und Bücher als Quelle des Englischkontaktes genannt.

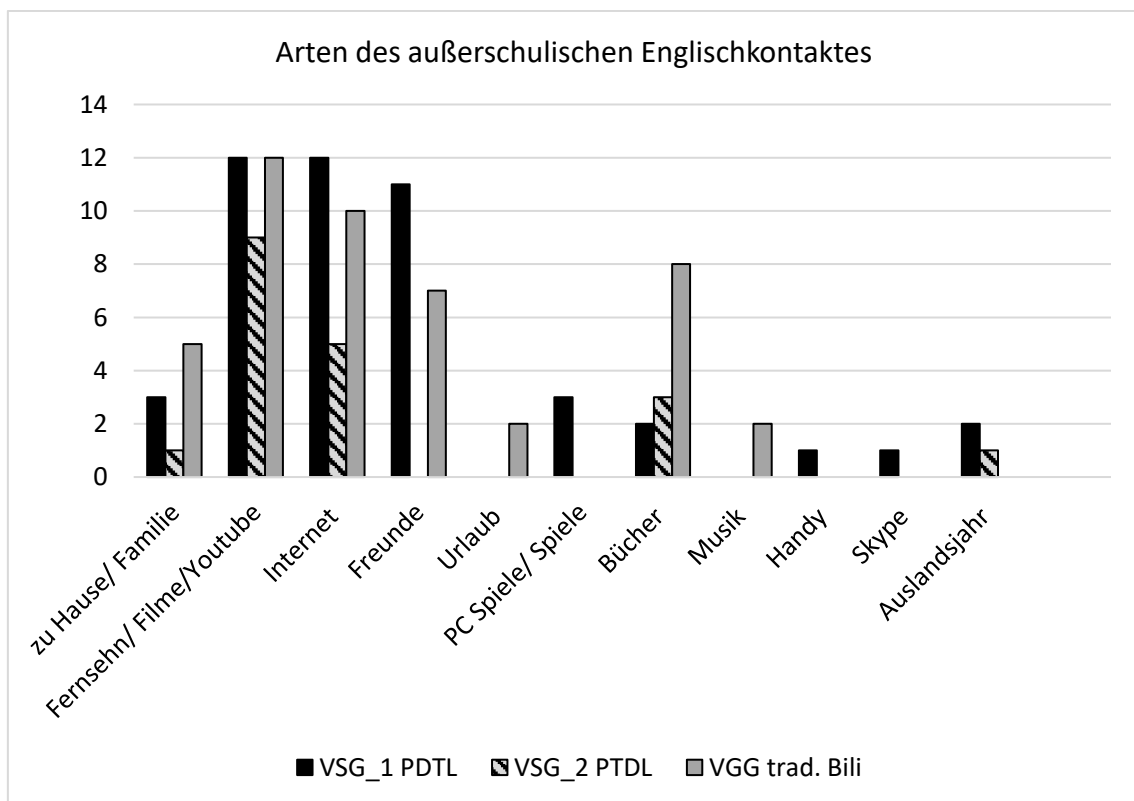


Abbildung 53. Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie der Sekundarstufe II

6.2.2.2 *Kognitiver Fähigkeitstest zum verbalen Denken*

Die kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler wurden anhand der Subskalen zum verbalen Denken des Kognitiven Fähigkeitstest 4-12+R von Heller und Perleth (2000) erfasst. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 46 zu finden. Für die Subskala V1A liegen die Mittelwerte der drei Klassen im mittleren Bereich, nämlich zwischen 12.9 und 14.6, bei einer maximalen Punktzahl von 25. Gleiches gilt für die Subskala V2A für die zwischen 14.7 und 15.9 Punkte erreicht wurden. Für die Subskala V3A wurden bei einer Maximalpunktzahl von 20 zwischen 8.1 und 9.6 Punkte erreicht.

Tabelle 46
Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Subskalen zum verbalen Denken der Studie der Sekundarstufe II

Skalen	Gruppen	VSG_1_PTDL (N = 24)		VSG_2_PTDL (N = 15)		VGG_trad_bili (N = 22)	
		M	SD	M	SD	M	SD
KFT verbales Denken V1 A		14.58	3.69	12.93	3.45	14.64	4.08
KFT verbales Denken V2 A		14.67	3.13	15.93	8.44	14.73	4.14
KFT verbales Denken V3 A		9.63	3.24	8.13	3.09	9.41	3.85

Zum Vergleich der Mittelwerte der verbalen Kompetenz wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis für unverbundene Stichproben durchgeführt. Diese zeigt, dass sich die Klassen hinsichtlich ihrer verbalen Kompetenz signifikant nicht voneinander unterscheiden. Die Werte dazu sind Tabelle 47 zu entnehmen.

Tabelle 47
Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis für die verbale Kompetenz der Studie in der Sekundarstufe II

Subskalen verbaler Kompetenz	df	X ²	p	η ²
KFT verbales Denken V1 A	2	2.77	.251	.04
KFT verbales Denken V2 A	2	.33	.849	<.01
KFT verbales Denken V3 A	2	1.52	.469	.03

6.2.2.3 Chemie- und Englischnote

Auch die Chemie- und Englischnoten wurden zum Vergleich der Klassen in Betracht gezogen. In Tabelle 48 ist zu erkennen, dass die Noten der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler für beide Fächer im Mittel zwischen 1.7 und 2.6 liegen.

Die Mittelwerte der Chemienoten unterscheiden sich signifikant (Kruskal-Wallis: $X^2[2] = 6.73$, $p = .035$, $\eta^2 = .10$). Dunn-Bonferroni korrigierte paarweise Vergleiche belegen, dass sich die Mittelwerte der Vergleichsgruppe *_trad_bili* signifikant von denen der Versuchsgruppe *_2_PTDL* unterscheiden ($z = -2.47$, $p = .014$, $r = .31$). Laut Cohen (1992) handelt es sich dabei um einen mittleren Effekt. Bezüglich ihrer Englischnote unterscheiden sich die Mittelwerte der drei Klassen signifikant nicht voneinander ($X^2[2] = .42$, $p = .809$, $\eta^2 < .01$).

Tabelle 48

Mittelwerte, Standardabweichungen und *p*-Werte des Shapiro-Wilk Tests der Chemie- und Englischnoten der Studie in der Sekundarstufe II

Gruppen	Chemienote				Englischnote			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W}	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W}
VSG_1_PTDL	29	2.31	1.08	.003	29	2.33	.92	.001
VSG_2_PTDL	15	2.57	.94	.065	15	2.47	.64	.000
VGG_ <i>_trad_bili</i>	22	1.74	.69	.001	22	2.18	.73	.001

Da sich die drei Klassen lediglich in ihrer Chemienote, nicht aber in der Englischnote und der verbalen Kompetenz, signifikant voneinander unterscheiden, werden die beiden Versuchsgruppen im Folgenden zusammengefasst betrachtet. Dies erfolgt, da der Unterschied in der Chemienote aufgrund unterschiedlicher Bewertungsmaßstäbe der unterrichtenden Lehrkräfte entstanden sein kann (Sacher, 1994).

6.2.3 Vergleich des PTDL-Materials mit traditionellem Material des bilingualen Chemieunterrichts bezüglich der Veränderung kognitiver und affektiver Merkmale

Um eine Aussage bezüglich der Effektivität des PTDL-Materials gegenüber herkömmlichem Material im bilingualen Unterricht treffen zu können, wurden die Schülerinnen und Schüler der beiden Gruppen hinsichtlich ihres Fachwissens- und Fachsprachenzuwachses, sowie der Entwicklung ihrer affektiven Merkmale miteinander verglichen.

6.2.3.1 Entwicklung des Fachwissens

Die Entwicklung des Fachwissens wurde anhand folgender Hypothese überprüft:

Hypothese 1: Der Fachwissens-Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem bilinguaem Material unterrichtet werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen des Fachwissens Vor- und Nachtests sind in Tabelle 49 aufgelistet. Es zeigt sich, dass beide Gruppen nach der Intervention mehr Punkte erreichen als zuvor. Für die Versuchsgruppe ist der Lernzuwachs etwas größer (4.8 Punkte) als für die Vergleichsgruppe (3.6 Punkte).

Tabelle 49
Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) im Vor- und Nachtest, sowie die p-Werte nach Shapiro-Wilk des Fachwissenszuwachses der Studie in der Sekundarstufe II

Gruppen	Vortest Fachwissen			Nachtest Fachwissen			Lernzuwachs
	N	M	SD	N	M	SD	p_Shapiro-Wilk
VSG_PTDL	38	13.21	4.44	38	18.03	5.17	.668
VGG_trad_bili	15	12.20	4.18	15	15.80	3.56	.117

Diese Unterschiede sind allerdings nicht signifikant, sodass die Art des Unterrichts keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung des Fachwissens hat (t-Test: $t[51] = .93$, $p = .177$, $r = .13$). Aus diesem Grund muss Hypothese 1 verworfen werden, da sich Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet wurden, nicht signifikant mehr verbessert haben, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem bilingualen Chemiematerial unterrichtet wurden.

Selbstvertrauen im Fachwissenstest

Die empfundene Sicherheit bezüglich der Multiple Choice Aufgaben im Fachwissenstest wurde anhand des *mean confidence accuracy quotient* (CAQ) von Caleon und Subramaniam (2010) bestimmt. Es wurde folgende Hypothese getestet:

Hypothese 2a: Die Schülerinnen und Schüler beider Gruppen erreichen im Nachtest signifikant höhere CAQ-Werte als im Vortest.

Hypothese 2b: Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet werden, verbessern sich bezüglich ihrer CAQ-Werte signifikant mehr, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

In Tabelle 50 ist zu erkennen, dass das Selbstvertrauen in die eigene Leistung bei der Vergleichsgruppe, die mit herkömmlichem Material unterrichtet wurde, zunimmt, bei der Versuchsgruppe hingegen ein minimaler Rückgang zu verzeichnen ist.

Tabelle 50
 Selbstvertrauen in die eigene Leistung bezüglich des Fachwissens im Vor- und Nachtest der Studie in der Sekundarstufe II

Gruppen	CAQ im Vortest				CAQ im Nachtest			
	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}	N	M	SD	<i>p</i> _{Sh-W}
VSG_PTDL	35	.03	.84	.333	35	.02	.69	.273
VGG_trad_bili	14	-.13	.92	.953	14	.35	.51	.716

Das Selbstvertrauen verändert sich weder im Verlauf der Zeit signifikant (RM-ANOVA: $F[1, 47] = 2.51, p = .120, \eta^2 = .05$), noch unterscheiden sich die Gruppen signifikant voneinander ($F[1, 47] = .19, p = .664, \eta^2 < .01$). Gleiches gilt auch für die Interaktion von Zeit und Gruppe ($F[1, 47] = 2.60, p = .114, \eta^2 = .05$). Letzteres bedeutet, dass sich die beiden Gruppen bezüglich der Veränderung ihres Selbstvertrauens nicht signifikant voneinander unterscheiden. Die Hypothesen 2a und 2b müssen verworfen werden, da weder alle Schülerinnen und Schüler im Verlaufe der Unterrichtsreihe ihre CAQ-Werte, also die Sicherheit in die eigene Leistung, verbessern, noch das PTDL-Material einen signifikanten Mehrwert in der Förderung gezeigt hat.

6.2.3.2 Entwicklung der Fachsprache

Auch für die Entwicklung der Fachsprache wurde ein Mehrwert des PTDL-Materials angenommen. Dieser wurde anhand folgender Hypothese überprüft:

Hypothese 3: Der Fachsprachen-Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet werden, ist signifikant höher als der der Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Ergebnisse im Fachsprachentest sind in Tabelle 51 nach Gruppenzugehörigkeit und Erhebungszeitpunkt aufgelistet. Es zeigt sich, dass die Vergleichsgruppe im Vortest mehr als 5 Punkte mehr erzielt als die Versuchsgruppe, im Nachtest dagegen fast 2 Punkte weniger erreicht als diese. Daraus ergeben sich eine Leistungszunahme von über einem Punkt bei der Versuchsgruppe und ein Abfall der Leistung der Vergleichsgruppe von fast 6 Punkten.

Tabelle 51

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Fachsprache im Vor- und Nachtest der Studie in der Sekundarstufe II

Gruppen	Vortest Fachsprache			Nachtest Fachsprache			Lernzuwachs Fachsprache
	N	M	SD	N	M	SD	<i>p</i> _Shapiro-Wilk
VSG_PTDL	40	11.03	4.85	40	12.21	5.63	.008
VGG_trad_bili	19	16.40	4.82	19	10.41	5.99	.069

Ein non-parametrischer Man-Whitney-U-Test zum Vergleich der beiden Gruppen hat ergeben, dass der Fachsprachenwuchs der Versuchsgruppe (Median = .38) signifikant höher ist ($U = 227.00, p < .001$) als der der Vergleichsgruppe (Median = -4.75). Mit einer Effektstärke von $r = .45$ handelt es sich nach Cohen (1992) um einen mittleren Effekt. Hypothese 3 darf beibehalten werden, da die Versuchsgruppe ihre Fachsprache signifikant mehr verbessert als die Vergleichsgruppe. Diese konnte den gestiegenen Anforderungen im Nachtest nicht standhalten und erreicht eine niedrigere Punktzahl als im Vortest.

6.2.4 Veränderung affektiver Schülermerkmale

Dieser Abschnitt geht der Frage nach, wie sich die gemessenen Schülermerkmale der Selbstregulation, der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie und Englisch in Abhängigkeit des Treatments verändern. Dazu wurde folgende Hypothese formuliert.

Hypothese 4: Die Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet werden, erreichen für die Selbstregulation und/oder die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und/oder das Fachinteresse in Chemie und/oder Englisch eine signifikant höhere Verbesserung, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichen Material des bilingualen Chemieunterrichts unterrichtet werden.

Für die Skalen der affektiven Schülermerkmale wurden die Daten von $n = 37$ Schülerinnen und Schülern der Versuchsgruppe und $n = 15$ Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe ausgewertet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 52 aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass die Versuchsgruppe im Vortest für die Selbstregulation höhere Werte als die Vergleichsgruppe erreicht. Die Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse in Chemie und Englisch fallen jedoch niedriger aus als bei der Vergleichsgruppe. Im Nachtest ist sowohl die Selbstregulation als auch die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse Chemie höher als bei der Vergleichsgruppe. Lediglich das Fachinteresse am Englischunterricht ist im Nachtest bei der Vergleichsgruppe höher als bei der Versuchsgruppe. Zur Überprüfung der Daten auf Normalverteilung wurde nach Shapiro-Wilk getestet. Tabelle 53 veranschaulicht, dass alle Daten normalverteilt sind, weshalb ein t -Test für unverbundene Stichproben durchgeführt werden kann.

Tabelle 52

Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der affektiven Schülermerkmale im Vor- und Nachtest der Studie in der Sekundarstufe II

Skalen	Gruppen	Vortest				Nachtest			
		VSG		VGG		VSG		VGG	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Selbstregulation		3.01	.40	2.83	.47	3.16	.50	2.89	.48
schul. Selbstwirksamkeit		2.82	.36	2.89	.41	2.87	.40	2.77	.76
Fachinteresse Chemie		2.99	.86	3.34	1.07	3.22	1.50	3.20	1.00
Fachinteresse Englisch		3.88	.81	3.94	.82	3.27	.80	4.00	.81

Anmerkung. Die Selbstregulation und die schulische Selbstwirksamkeitserwartung waren auf einer vierstufigen Likert Skala, das Fachinteresse Chemie und Englisch auf einer fünfstufigen Likert Skala zu bewerten.

Tabelle 53

Test auf Normalverteilung der Entwicklung affektiver Schülermerkmale nach Shapiro-Wilk der Studie in der Sekundarstufe II

Skalen	Test auf Normalverteilung nach Shapiro-Wilk	
	VSG_PTDL	VGG_trad_bili
Selbstregulation	.607	.682
schul. Selbstwirksamkeit	.794	.519
Fachinteresse Chemie	.444	.422
Fachinteresse Englisch	.543	.700

Tabelle 54

Ergebnisse der t-Tests zur Veränderung affektiver Merkmale der Studie in der Sekundarstufe II

Skalen	df	t	p	r
Selbstregulation	50	.60	.551	.08
schul. Selbstwirksamkeit	50	.92	.363	.13
Fachinteresse Chemie	50	.87	.388	.12
Fachinteresse Englisch	50	-2.68	.010	.35

Wie in Tabelle 54 zu erkennen ist, hat die Art der Intervention keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie. Für das Interesse am Fach Englisch ist jedoch festzuhalten, dass sich die beiden Gruppen hinsichtlich ihrer Entwicklung signifikant unterscheiden. Aus den Berechnungen ist zu folgern, dass Hypothese 4 für alle erhobenen affektiven Merkmale verworfen werden muss. Grund dafür ist, dass die Steigerung affektiver Merkmale der Versuchsgruppe nicht signifikant höher ist als die der Vergleichsgruppe oder sogar, wie es für das Fachinteresse Englisch der Fall war, die Vergleichsgruppe eine signifikant bessere Entwicklung verzeichnet.

6.2.5 Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale

Der im PTDL-Modell postulierte Zusammenhang zwischen verschiedenen affektiven und kognitiven Merkmalen wurde auch in der Studie der Sekundarstufe II anhand folgender Hypothesen überprüft:

Hypothese 5a: Die affektiven Merkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung, Fachinteresse Chemie und Englisch) korrelieren positiv miteinander. Das Fachwissen korreliert positiv mit der Fachsprache.

Hypothese 5b: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen.

Die Zusammenhangshypothesen wurden anhand einer zweiseitig bivariaten Korrelation nach Pearson überprüft (siehe Tabelle 55). Die Selbstregulation und das Fachinteresse Chemie stehen in einem mittleren bis hohen Zusammenhang mit der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung (Cohen, 1988). Für das Fachinteresse Englisch bestehen im Vortest signifikante Zusammenhänge mit der Selbstregulation, alle weiteren Korrelationen sind nicht signifikant, teilweise sogar negativ. Das Fachwissen im Vor- und Nachtest, sowie die Fachsprache und das Fachwissen im Nachtest korrelieren hoch miteinander. Zum Zusammenhang affektiver und kognitiver Merkmale aus Hypothese 6_b ist zu sagen, dass von den insgesamt 32 möglichen Korrelationen lediglich zwölf signifikant sind. Eine von ihnen, zwischen dem chemischen Fachwissen und dem Fachinteresse Englisch, ist sogar negativ.

Tabelle 55

Korrelationen affektiver und kognitiver Merkmale im Vor- und Nachtest der Studie in der Sekundarstufe II

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) Selbstregulation VT											
(2) Selbstregulation NT	.42**										
(3) schul. Selbstwirk. VT	.38**	.16									
(4) schul. Selbstwirk. NT	.39**	.28*	.46**								
(5) Fachinteresse Ch. VT	.14	.01	.48**	.61**							
(6) Fachinteresse Ch. NT	.25	.18	.44**	.61**	.64**						
(7) Fachinteresse Eng. VT	.30*	.30*	.25	-.21	-.15	-.12					
(8) Fachinteresse Eng. NT	-.11	-.15	.08	-.13	-.03	.02	.48**				
(9) Fachwissen VT	.33**	.31*	.45**	.47**	.43**	.45**	.09	-.28*			
(10) Fachwissen NT	.18	.08	.40**	.25	.26	.41**	-.02	-.16	.57**		
(11) Fachsprache VT	.22	<.01	.17	.19	.40**	.15	.08	-.15	.40**	.26*	
(12) Fachsprache NT	-.04	.07	-.07	.28*	.21	.30*	-.14	-.07	.24	.53**	.25*

Anmerkung. **. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant. *. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass Hypothese 5_a für die affektiven Merkmale der Selbstregulation und des Fachinteresses Chemie mit der schulischen Selbstwirksamkeit, sowie dem Fachinteresse Englisch mit der Selbstregulation beibehalten werden kann. Für die Fachsprache und das Fachwissen besteht im Nachtest ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang. Hypothese 5_b wiederum ist zu verwerfen, da überwiegend nicht signifikante geringe Zusammenhänge zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen bestehen.

6.3 Zusammenfassung der Hauptstudie II in der Sekundarstufe II

Ziel der Studie in der Sekundarstufe II war es ebenfalls, herauszufinden, inwiefern das nach den Prinzipien des *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* entwickelte Material positive Auswirkungen auf die Förderung affektiver und kognitiver Schülermerkmale hat. Dazu wurden Schülerinnen und Schüler mit dem PTDL-Material unterrichtet und mit jenen verglichen, die gleiche Inhalte mit Hilfe traditioneller bilingualer Chemiematerialien nähergebracht bekamen. Die Analyse der Testinstrumente hat ergeben, dass entsprechende Gütekriterien ausreichend erfüllt sind, sodass die anhand der Tests generierten Daten ohne Einschränkungen weiter analysiert werden konnten.

Die Auswertung der Daten hat gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler, die mit dem PTDL-Material unterrichtet wurden, sowohl ihre Fachsprache als auch ihr Fachwissen stärker verbessern, als Schülerinnen und Schüler, die mit herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts beschult wurden. Dieser Unterschied ist allerdings nur für die Fachsprache signifikant.

Im Verlaufe der Unterrichtsreihe ist die Vergleichsgruppe bezüglich ihrer Antworten im Multiple Choice Test sicherer geworden, wohingegen die Versuchsgruppe im Nachtest niedriger Werte für den *Confidence Accuracy Quotient* verzeichnet als im Vortest. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist nicht signifikant.

Bezüglich der affektiven Merkmale ist zu sagen, dass die Versuchsgruppe ihre Fähigkeit zur Selbstregulation und Selbstwirksamkeit, sowie ihr Interesse am Fach Chemie nicht signifikant mehr verbessert hat, als es für Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe der Fall war. Das Interesse am Fach Englisch hat für die sprachensible Versuchsgruppe im Vergleich zur Vergleichsgruppe signifikant abgenommen.

Die durch das PTDL-Modell postulierten Zusammenhänge konnten innerhalb der affektiven und kognitiven Merkmale, sowie zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen nur teilweise bestätigt werden. Mögliche Ursachen hierfür werden nach der Studie in der sechsten Klassenstufe im gemeinsamen Diskussionsteil erläutert.

7. Hauptstudie III (Orientierungsstufe: 6. Klassenstufe)

In den folgenden Kapiteln wird die Studie der 6. Klassenstufe vorgestellt. Da das Design, die Durchführung und das Material stark den zuvor beschriebenen Studien ähneln, wird lediglich auf individuelle Anpassungen eingegangen. Diese Unterschiede liegen hauptsächlich in der Unterrichtsthematik und dem Entwicklungsstand der Schülerinnen und Schüler begründet.

7.1 Methode

7.1.1 Design

Um einen Vergleich zwischen dem Material mit zusätzlichem fachsprachlichem Fokus und jenem herkömmlichen Material ziehen zu können, wurde eine quasiexperimentelle Studie im Zwei-Gruppen-Prä-Post-Design gewählt. Die verwendeten Erhebungsinstrumente und der geplante zeitliche Ablauf der Studie sind Abbildung 54 zu entnehmen. Die Aspekte, in der sich diese Studie von der in der siebten und achten Klassenstufe unterscheidet, sind hervorgehoben.

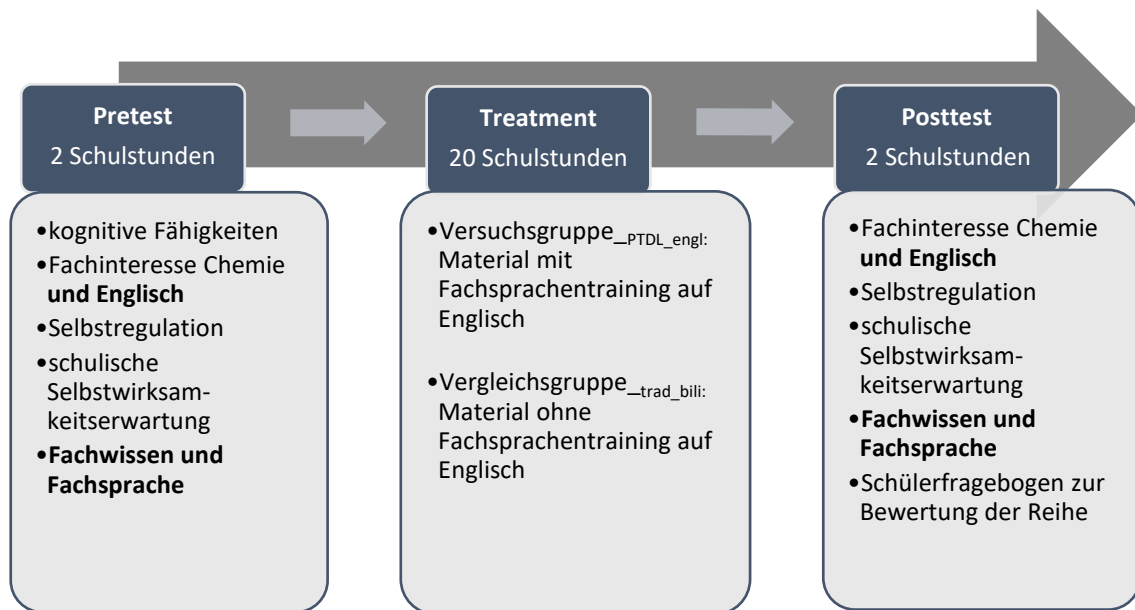


Abbildung 54. Versuchsdesign der Studie in der 6. Klassenstufe mit zeitlichem Ablauf und erfassten Konstrukten je Messzeitpunkt.

7.1.2 Stichprobe

Da der bilinguale Sachfachunterricht häufig erst in der siebten Klasse mit Fächern der Gesellschaftskunde beginnt, gestaltete sich die Akquirierung von Versuchspersonen äußerst schwierig. Zur Teilnahme an der Studie hat sich eine sechste Klasse einer niedersächsischen Gesamtschule mit $N = 25$ Schülerinnen und Schülern bereiterklärt. Trotz fehlender Vergleichsgruppe wurde die Studie in ihrer gesamten Länge durchgeführt und die Ergebnisse zur Gegenüberstellung mit denen der Sekundarstufe I und II verwendet. Alle $N = 25$ Schülerinnen und Schüler haben am Prä- und Posttest

teilgenommen. Da das Thema Redox-Reaktionen im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht lediglich auf phänomenologischer Ebene behandelt wird, verläuft die Deutung der Versuche ohne Benennung ablaufender Reaktionen und Elementgruppen. Das Lernziel beschränkte sich demnach auf das Kennenlernen von Verbrennungsreaktionen, den dazu notwendigen Bedingungen und einer allgemeinen Klassifizierung als Oxidationsreaktion. Die Reduktion als „Umkehrreaktion“ der Oxidation wird in dieser Klassenstufe noch nicht behandelt.

7.1.3 Erhebungsinstrumente

Die verwendeten Erhebungsinstrumente entsprechen größtenteils denen der Studie in der siebten und achten Klassenstufe, weshalb nur noch die erforderlichen Abänderungen beschrieben werden. Alle restlichen Informationen sind deshalb der Pilotierung bzw. der Studie in der Sekundarstufe I zu entnehmen.

7.1.3.1 Fragebogen zum Fachinteresse

Das Fachinteresse für die Fächer Chemie und Englisch wurde mit dem angepassten Fragebogen nach Baumgartner (2014) erhoben. Der Fragebogen zum bilingualen Unterricht konnte wie auch in der Studie in der Sekundarstufe II nicht eingesetzt werden, da die Klasse erst mit Beginn der Studie bilingual unterrichtet wurde. Zudem ist dieser Fragebogen recht komplex und zeitintensiv, weshalb bei diesen Schülerinnen und Schülern ebenfalls von der Verwendung des Fragebogens abgesehen wurde.

7.1.3.2 Fragebogen zum Fachwissen und der Fachsprache

Auch wenn der Fragebogen zum Fachwissen und zur Fachsprache andere Inhalte abfragt, so weist er trotzdem die gleichen Strukturen und Antwortformate wie der bereits vorgestellte Wissens- und Sprachtest der siebten und achten Klassenstufe auf. Er besteht ebenfalls aus Multiple Choice Fragen und solchen mit offenen und halboffenen Antwortformaten. Die Transferaufgaben beziehen sich dabei auf konkretere Sachverhalte wie zum Beispiel das Entzünden eines Feuers mit einer Lupe. Die Entwicklung des Tests, sowie auch die der Unterrichtsmaterialien basiert auf dem aktuellen Lehrplan und den von der Schule verwendeten Schulbüchern. Eine enge Zusammenarbeit mit der Lehrerin, sowie mehrere Korrekturzyklen waren hier ebenfalls gegeben. Insgesamt umfasst der Test 24 Fragen, die in Tabelle 56 aufgelistet sind.

Tabelle 56

Verwendete Aufgabenformate zur Ermittlung der Fachsprache und des Fachwissens im Vor- und Nachtest der Studie in der 6. Klassenstufe

Verwendete Aufgabenformate im:	
Vortest	<ul style="list-style-type: none"> • 8 Single Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 6 Multiple Choice Fragen mit Antwortsicherheit • 4 Single Choice Aufgaben mit Begründung der Antwortauswahl • 1 Definition des Begriffes Verbrennung • 5 Merkmale einer wissenschaftlichen Erklärung nennen • 3 Multiple Choice Fragen, welche der jeweils vorgegebenen Erklärung die beste ist mit Begründung der Auswahl • 1 freie Schreibaufgabe mit Strukturierungshilfe zur Erklärung von Verbrennungsreaktionen
Nachtest	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgaben 1 – 6 sind identisch mit denen aus dem Vortest • 1 Lückentext zu kausalen Konjunktionen • 3 freie Schreibaufgaben: 3 Fachbegriffe müssen jeweils kausal miteinander in Beziehung gesetzt werden (Triaden Test)

7.1.4 Unterrichtsmaterialien zur Förderung fachspezifischer Literarität und vertiefter Lernprozesse

Das Vorgehen für die sechste Klasse erfolgt ebenfalls nach den Prinzipien des PTDL-Ansatzes. Allerdings sind die Aufgaben kleinschrittiger und geleiteter formuliert als es bei der Sekundarstufe I der Fall war. Mit Hilfe von Visualisierungen verwendeter Versuchsgeräte und vorstrukturierten Antwortformaten werden die Schülerinnen und Schüler zu jedem Zeitpunkt entsprechend unterstützt. Außerdem sind spielerische Elemente eingebaut, wie zum Beispiel ein Domino zum Erlernen der Laborgeräte, was für die älteren Versuchsteilnehmer nur noch im Sinne von Räzeln oder Wetten der Fall war. Die Lerner werden aber dennoch in gleichem Maße gefordert, da sie sich Forschungsfragen überlegen und dazu Experimente eigenständig planen und durchführen müssen. Inhaltlich liegt der Fokus auf dem Erarbeiten der drei notwendigen Faktoren einer Verbrennungsreaktion (Sauerstoff, Brennstoff und Entzündungstemperatur). Sprachlich werden vor allem kausale Konjunktionen und Satzbausteine eingeführt, die Ein-Satz-Erklärungen nach dem Schema „Wenn..., dann..., weil...“ ermöglichen. Zwei dieser Aufgaben sind in Abbildung 55 exemplarisch aufgeführt.

Explain why the test tube needs to be filled upside down and in water. Use the word rail to form at least three sentences.

1. **The first reason is that** – gas – test tube – to effuse (ausströmen) – air
2. **If** – gas bubbles – to stream in (einströmen) – water – **then** – to thrust aside/push away (verdrängen) – water – **because** – lighter/less dense (geringere Dichte) - **the effect is that** air – to rise
3. **The second reason is that** – transparent gas – water – to become – visible – to rise (aufsteigen) – **as a result** – water level – to indicate (anzeigen) – full

What does fire need to burn? Fill out the diagram and the blanks in the text. Use the words in help box.

If an item (Gegenstand) gets too warm, _____ (ist die Wirkung) that it can start to burn. But not all items burn. The item must be a _____. Heating a _____ will _____ (verursachen) a fire. The fire can only burn if there is enough _____, because fire needs _____ to burn. _____ (Demzufolge) if there are _____, _____ and _____ in one place, this can _____ (verursachen) a fire.

language help: explanations

If... then ... because	
to cause	verursachen
to lead to sth.	zu etwas führen
to trigger	auslösen
the effect is	der Effekt/ die Wirkung ist
as a result	demzufolge

Abbildung 55. Beispielaufgaben der Explaining-Phase in der 6. Klassenstufe zum Thema Verbrennungen.

7.1.5 Durchführung

Durchgeführt wurde eine quasi-experimentelle Studie im Ein-Gruppen-Prä-Post-Design von Mitte August bis Ende Oktober 2016. Zu Beginn der Studie wurde ein 90-minütiger Vortest geschrieben, der in zwei 45-minütige Blöcke unterteilt wurde. Neben dem Fachwissen, der Fachsprache und der verbalen Kompetenz wurde außerdem die schulische Selbstwirksamkeitserwartung, die Selbstregulation und das Fachinteresse der Fächer Englisch und Chemie abgefragt.

Während des Treatments erhielten die Schülerinnen und Schüler speziell entwickeltes Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse mit expliziten Hilfestellungen zum Schreiben von Erklärungen. Nach einem kurzen Briefing der Versuchsleiterin wurde der Unterricht von der Chemielehrerin selbst durchgeführt. Zu Beginn jeder Unterrichtsstunde wurden Experimente von den Schülerinnen und Schülern bzw. einmal auch von der Lehrerin durchgeführt, welche anschließend erklärt und verallgemeinert wurden. Die Themen der einzelnen Stunden mit jeweiligem Sprachfokus sind in Abbildung 56 zu erkennen.

Im Anschluss an die Unterrichtsreihe wurde ein Nachtest geschrieben, der alle zuvor erfassten Konstrukte außer dem verbalen Denken der Schülerinnen und Schüler beinhaltete. Für die Bearbeitung dieses Tests standen 60 Minuten Zeit zur Verfügung.



Abbildung 56. Durchführung der Studie in der 6. Klassenstufe unter Angabe der Themen und Sprachübungen.

7.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Studie in der sechsten Klassenstufe vorgestellt. Dazu werden zunächst die Erhebungsinstrumente validiert und die demographischen und kognitiven Ausgangsbedingungen der Klasse beschrieben. Anschließend erfolgt eine inferenzstatistische Überprüfung der Hypothesen, inwiefern die untersuchten Schülerinnen und Schüler einen Lernerfolg durch das PTDL-Material bezüglich ihres Fachwissens und ihrer Fachsprache erfahren. Ebenfalls werden die Auswirkungen des Materials auf die Selbstregulation, die Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse Chemie und Englisch analysiert. Da in dieser Studie keine Vergleichsgruppe vorhanden war, können keine Aussagen bezüglich der Effektivität des PTDL-Materials im Vergleich zu traditionellem bilingualem Material getroffen werden.

7.2.1 Validierung der Erhebungsinstrumente

Die Güte verwendeter Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale wurde anhand einer Reliabilitätsanalyse überprüft. Für die Fachwissens- und Fachsprachentests werden die Item-Schwierigkeit und korrigierte Trennschärfe berichtet.

7.2.1.1 Reliabilitäten der Skalen affektiver Schülermerkmale

Zur Reliabilitätsanalyse der Skalen affektiver Schülermerkmale wurde jeweils die interne Konsistenz bestimmt. Die Cronbachs α Werte sind diesbezüglich in Tabelle 57 zu finden.

Tabelle 57

Interne Konsistenz (Cronbachs α) der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale der Studie in der 6. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	Items	Vortest		Nachttest	
		N	α	N	α
Selbstregulation	10	21	.65	21	.77
schulische Selbstwirksamkeit	7	24	.79	23	.75
Fachinteresse Chemie gesamt	8	23	.90	24	.73
Items 1-5: gefühlsbezogene Komponente	5	24	.86	24	.45
Items 6-8: wertbezogenen Komponente	3	24	.82	25	.83
Fachinteresse Englisch gesamt	8	24	.89	24	.82
Items 1-5: gefühlsbezogene Komponente	5	24	.84	24	.66
Items 6-8: wertbezogenen Komponente	3	25	.84	25	.84
KFT Subskala verbales Denken V1 A	25	25	.53	-	-
KFT Subskala verbales Denken V2 A	25	25	.54	-	-
KFT Subskala verbales Denken V3 A	20	25	.60	-	-
Bewertung der Unterrichtsreihe	13			22	.59

Die Skalen der Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeitserwartung, des Fachinteresses Chemie (gesamt) und Englisch (gesamt) weisen sowohl im Vortest, als auch im Nachtest eine mittelmäßige bis hohe interne Konsistenz auf (Bortz & Döring, 2006). Die Subskalen zum verbalen Denken, der gefühlsbezogenen Komponente des Fachinteresses in Chemie und Englisch, sowie die Gesamtskala zur Bewertung der Unterrichtsreihe weisen eine niedrige Reliabilität auf. Aus folgenden Gründen werden die Skalen trotzdem weiterverwendet:

Bei den drei Subskalen zum verbalen Denkens des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) handelt es sich um standardisierte Fragebögen, die über Jahre und verschiedene Schularten hinweg zufriedenstellend validiert wurden. In der vorliegenden Studie wurden die Reliabilitäten hingegen anhand einer geringen Stichprobe von $N = 25$ Schülerinnen und Schülern bestimmt, was die Aussagekraft von Cronbachs α reduziert. Bezüglich der Fachinteressensskalen ist zu sagen, dass für die Gesamtskalen akzeptable bis gute Reliabilitäten erreicht wurden, sodass die daraus gewonnenen Daten trotzdem inferenzstatistisch ausgewertet, die Ergebnisse allerdings mit Vorsicht interpretiert und mögliche Gründe geringer Reliabilitäten der Subskalen anschließend diskutiert werden. Der Fragebogen zur Bewertung der Unterrichtsreihe dient nicht der Überprüfung aufgestellter Hypothesen, sondern lediglich als Feedbackbogen und zur Anregung zukünftiger Verbesserungen. Die Auswertung der Daten kann deshalb deskriptiv und auf Basis einzelner Items uneingeschränkt erfolgen.

7.2.1.2 Schwierigkeitsanalyse des Fachwissens- und Fachsprachentests

Die Güte der Fachwissens- und Fachsprachentests wurde anhand der Item-Schwierigkeit, der minimalen und maximalen Ausprägung, sowie der korrigierten Trennschärfe überprüft.

Es hat sich gezeigt, dass für alle Items der Fachsprache und des Fachwissens sowohl im Vortest als auch im Nachtest die maximale Ausprägung erreicht wurde. Das bedeutet, dass alle Antwortmöglichkeiten von den Schülerinnen und Schüler ausgenutzt wurden, bzw. zur Bewertung frei geschriebener Texte alle Kategorien des Analyserasters Verwendung fanden. Im Fachsprachen-Nachtest wurde bei zwei Items sogar ein Zusatzpunkt vergeben. Da dies allerdings nur selten vorkam, wurde die zu erreichende Maximalpunktzahl nicht verändert. In Tabelle 59 ist zu erkennen, dass die Item-Schwierigkeiten der selbsterstellten Tests zwischen $P = 0$ und $P = 100$ liegen. Das bedeutet, dass einige Items von allen Schülerinnen und Schülern falsch bzw. komplett richtig beantwortet wurden.

Tabelle 58

Item-Schwierigkeit und korrigierten Trennschärfeder Fachwissens- und Fachsprachentests der Studie in 6. Klassenstufe

Erhebungsinstrument	P_{\min}	P_{\max}	$r_{it \min}$	$r_{it \max}$
Items des Fachwissensvortest	0	78	.41	.49
Items des Fachwissensnachttests	8	100	.42	.62
Items des Fachsprachenvortests	17	100	.14	.34
Items des Fachsprachennachttests	3	100	.66	.72

Laut Weise (1975) soll die Item Schwierigkeit zwischen $P = 20$ und $P = 80$ liegen, was für die Mehrzahl der Items der Fall war. Bezüglich des Fachwissens im Vortest sind drei Items zu schwer, keines aber zu leicht. Im Nachttest liegen die drei zu schweren Items aus dem Vortest immer noch unter dem Schwellenwert von $P = 20$, allerdings ist in Tabelle 58 zu erkennen, dass im Nachttest mehr Schülerinnen und Schüler die Fragen richtig beantworten konnten, als es im Vortest noch der Fall war. Im Nachttest wurde ein Item sogar von allen Lernern richtig beantwortet. Zwei weitere Items überschreiten ebenfalls den Grenzwert von $P = 80$. Für die Fachsprache sind im Vortest zwei Items zu schwer und eins zu einfach. Im Nachttest sind drei Items zu schwer und drei zu einfach.

Die Trennschärfe liegt für die Items der Fachwissenstests überwiegend im mittleren, teilweise auch im hohen Bereich und für die Items der Fachsprache im Vortest im niedrigen Bereich, sowie für die Items der Fachsprache im Nachttest im hohen Bereich (Weise, 1975).

7.2.2 Ausgangsbedingungen der Versuchsgruppe

Im folgenden Kapitel wird der demographische Hintergrund der Schülerinnen und Schüler, ihr außerschulischer Kontakt mit der englischen Sprache, sowie ihre verbale Kompetenz beschrieben.

7.2.2.1 Demographischer Hintergrund

Die $N = 25$ Schülerinnen und Schüler der untersuchten sechsten Klasse geben insgesamt an, fünf verschiedene Nationalitäten zu haben, wobei $n = 24$ von ihnen als erste oder zweite Staatsbürgerschaft die deutsche haben. Neun Schülerinnen und Schüler sind zweisprachig aufgewachsen, wobei keiner von ihnen zu Hause Englisch spricht. Die Hälfte aller Versuchspersonen kommt auch außerhalb der Schule mit der englischen Sprache in Kontakt.

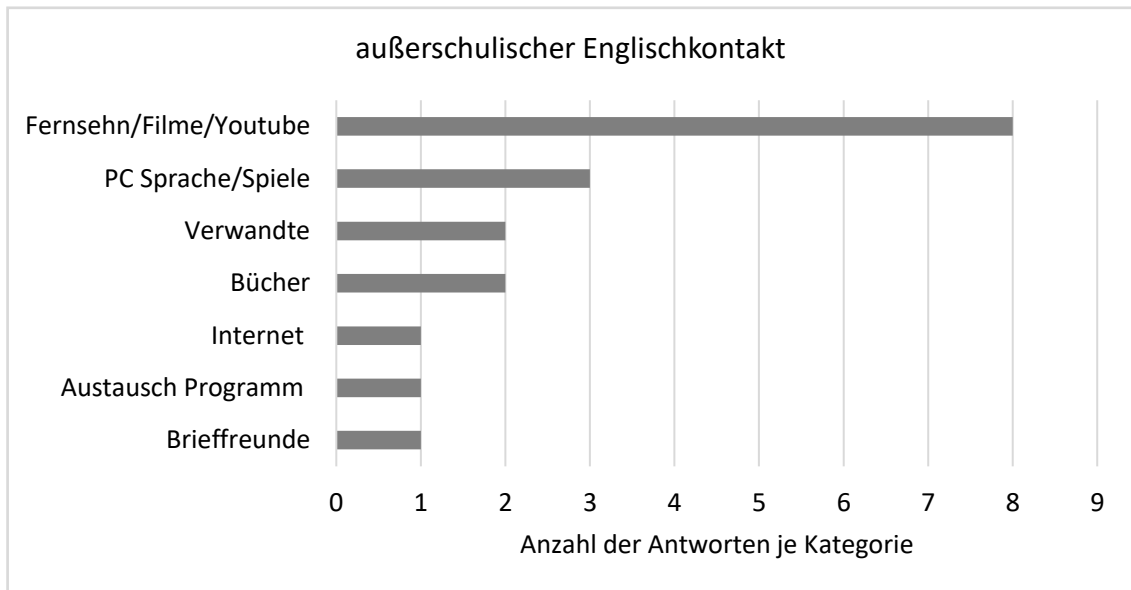


Abbildung 57. Außerschulischer Englischkontakt der Versuchspersonen der Studie in der 6. Klassenstufe.

Wie in Abbildung 57 zu erkennen ist, schauen acht dieser 18 Schülerinnen und Schüler Filme und Videos auf Englisch. Deutlich weniger von ihnen spielen Computerspiele oder lesen Bücher auf Englisch. Austauschprogramme und Brieffreundschaften werden hingegen nur von Einzelpersonen zur Verbesserung der englischen Sprache genutzt.

7.2.2.2 Verbale Kompetenz

Die Ergebnisse der drei Subskalen zum verbalen Denken anhand des KFT 4-12+R von Heller und Perleth (2000) sind in Tabelle 59 zu finden. Es zeigt sich, dass das verbale Denken der Schülerinnen und Schüler im mittleren Bereich liegt, da pro Skala 25 Punkte, bzw. 20 Punkte bei der letzten Skala, hätten erreicht werden können.

Tabelle 59

Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Subskalen zur verbalen Kompetenz der Studie in der 6. Klassenstufe

V1 A		V2 A		V3 A	
M	SD	M	SD	M	SD
12.08	3.01	14.16	3.36	6.64	2.97

7.2.2.3 Chemie und Englischnote

Die Chemienote der Schülerinnen und Schüler der sechsten Klasse liegt im Mittel bei 2.4 und die Englischnote bei 2.2. Bei einer Standardabweichung von $SD = .59$ für die Chemienote und $SD = .73$ für die Englischnote variieren die Noten beider Fächer zwischen 1 und 3.

7.2.3 Entwicklung kognitiver und affektiver Merkmale

Um die Entwicklung kognitiver und affektiver Schülermerkmale bestimmen zu können, wurden prä-post-Vergleiche des Fachwissens, der Fachsprache, sowie der Selbstregulation, schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und dem Fachinteresse Chemie und Englisch durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Veränderung genannter Merkmale berichtet.

7.2.3.1 Entwicklung des Fachwissens

Der Fachwissenslernzuwachs im Laufe der Unterrichtsreihe wurde anhand folgender Hypothese überprüft:

Hypothese 1: Die Schülerinnen und Schüler verbessern ihr Fachwissen mit Hilfe des PTDL-Materials im Laufe der Unterrichtsreihe signifikant.

In Tabelle 60 ist zu erkennen, dass die Klasse einen durchschnittlichen Fachwissenszuwachs von 4.3 Punkten erreicht hat. Diese Entwicklung des Fachwissens ist signifikant und es handelt sich um einen starken Effekt (t-Test: $t[24] = -7.78$, $p < .001$, $r = .85$). Hypothese 1 darf folglich beibehalten werden.

Tabelle 60

Teilnehmeranzahl (N), Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und p-Werte des Shapiro-Wilk Test im Vor- und Nachtest für das Fachwissen der Studie in der 6. Klassenstufe

Erhebungszeitpunkt	N	M	SD	p_Shapiro-Wilk
Vortest	25	7.22	2.85	.433
Nachtest	25	11.54	2.38	.611

Selbstvertrauen im Fachwissenstest

Um zu überprüfen, inwiefern nicht nur das Fachwissen, sondern auch die Sicherheit zunimmt, die richtige Antwort angekreuzt zu haben, wurde der *mean confidence accuracy quotient* (CAQ) nach Caleon und Subramaniam (2010) bestimmt. Bezüglich der empfundenen Sicherheit während der Multiple Choice Aufgaben wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese 2: Die Schülerinnen und Schüler erreichen im Nachtest signifikant höhere CAQ-Werte als im Vortest.

In Tabelle 61 ist zu erkennen, dass die CAQ-Werte im prä-post-Vergleich steigen. Der non-parametrischen Wilcoxon-Test bestätigt allerdings, dass diese Veränderung nicht signifikant ist ($z = -1.33$, $p = .185$, $r = .28$).

Tabelle 61

Selbstvertrauen in die eigene Leistung bezüglich des Fachwissens im Vor- und Nachtest der Studie in der 6. Klassenstufe

CAQ im Vortest				CAQ im Nachtest			
<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W.}	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Sh-W.}
22	-.32	1.91	.001	22	.39	.70	.597

Hypothese 2 muss verworfen werden, da sich die Schülerinnen und Schüler nach der Intervention nicht signifikant sicherer beim Ankreuzen der Multiple Choice Fragen sind, als sie es vor der Intervention waren.

7.2.3.2 Entwicklung der Fachsprache

Die Verbesserung der Fachsprache wurde anhand folgender Hypothese überprüft:

Hypothese 3: Die Schülerinnen und Schüler verbessern ihre Fachsprache mit Hilfe der PTDL-Materialien im Laufe der Unterrichtsreihe signifikant.

Da im Nachtest 33.5 Punkte, im Vortest hingegen nur 23 Punkte erreicht werden konnten, sind in Tabelle 62 die prozentualen Mittelwerte und Standardabweichungen aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass sich die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Unterrichtsreihe um durchschnittlich 10 % verbessert haben.

Tabelle 62

Teilnehmeranzahl (*N*), prozentuale Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*, *p*-Werte des Shapiro-Wilk Test im Vor- und Nachtest für die Fachsprache der Studie in der 6. Klassenstufe

Erhebungszeitpunkt	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>p</i> _{Shapiro-Wilk}
Vortest	25	33.26	10.35	.361
Nachtest	25	43.49	10.32	.140

Ein *t*-Test für verbundene Stichproben hat ergeben, dass der Fachsprachenzuwachs der Schülerinnen und Schüler signifikant ist ($t[24] = -3.30, p = .003$). Die Effektstärke nach Cohen (1992) liegt bei $r = .56$ und entspricht einem starken Effekt. Hypothese 3 wird beibehalten, da die mit dem PTDL-Material unterrichteten Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Unterrichtsreihe ihre Fachsprache signifikant verbessert haben.

7.2.4 Veränderung affektiver Schülermerkmale

Dieser Abschnitt geht der Frage nach, wie sich die gemessenen Schülermerkmale der Selbstregulation, der schulbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie und Englisch während der Intervention verändert haben. Diesbezüglich wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Hypothese 4: Die Schülerinnen und Schüler verbessern ihre Selbstregulation und/oder ihre schulische Selbstwirksamkeitserwartung und/oder ihr Fachinteresse in Chemie und/oder Englisch signifikant.

In Tabelle 63 ist zu erkennen, dass die Werte alle vier affektiven Merkmale im Laufe der Unterrichtsreihe abnehmen. Ein Vergleich der Mittelwerte hat ergeben, dass der Rückgang für die Selbstregulation ($t[24] = 1.11, p = .280, r = .22$) und die schulische Selbstwirksamkeitserwartung ($t[24] = .83, p = .418, r = .11$) nach Wilcoxon nicht signifikant ist. Auch das Fachinteresse bezüglich der Fächer Chemie ($z = -.66, p = .513, r = .13$) und Englisch ($z = -1.13, p = .259, r = .23$) hat nicht signifikant abgenommen. Auch wenn der Rückgang aller vier getesteten affektiven Merkmale nicht signifikant ist, so muss Hypothese 4 trotzdem verworfen werden, da eine signifikante Verbesserung affektiver Merkmale mit Hilfe des PTDL-Materials ausbleibt.

Tabelle 63

Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD) und p-Werte des Shapiro-Wilk Test für die affektiven Schülermerkmale im Vor- und Nachtest der Studie in der 6. Klassenstufe

	Vortest			Nachtest		
	M	SD	p _{Sh-W.}	M	SD	p _{Sh-W.}
Selbstregulation	3.00	.39	.843	2.91	.51	.189
schul. Selbstwirksamkeit	3.07	.50	.344	2.98	.48	.233
Fachinteresse Chemie	3.89	.72	.002	3.78	.66	.070
Fachinteresse Englisch	4.02	.85	.016	3.89	.82	.077

7.2.5 Zusammenhang verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale

Der im PTDL-Modell postulierte Zusammenhang affektiver und kognitiver Konstrukte wurde anhand folgender Hypothesen überprüft:

Hypothese 5_a: Die affektiven Merkmale (Selbstregulation, schulische Selbstwirksamkeitserwartung, Fachinteresse Chemie und Englisch) korrelieren positiv miteinander. Das Fachwissen korreliert positiv mit der Fachsprache.

Hypothese 5_b: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen.

Die Ergebnisse der zweiseitig bivariaten Korrelation nach Pearson in Tabelle 64 zeigen, dass die affektiven Merkmale der Selbstregulation und des Fachinteresses in Chemie in einem mittleren bis hohen Zusammenhang mit der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung stehen (Cohen, 1988). Für das Fachinteresse Englisch existieren keine signifikanten Korrelationen zu anderen affektiven Merkmalen. Zwischen den kognitiven Merkmalen des Fachwissens und der Fachsprache bestehen ebenfalls keine signifikanten Zusammenhänge.

Ein Zusammenhang zwischen affektiven und kognitiven Merkmalen besteht nur zwischen der Fachsprache im Nachtest und der Selbstregulation und schulischen Selbstwirksamkeit im Vortest. Alle anderen Korrelationen sind nicht signifikant und weisen einen geringen bis negativen Zusammenhang auf.

Tabelle 64
Korrelationen affektiver und kognitiver Merkmale im Vor- und Nachtest der Studie in der 6. Klassenstufe

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1) Selbstregulation VT											
(2) Selbstregulation NT	.52**										
(3) schul. Selbstwirk. VT	.71**	.23									
(4) schul. Selbstwirk. NT	.21	.41*	.43*								
(5) Fachinteresse Ch. VT	.28	.06	.50*	.37							
(6) Fachinteresse Ch. NT	-.19	.05	.11	.50*	.55**						
(7) Fachinteresse Eng. VT	.17	-.04	.20	.30	.27	.30					
(8) Fachinteresse Eng. NT	-.01	.01	-.16	.02	-.21	.13	.54**				
(9) Fachwissen VT	.19	.23	.10	-.07	.13	-.03	-.08	-.03			
(10) Fachwissen NT	-.01	.03	-.14	.03	.02	.18	.29	.33	.45*		
(11) Fachsprache VT	-.10	-.06	-.05	-.15	-.03	.14	.18	.06	-.20	.30	
(12) Fachsprache NT	.49*	.14	.45*	.15	.37	.03	.25	.03	.38	.24	-.12

Anmerkung. **. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .01 (2-seitig) signifikant. *. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.

Aus den Ergebnissen ist abzuleiten, dass Hypothese 5_a für die Korrelation der affektiven Merkmale der Selbstregulation und des Fachinteresses Chemie mit der schulischen Selbstwirksamkeit beibehalten werden kann. Für das Fachinteresse Englisch mit anderen affektiven Merkmalen, sowie für die kognitiven Merkmale des Fachwissens und der Fachsprache muss Hypothese 5_a verworfen werden. Hypothese 5_b ist ebenfalls zu verwerfen, da nicht signifikante geringe bis negative Zusammenhänge zwischen den affektiven und kognitiven Merkmalen bestehen.

7.2.6 Bewertung der Unterrichtsreihe

Zur abschließenden Bewertung der Unterrichtsreihe wurde ein Fragebogen zu verschiedenen Aspekten wie den Sprachhilfen oder Arbeitsblättern eingesetzt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 58 zu erkennen. Mit Mittelwerten von über 4 auf einer fünfstufigen Likert Skala wurden die Sprachhilfen als durchaus positiv und hilfreich erachtet. Die Schülerinnen und Schüler geben an, nun besser Erklärungen und Versuchsprotokolle schreiben zu können. Sie haben außerdem einen Unterschied zu den Unterrichtsstunden zuvor festgestellt und sind der Meinung, Sprachhilfen seien ein wichtiger Bestandteil des Chemieunterrichts.

Das Thema Verbrennung hat den Schülerinnen und Schülern viel Spaß gemacht ($M = 4.4$) und einige von ihnen haben sich sogar zu Hause mit dem Thema beschäftigt. Mittelwerte von über $M = 3.5$ zeigen des Weiteren, dass den Schülerinnen und Schülern die Arbeitsblätter gut gefallen haben, sie immer wussten was zu tun war und sie sich solche Lernmaterialien auch für andere Unterrichtsfächer wünschen würden.

Zu den zwei offenen Fragen, was Schülerinnen und Schülern gut bzw. nicht so gut am Thema und den Arbeitsblättern gefallen hat, ist in Abbildung 59 zu erkennen, dass besonders die praktischen Experimente und fachspezifischen Sprachhilfen auf positive Resonanz stießen. Sieben der $N = 25$ Schülerinnen und Schüler geben außerdem an, sehr vom bilingualen Chemieunterricht profitiert zu haben, da sie nun sicherer auf Englisch sprechen können und durch den Sprachwechsel mehr dazugelernt haben. Mit der Note 2.1 schließen sie den Fragebogen zur Bewertung der Unterrichtsreihe ab.

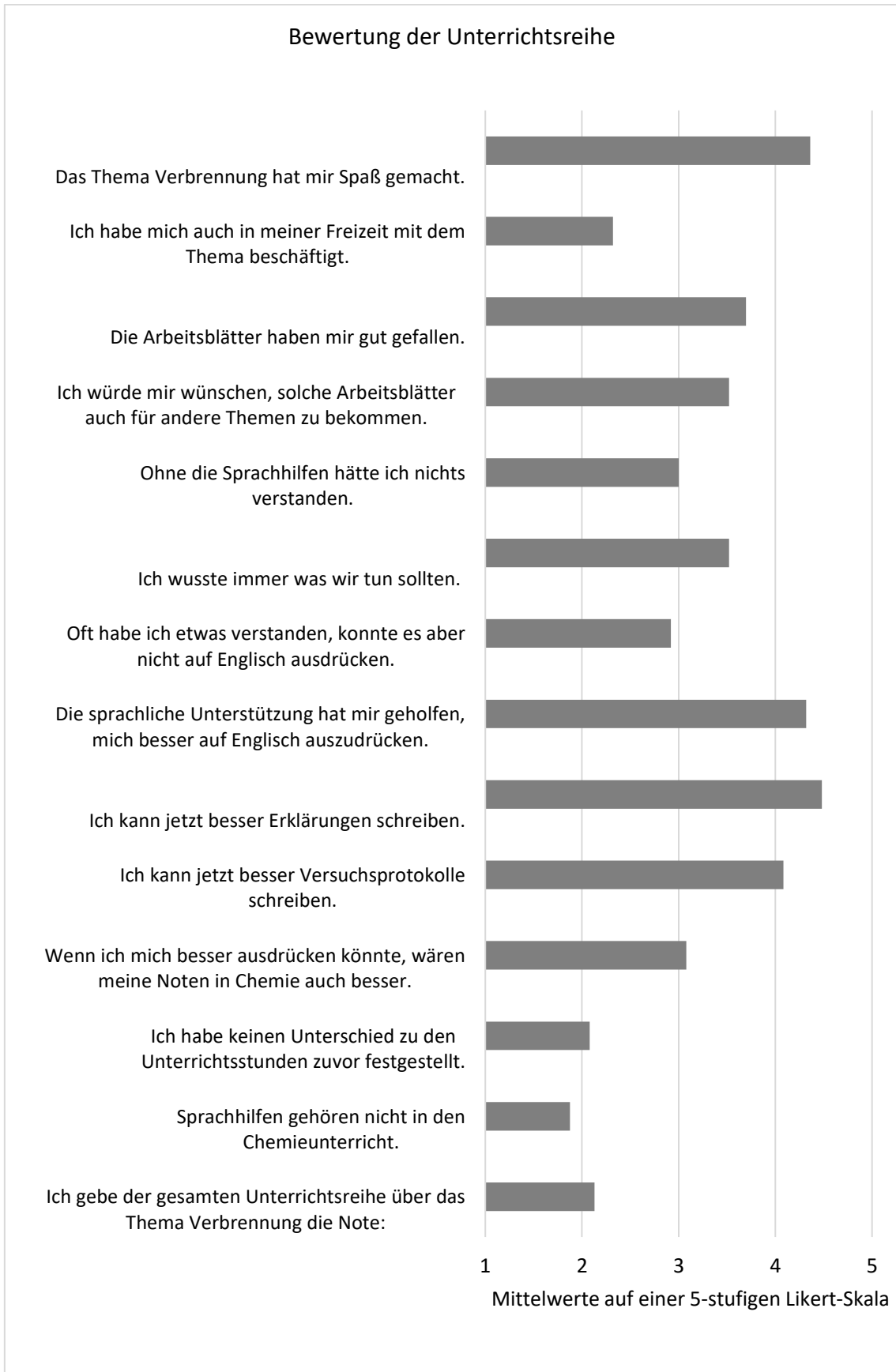


Abbildung 58. Ergebnisse zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Items 1-13 und 16) der Studie in der 6. Klassenstufe.

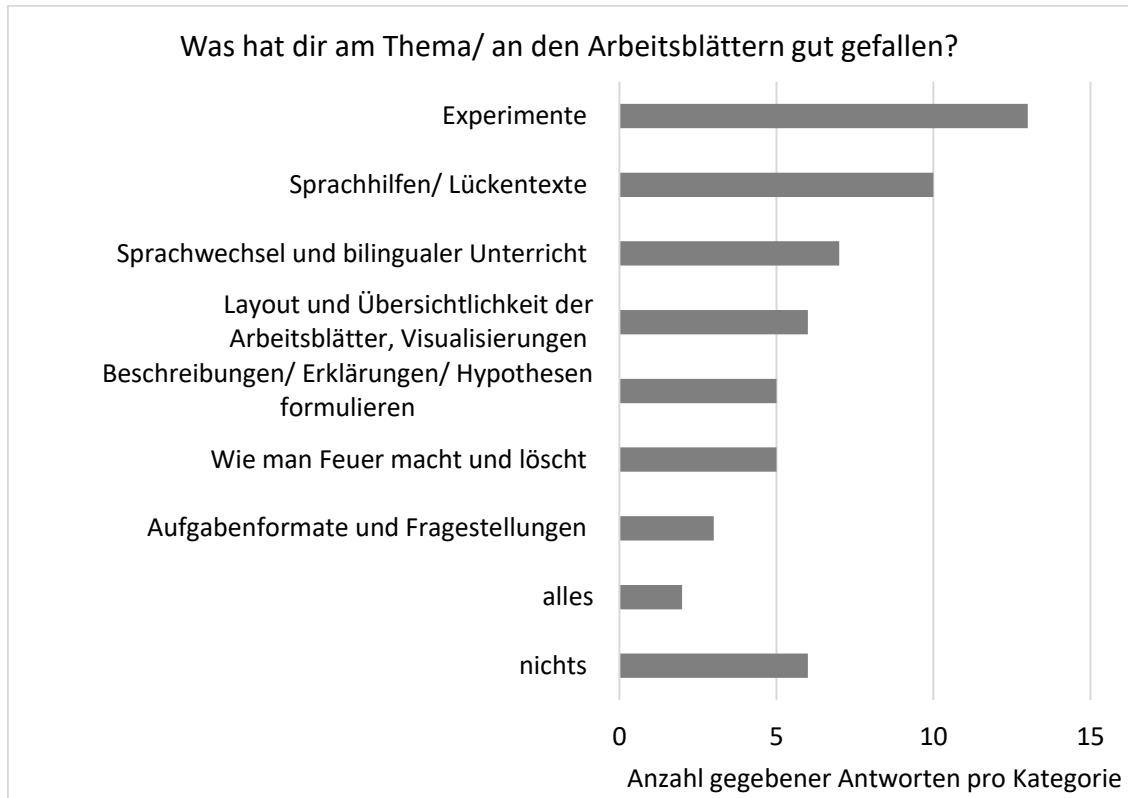


Abbildung 59. Ergebnisse zur Bewertung der Unterrichtsreihe (Items 14 und 15) der Studie in der 6. Klassenstufe.

7.3 Zusammenfassung der Studie in der 6. Klasse

Ziel der Studie in der sechsten Klassenstufe war es ebenfalls, den Mehrwert der entwickelten Lernmaterialien zum *Pluriliteracies Teaching for Deeper Learning* zu evaluieren. Aufgrund der fehlenden Vergleichsgruppe konnten lediglich prä-post Vergleiche aufgestellt werden. Diese bezogen sich auf die affektiven Komponenten der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie und Englisch, sowie die kognitiven Aspekte der Fachsprache und des Fachwissens. Es hat sich gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Unterrichtsreihe ihr Fachwissen und ihre Fachsprache signifikant verbessert haben. Das Selbstvertrauen in die eigene Leistung, gemessen anhand des *mean confidence accuracy quotient*, hat sich hingegen nicht signifikant verbessert.

Bezüglich der affektiven Merkmale ist zu sagen, dass diese nach der Intervention geringer ausfallen als zuvor. Zusammenhänge bestehen sowohl zwischen der Selbstregulation und der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung als auch zwischen dem Fachinteresse Chemie und der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung. Sowohl für das Fachinteresse Englisch als auch das Fachwissen und die Fachsprache bestehen keine signifikanten Korrelationen zu anderen Merkmalen.

Die Schülerinnen und Schüler bewerteten die Unterrichtsreihe insgesamt als positiv und haben den Einsatz der Sprachhilfen im Vergleich zum vorherigen Chemieunterricht erkannt und geschätzt.

8. Diskussion

Im Diskussionsteil der Arbeit sollen die wichtigsten Ergebnisse der drei durchgeführten Studien zusammengefasst präsentiert, sowie mit dem bisherigen Forschungsstand verglichen und in ihn eingeordnet werden. Daraus resultierende theoretische und praktische Implikationen werden im Anschluss daran diskutiert.

Ziel der Arbeit war es, neben der Entwicklung der Materialien nach den Prinzipien des pluriliteralen Lehrens und Lernens, diese auch hinsichtlich ihres Mehrwertes im Vergleich zum traditionellen Material bilingualen Chemieunterrichts zu evaluieren. Die Validierung des Modells erfolgte analog der vier zentralen Elemente des Modells, indem das Material die unabhängige Variable darstellte (entweder ein gezieltes Fachsprachentraining oder traditionell bilingualer Chemieunterricht) und die Auswirkungen auf die verbleibenden drei Dimensionen der Fachsprache, des Fachwissens und der affektiven Schülermerkmale als unabhängige Variablen betrachtet wurden. Neben den primären Effekten, die anhand von Veränderungshypothesen überprüft wurden, war auch der Zusammenhang *zwischen* den drei genannten Dimensionen von Interesse. Dieser wurde anhand von Korrelationsanalysen überprüft.

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

8.1.1 Beeinflusst eine gezielte Fachsprachförderung den Fachwissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler im (bilingualen) Chemieunterricht?

Zentrales Ziel der Untersuchung war es, die Entwicklung des Fachwissens in Abhängigkeit der Intervention zu überprüfen. Dazu wurde der Lernfortschritt anhand von Vorher-Nachher Vergleichen im Mehr³-Gruppen-Prä-Post-Designs ermittelt.

Die Untersuchung hat ergeben, dass alle Schülerinnen und Schüler der untersuchten Gruppen ihr Fachwissen im Laufe der Unterrichtsreihe signifikant verbessert haben. Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die mit dem speziell entwickelten Material zur Förderung vertiefter Lernprozesse und der Sachfachliteralität unterrichtet wurden, verzeichnen außerdem jeweils einen deskriptiv größeren Fachwissenszuwachs als ihre gleichaltrigen Mitschülerinnen und Mitschüler der Vergleichsgruppen.

Aufgrund der Neuartigkeit des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells gibt es diesbezüglich noch keine direkt vergleichbaren Ergebnisse. Die Vermutung eines positiven Zusammenhangs zwischen der Fachsprachförderung und der Entwicklung des Fachwissens ist aber naheliegend, da auch Özcan (2012) dies während ihrer Studie zur Fachsprachenschulung im Chemieunterricht festgestellt hat. Byrnes (2013) berichtet von einer Förderung der Fachsprache und einem damit einhergehenden Zuwachs aufgebauter Wissensstrukturen durch das Schreiben von Texten.

³ In der Orientierungsstufe gab es eine, in der Mittelstufe drei und in der Oberstufe zwei Gruppen.

Einfluss des Materials auf das Selbstvertrauen in die eigene Leistung

Das Selbstvertrauen in die eigene Leistung wurde anhand des *Confidence Accuracy Scores* nach Caleon und Subramaniam (2010) erfasst. Die Auswertung hat ergeben, dass die Versuchsgruppen ihre CAQ-Werte im Verlauf der Unterrichtsreihe verbesserten, wohingegen sich die Vergleichsgruppen am Ende der Unterrichtsreihe mit ihren Antworten unsicherer waren als zu Beginn der Studie. Da die Unterschiede weder zwischen den Gruppen noch im prä-post-Vergleich signifikant ausfallen, sind Hypothese 2_a und Hypothese 2_b zu verwerfen. Positiv ist festzuhalten, dass die CAQ-Werte der Versuchsgruppen im Verlauf der Unterrichtsreihe gestiegen sind und somit mit dem verstärkten Fachwissenszuwachs dieser Gruppen in Einklang stehen. Caleon und Subramaniam (2010) berichten von elf Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Zehn Prozent der untersuchten Zehntklässler kreuzten diese mit großer Sicherheit als vermeintlich richtig an. Da in den vorliegenden Studien kein dreigliedriges Auswertungsverfahren nach Korrektheit der Antwort, Güte der dazugehörigen Erklärung und dabei bestehendem Selbstvertrauen in die eigene Leistung verwendet wurde, sondern nur der erste und dritte Teil, kann keine Aussage über vorhandene Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler getroffen werden. Dies war aber auch nicht beabsichtigt, sondern der CAQ-Wert sollte lediglich als Indikator verwendet werden, wie tief die neu erlernten Inhalte im eigenen Wissensnetzwerk verankert sind. Es wird vermutet, dass die Sicherheit in die eigene Leistung größer ist, je tiefer diese Vernetzung stattgefunden hat. Studien, die dies im bilingualen Unterricht thematisieren und bestätigen, liegen nach den Erkenntnissen der Autorin bislang aber noch nicht vor.

8.1.2 Beeinflusst eine gezielte Fachsprachenförderung den Fachsprachenzuwachs der Schülerinnen und Schüler im (bilingualen) Chemieunterricht?

Neben dem Aufbau komplexer inhaltlicher Wissensnetzwerke chemischer Redox-Reaktionen stand besonders die Entwicklung der Fachsprache am Beispiel kausaler Erklärungen im Fokus der Untersuchung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Förderung der Fachsprache positive Auswirkungen auf die Entwicklung der Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler hat.

In der Orientierungsstufe zeichnet sich eine signifikante Verbesserung der Fachsprache mit einem starken Effekt ab. Inwiefern dieser Lernzuwachs tatsächlich aufgrund des entwickelten Materials zu Stande kam, kann nicht beantwortet werden, da für die Studie in der sechsten Klassenstufe keine Vergleichsgruppe akquiriert werden konnte.

Bezüglich der Studie in der Sekundarstufe I haben alle drei Gruppen ihre Fachsprache im Verlauf der Unterrichtsreihe verbessert. Die Schülerinnen und Schüler der beiden Versuchsgruppen, die mit dem pluriliteralen Material auf Deutsch bzw. Englisch unterrichtet wurden, verzeichneten zudem einen signifikant größeren Lernzuwachs. Es handelt sich dabei um einen starken Effekt.

Innerhalb der Sekundarstufe II nimmt die fachsprachliche Leistung der Vergleichsklasse ab, wohingegen die der Versuchsklasse zunimmt. Der Unterschied zwischen den beiden Klassen ist mit einer mittleren Effektstärke signifikant.

Zu den Fachsprachentests ist zu sagen, dass das Anforderungsniveau des Nachtests höher war als das des Vortests, wodurch die zeitliche Entwicklung etwas verzerrt dargestellt wird. Das bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler bei gleichbleibender Schwierigkeit einen größeren Lernfortschritt verzeichnet hätten, als es in der hier vorliegenden Untersuchung der Fall war. Selbst mit gestiegenen Anforderungen war die Versuchsgruppe im Stande, ihre fachsprachliche Leistung zusätzlich zu verbessern, wohingegen die Vergleichsgruppe diesen gestiegenen Anforderungen nicht gewachsen war. Dass die Fachsprachenförderung einen positiven Effekt auf die Performanz hat, stimmt mit den Ergebnissen von Rautenstrauch (2017) und Özcan (2012) überein. Özcan fand heraus, dass Schülerinnen und Schüler umso mehr von der Fachsprachenförderung profitieren, je höher ihre Kompetenz der jeweiligen Unterrichtssprache ist.

Bezüglich des Erklärens stimmen die Ergebnisse sowohl mit Putra und Tang (2016) als auch mit McNeill et al. (2006) und McNeill und Krajcik (2006) überein. Auch sie fanden heraus, dass sich durch eine explizite Förderung schriftlicher Erklärungen anhand von fading Scaffolds sowohl die Erklär-Kompetenz als auch das Inhaltsverständnis verbessern lässt. Schülerinnen und Schüler, die das Schreiben von Erklärungen kontextspezifisch gelehrt bekamen, lernten eher gute Erklärungen zu verfassen und ihre fachinhaltlichen Ergebnisse sind besser, als die der Vergleichsgruppe, die generische Strategien verwendete. McNeill und Krajcik (2006) sehen deshalb das Scaffolding schriftlicher Erklärungen als Hilfsmittel der Kognition und nicht nur der Verbalisierung an. Auch Odora (2014) hat herausgefunden, dass Schülerinnen und Schüler mehr dazulernen und in unbekanntem Situationen besser abstrahieren können, wenn Lehrer gute Erklärungen verwenden. Gut bedeutet in diesem Zusammenhang, dass einzelne Schritte oder kognitiven Prozesse auf dem Lösungsweg explizit gemacht werden und ihre Sinnhaftigkeit begründet wird.

Qualität und Komplexität der Erklärungen im quasi-Längsschnittvergleich

Neben der Betrachtung der Fachsprache im prä-post-Vergleich sollt außerdem ein quasi-längsschnitt-Vergleich der Erklär-Kompetenz in Abhängigkeit der Entwicklung der Schülerinnen und Schüler aufgestellt werden. Ein inferenzstatistischer Vergleich der drei Studien schien aus mehreren Gründen nicht zielführend. Dies lag daran, dass die Erklär-Aufgaben inhaltlich immer komplexer wurden, was sich sprachlich auch in der Art der Erklärung äußerte. Erklärungen der Sechstklässler waren monokausal. Siebt- und Achtklässler wurden dazu aufgefordert, multikausale Erklärungen anhand abstrakter Prinzipien zu formulieren und in der Sekundarstufe II wurde eine Mischung mehrerer Erklärungsarten abverlangt. In der sechsten Klasse wurden keine typisch chemischen Fachbegriffe verwendet, sodass die Fachsprache nicht bepunktet werden konnte.

Auf rein deskriptiver Ebene kann aber gesagt werden, dass Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II größtenteils wissenschaftlichere Erklärungen verfassen als Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I, die wiederum fundiertere Erklärungen verfassten, als Schülerinnen und Schüler der Orientierungsstufe. Konkret zeichnen sich diese komplexeren Erklärungen durch abstrakte Prinzipien, Fachbegriffe, kausale Konjunktionen und Begründungen aus. Schülerinnen und Schüler der sechsten Klasse verfassen hingegen Erklärungen, die besonders temporale Konjunktionen und Beobachtungen enthalten. Diese Ergebnisse stimmen mit der Studie von Weinrich und Talanquer (2016) überein, die herausgefunden haben, dass eine Entwicklung von monokausal linearen Erklärungen hin zu komplexen Erklärungen in Abhängigkeit der Expertise und des Entwicklungsstandes der Studentinnen und Studenten stattfindet. Zur Verdeutlichung soll dies anhand der folgenden drei Beispiele gegenübergestellt werden.

Erklärungen in der Orientierungsstufe

Anhand eines Triaden Tests sollten jeweils drei vorgegebene Worte in Form einer Erklärung miteinander in Verbindung gebracht werden. Häufige Fehler waren, dass die Begriffe ohne Sinnzusammenhang aneinandergereiht wurden (vgl. Bsp. 1), eine Verbindung nur zwischen zwei der drei Begriffe hergestellt wurde (vgl. Bsp. 2), oder die Erklärung keine kausalen Konjunktionen enthielt (vgl. Bsp. 3). Zur Verdeutlichung sind im Folgenden dazu drei Schülerantworten zu den Begriffen *blanket*, *oxygen* und *extinguisher* angegeben:

1. *Blaket extinmist oxygen.* (NaBeJu22)
2. *A blanket take away the oxygen. A blanket extinguisher a fire.* (RoDiIn26)
3. *The blanket taks away the oxygen. The blanket is a extinguisher. The extinguisher takes away the oxygen too.* (ViRePi11)

Volle Punktzahl gab es hingegen, wenn eine kausale Erklärung nach dem Schema aus Abbildung 60 unter Verwendung aller drei Begriffe, sowie geeigneten kausalen Konjunktionen, erfolgte. Eine mögliche Schülerantwort ist in Abbildung 61 zu erkennen.

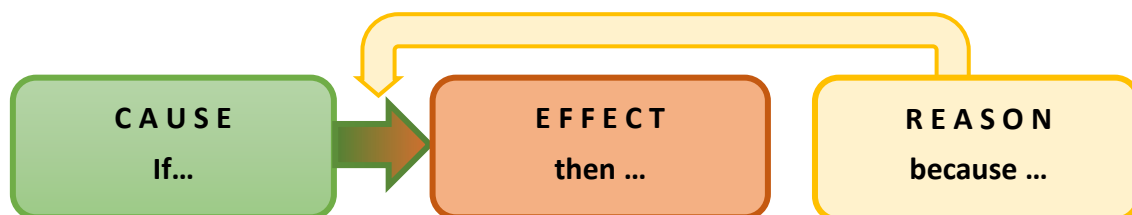


Abbildung 60. Schema zum Ursache-Wirkung-Zusammenhang zum Erklären kausaler Zusammenhänge.

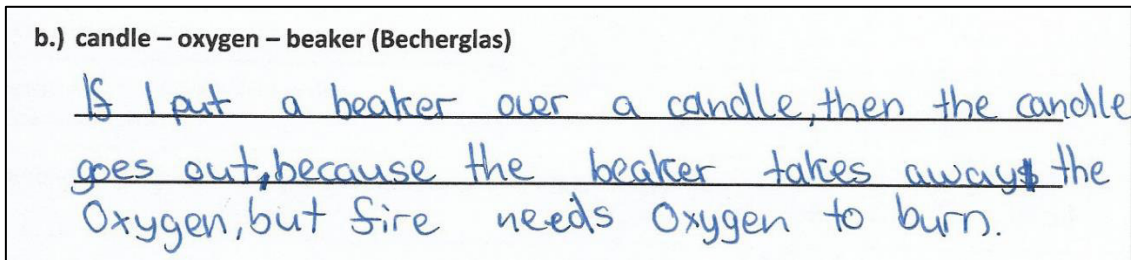


Abbildung 61. Schülerantwort im Triadentest zur Erklärung kausaler Zusammenhänge der Begriffe beaker, candle und oxygen.

Erklärungen in der Sekundarstufe I

Auch bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I gab es Antworten unsinniger Wortaneinanderreihungen, wie die folgenden beiden Beispiele verdeutlichen.

1. *Das Stahlprodukt Reduktion mit Sauerstoff, hierbei findet eine exotherme Reaktion statt. Dabei findet eine Aufnahme von Sauerstoff statt. Das ist ein natürlicher Prozess. In Folge ist die Reduktion von Sauerstoff, Metall und der Feuchtigkeit. Die Edukte dieses ganzen Prozesses ist, dass sich im Stahl produkt eine Bildung des Rost sich widerspiegelt. (KaPa22)*
2. *In general natural processes tend towards to their lowest energy states. The metals and oxides have a reduction or a oxidation. This is an endothermic or exothermic reaction. The reactants and products start to rust. (KaKo05)*

Wie diese Beispiele verdeutlichen, wurden weder Fachbegriffe korrekt verwendet noch Inhalte entsprechend kausal verknüpft. Wären hingegen die Fachbegriffe korrekt verwendet worden, so hätte die Kausalität auch indirekt hergestellt werden können, denn aus den Ausgangsstoffen/ Edukten lassen sich im Verlauf der chemischen Reaktion die Produkte darstellen. Die Kluft zwischen sehr guten und ungenügenden Erklärungen war bei den auf Deutsch und auf Englisch unterrichteten Schülerinnen und Schüler ähnlich groß. Im Vergleich zur Studie in der sechsten Klasse wurden bei den Erklärungen der Siebt- und Achtklässler teils weiterführende Beispiele gegeben, um die Erklärung anschaulicher zu gestalten. Die Qualität kausaler Konjunktionen verändert sich in diesen Klassen außerdem von simplen „if...then...because“ Strukturen hin zu „due to..., the effect is that...“ und „as a consequence...“. Hinzu kommen Verben, die implizit Kausalität verdeutlichen, wie zum Beispiel *to cause*, *to release*, oder *to form*. Außerdem konnten viele Schülerinnen und Schüler das PRO-Modell korrekt anwenden, wie in Abbildung 62 verdeutlicht ist.

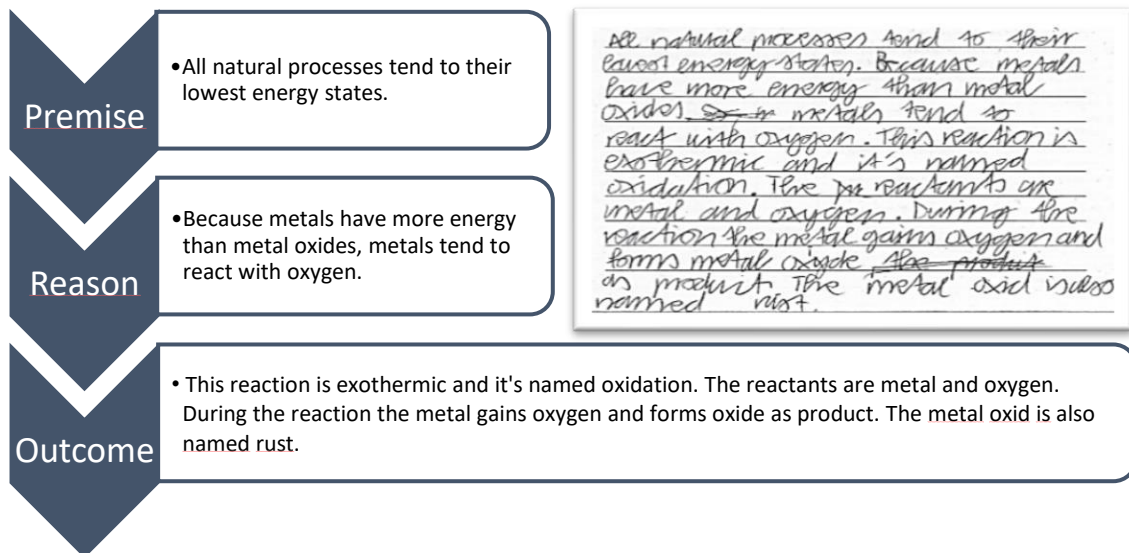


Abbildung 62. Schülerantwort zur Erklärung der Korrosion unter Verwendung des PRO-Modells.

Erklärungen in der Sekundarstufe II

Die nähere Betrachtung der Erklärungen in der Sekundarstufe II hat ergeben, dass die Qualität dieser sehr unterschiedlich ist. Es konnten sowohl inhaltlich wie auch sprachlich ungenügende, aber auch sehr elaborierte, komplexe und fachlich korrekte Erklärungen gefunden werden.

In Beispiel 1 ist zu erkennen, dass weder Fachbegriffe korrekt verwendet noch den formalen Anforderungen der englischen Sprache entsprochen, wurde. Des Weiteren ist diese Schülererklärung fachlich inkorrekt.

1. *Electrochemical double-layer is when you separate the solutions (like Bridge) so that zinc (Zn) react with H and gives 2 minus electrons, and Cu (copper) react with son, so it give 2 minus electrons and it will do the same thing until zinc cannot donate electrons anymore, then it will stop working. (NaJiKa09)*

Als positives Beispiel kann hingegen die Erklärung in Abbildung 63 betrachtet werden, in der das Daniell-Element unter Verwendung entsprechender Fachbegriffe korrekt erklärt wurde. Diese Schülererklärung ist eine Mischung aus mehreren Erkär-Typen. Der Aufbau der elektrochemischen Zelle wird anhand einer funktionalen Erklärung verständlich gemacht, das elektrochemische Gleichgewicht durch eine Worterklärung verdeutlicht und eine kausale Erklärung zeigt schließlich, wie die Umwandlung chemische in elektrischer Energie von Statten geht.

An electrochemical cell is divided in two parts with a diaphragm/ salt bridge, dividing it into two electrochemical half-cells. In each half cell there is a dynamic equilibrium, **which means that atoms turn into ions and ions into atoms causing** it to form an electrochemical double-layer. **Since** the zinc is a better reducing agent, it donates electrons making the zinc half-cell to form a bigger double layer. **Due to** the electric potential difference between the two half cells, there is a electron pressure when the electrodes are connected by an electric wire making a displacement reaction possible: copper-ions are reduced and the zinc is oxidized. (KeThEm22)

Funktionale Erklärung

Worterklärung

Kausale Erklärung
Ursache – Wirkung – Zsh.

dynamic equilibrium

potential difference

electron pressure

transfer of electrons and ions

chemical energy converted
into electrical energy

Abbildung 63. Schülererklärung des Daniell-Elements.

8.1.3 Hat die Unterrichtsmethodik und -didaktik des pluriliteralen Lehrens und Lernens im Vergleich zu der des bilingualen Sachfachunterrichts einen positiveren Einfluss auf die Veränderung affektiver Schülermerkmale?

Der prä-post-Vergleich affektiver Schülermerkmale hat ergeben, dass ein Großteil aller Schülerinnen und Schüler nach der Intervention eine geringere Fähigkeit zur Selbstregulation zu haben angibt, als es noch vor der Intervention der Fall war. Gleiches gilt für die schulische Selbstwirksamkeitserwartung und das Fachinteresse Englisch und Chemie. Davon abweichend gibt es lediglich zwei Ausnahmen.

Für die in der Mittelstufe unterrichteten Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe steigen die Selbstregulation und die Selbstwirksamkeitserwartung. Sie unterscheiden sich diesbezüglich aber nicht signifikant von den Schülerinnen und Schülern der beiden Versuchsgruppen, die mit dem Material zum pluriliteralen Lernen auf Deutsch oder Englisch unterrichtet wurden. Außerdem verzeichnet die Versuchsgruppe der Sekundarstufe II einen Zuwachs selbstregulativer Fähigkeiten und schulischer Selbstwirksamkeitserwartungen. Sie unterscheiden sich damit nicht signifikant von der Vergleichsgruppe. Bezüglich des Fachinteresses Englisch ist die Vergleichsgruppe nach der Intervention signifikant interessierter als die Versuchsgruppe.

Die Ergebnisse belegen, dass weder der traditionell bilinguale Chemieunterricht noch der nach den Merkmalen des pluriliteralen Lehrens und Lernens durchgeführte Chemieunterricht zur Verbesserung affektiver Merkmale beiträgt.

Die abweichenden Ergebnisse können zum einen darin begründet liegen, dass das Potential pluriliteralen Lehrens und Lernens durch das Material noch nicht optimal ausgeschöpft wurde, das Modell den Sachverhalt nicht korrekt widerspiegelt oder es schlicht und ergreifend sehr viel länger als die 24 Schulstunden der Intervention dauert, damit sich ein Deeper Learning Mindset im Sinne einer festen Überzeugung an den eigenen Erfolg und der Suche nach Herausforderungen einstellt. Letzteres wird durch die Untersuchung von Pellegrino und Hilton (2012) gestützt, die angeben, dass sich vertiefte Lernprozesse über mehrere Jahre oder sogar Jahrzehnte erstreckten. Otto (2007) versucht die selbstregulativen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern der vierten Klassenstufe mit Hilfe von standardisierten Lerntagebüchern zu fördern. Auch sie berichtet, wie in der vorliegenden Studie, von einer anfänglichen Abnahme dieser Fähigkeiten, woraufhin sich diese aber in den Versuchsgruppen langfristig signifikant verbesserten. Die indirekte Vermittlung selbstregulatorischer Inhalte war hingegen wenig effektiv. Da es sich bei der vorliegenden Studie nicht um eine explizite Förderung affektiver Merkmale handelt, kann geschlussfolgert werden, dass sich diese auch nach einer längeren Intervention nicht automatisch verbessert hätten, sondern expliziter Förderung bedürfen.

8.1.4 Welche Schülerinnen und Schüler profitieren am meisten von dem pluriliteralen Lernansatz?

Um die Frage nach dem lernförderlichen Potential des Materials auf individuelle Schülerinnen und Schüler beantworten zu können, wurden die mit dem pluriliteralen Lernmaterial unterrichteten Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I in jeweils drei Subgruppen eingeteilt. So konnten beispielsweise gering selbstregulierte mit stark selbstregulierten Schülerinnen und Schüler bezüglich der Entwicklung ihres Fachwissens und ihrer Fachsprache verglichen werden.

Die Auswertung hat ergeben, dass alle getesteten Gruppen signifikante Verbesserungen des Fachwissens und der Fachsprache im Laufe der Unterrichtsreihe verzeichnen. Auf die Entwicklung des Fachwissens hat die Ausprägung affektiver Merkmale keinen signifikanten Einfluss. Alle Schülerinnen und Schüler profitieren gleichermaßen vom pluriliteralen Unterricht, egal ob sie am Fach Chemie sehr interessiert sind oder nicht und ob sie eine hohe oder niedrige Selbstregulation und Selbstwirksamkeitserwartung aufweisen.

Die Verbesserung der Fachsprache ist bei Schülerinnen und Schülern, die sehr selbstreguliert arbeiten können und eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung im Lernprozess verspüren, signifikant höher, als bei Schülerinnen und Schülern, die diesbezüglich niedrigere Ausprägungen aufweisen.

Der Zusammenhang der Ausprägung schulischer Selbstwirksamkeitserwartung und der Fachsprachenentwicklung könnte darin begründet liegen, dass Schülerinnen und Schüler mit einer geringen Selbstwirksamkeitserwartung aus Angst vor Fehlern auf einfache

grammatikalische Konstruktionen und Alltagsbegriffe zurückgreifen, anstelle die eingeführten kausalen Erklärungsmuster und Fachbegriffe flexibel anzuwenden. Dies stimmt mit den Erkenntnissen von Rose und Martin (2012) überein, die beschreiben, dass bei einigen Schülerinnen und Schülern die Performanz aus Angst vor Fehlern eingeschränkt ist. Nach bisherigen Erkenntnissen können durch das Material zum pluriliteralen Lernen unterschiedliche Lernausgangsbedingungen nicht adäquat ausgeglichen werden. Ein Schwerpunkt zukünftiger Forschung sollte deshalb der Effekt bestimmter Differenzierungsangebote diesbezüglich sein.

8.1.5 Besteht ein positiver Zusammenhang zwischen der Entwicklung affektiver und kognitiver Merkmale?

Um eine Aussage über die Zusammenhänge einzelner Elemente des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells treffen zu können, wurden diese jeweils anhand von Korrelationsanalysen überprüft. Für die Studie in der Sekundarstufe I, an der $N = 152$ Schülerinnen und Schüler teilnahmen, korrelieren die affektiven Merkmale der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie untereinander im mittleren Maße signifikant. Für die kognitiven Merkmale der Fachsprache und des Fachwissens besteht im Vortest ein mittlerer und im Nachtest ein hoher Zusammenhang. Zwischen den affektiven und den kognitiven Merkmalen besteht im Vortest ein geringer und im Nachtest ein mittlerer Zusammenhang.

Für die Studie in der Sekundarstufe II mit insgesamt $N = 63$ Schülerinnen und Schülern besteht für die Selbstregulation und das Fachinteresse Chemie ein mittlerer bis hoher Zusammenhang mit der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung. Für das Fachinteresse Englisch gibt es bis auf eine Ausnahme mit der Selbstregulation im Vortest keine signifikanten, teils aber negative Korrelationen. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Sekundarstufe I konnte auch für die Sekundarstufe II ein mittlerer bis hoher Zusammenhang zwischen der Fachsprache und dem Fachwissen bestätigt werden. Korrelationen zwischen den affektiven und den kognitiven Merkmalen fielen hingegen nur in einem Drittel der Fälle signifikant aus.

An der Studie in der Orientierungsstufe nahm eine Schulklasse mit $N = 25$ Schülerinnen und Schülern teil. Die Korrelationsanalyse hat ergeben, dass die Selbstregulation und das Fachinteresse Chemie, wie für die Sekundarstufe II auch, mittelmäßig bis hoch mit der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung korreliert. Das Fachinteresse Englisch steht hingegen mit keinem anderen Konstrukt in einem signifikanten Zusammenhang. Sowohl die in den beiden anderen Studien bestätigten signifikanten Korrelationen zwischen dem Fachwissen und der Fachsprache als auch die Korrelationen zwischen den affektiven und den kognitiven Merkmalen konnten für die sechste Klasse nicht bestätigt werden. Grund dafür kann sein, dass die Probandenzahl sehr gering ist. In den anderen beiden Studien erwiesen sich alle postulierten Zusammenhänge als signifikant.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Özcan (2012) überein, da auch dort signifikante Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen, der Fachsprache, den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und den Schulnoten identifiziert werden konnten, wobei die Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen, der Fachsprache und der Chemienote am höchsten sind. Dass die Fachsprache höher mit der Schulnote in Englisch als mit der in Deutsch korreliert, sieht Özcan (2012) als Indikator dafür an, dass die chemische Fachsprache einen fremdsprachlichen Charakter aufweist.

8.1.6 Welche Einstellung haben Schülerinnen und Schüler gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht und der Fachsprachenförderung vor bzw. nach der Intervention?

Der Fragebogen zur Einstellung gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht wurde vor der Intervention nur an die Schülerinnen und Schüler der sieben und achten Klassenstufe verteilt, da in den anderen beiden Studien teilweise noch kein bilingualer Sachfachunterricht stattgefunden hat. Der Fragebogen hätte folglich keine validen Ergebnisse hervorgerufen.

Es konnte herausgefunden werden, dass die Schülerinnen und Schüler der Vergleichsgruppe zu Beginn der Studie angaben, bessere Lernstrategien zu besitzen und einen höheren Fachsprachenfokus im Unterricht zu erfahren. Die Ergebnisse würden in ihrem Unterricht überwiegend schriftlich festgehalten. Die Einstellung der Vergleichsgruppe gegenüber dem bilingualen Chemieunterricht war positiver als die der drei bilingual unterrichteten Versuchsgruppen. Prinzipiell geben alle vier Klassen an, häufig direkt auf Englisch zu denken und genauso viel zu verstehen wie im einsprachigen Chemieunterricht. Das eigene Verständnis im bilingualen Chemieunterricht wurde allerdings jeweils einen Punkt höher bewertet, als das der Mitschülerinnen und Mitschüler. Es wird einerseits das Potential des bilingualen Chemieunterrichts erkannt, andererseits aber auch ein zusätzlicher Arbeitsaufwand eingestanden, Texte mehrfach lesen zu müssen. Dies mache den Unterricht anstrengender, aber nicht notwendiger Weise interessanter.

Nach der Intervention wurden auch die auf Deutsch unterrichteten Klassen mit in die Befragung aufgenommen, da sie sich beispielsweise zu der Gestaltung der Arbeitsblätter oder den Sprachhilfen gleichermaßen äußern konnten. Die auf Deutsch unterrichtete Versuchsklasse 8G1 gibt an, am meisten von den Arbeitsblättern und den Sprachhilfen profitiert zu haben. Die unterrichtende Lehrerin dieser Klasse war maßgeblich an der Entwicklung der Materialien und Unterrichtskonzeption beteiligt, sodass sie genau wusste, wann und wie die Sprachhilfen einzusetzen sind. Die anderen Lehrkräfte gaben in der anschließenden Befragung an, dass sie das Thema der Redox-Reaktionen bisher anders unterrichtet haben und teilweise Schwierigkeiten hatten, sich neu in das Thema einzudenken.

Das geringste Problem mit der englischen Arbeitssprache hatte die Versuchsgruppe 7E, die auch die Sprachhilfen am meisten schätzen. Obwohl die Vergleichsklasse 7C keinen expliziten Fachsprachenfokus im Material verankert hatte und das Erklären nur implizit üben sollte, gab sie an, den größten Fachsprachenfokus gehabt zu haben. Während der Hospitationsphase konnte damit im Einklang stehend auch festgestellt werden, dass die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler stets dazu aufforderte, wie ein Chemiker zu denken und zu sprechen. Dieser Lehrer hat in der Studie der Sekundarstufe II die Versuchsklasse unterrichtet und folglich den Fachsprachenfokus verinnerlicht und unbewusst angewendet.

Bis auf die Klasse 8G3 finden es nach der Intervention alle Klassen leichter, sich fachsprachlich angemessen auszudrücken und dies, obwohl sie bis auf die Klasse 7B angeben, weniger auf die Fachsprache geachtet zu haben. Zwei der drei Versuchsklassen geben außerdem an, nach der Intervention Fachtexte besser verstehen zu können, wohingegen die auf Englisch unterrichtete Vergleichsgruppe ihre Kompetenzen nun geringer einschätzt.

Im Nachtest wurde auch in der sechsten Klasse der Fragebogen eingesetzt, um zu erfahren, wie Schülerinnen und Schüler den bilingualen Chemieunterricht nach den Prinzipien des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells einschätzen, obwohl ihre sprachlichen und fachlichen Kenntnisse im Vergleich zu den anderen Klassenstufen noch sehr gering sind. Sie gaben an, dass sie die Sprachhilfen als sehr positiv empfanden und durch sie jetzt besser Erklärungen schreiben können als zuvor. Nicht nur für den Chemieunterricht, sondern auch für andere Fächer würden sie sich solche Materialien wünschen, da diese strukturiert, übersichtlich und ansprechend gestaltet waren. Das Thema der Verbrennung und die vielen praktischen Experimente haben den Schülerinnen und Schülern besonders viel Spaß gemacht. Insgesamt wurde der Unterrichtsreihe die Note 2.1 vergeben.

8.2 Grenzen der vorliegenden Studien

Das folgende Kapitel befasst sich mit den Grenzen der vorliegenden Arbeit. Zum einen sollen diesbezüglich das Design und die verwendeten Messinstrumente diskutiert werden. Zum anderen soll auf die entsprechenden Gütekriterien und Rahmenbedingungen eingegangen werden, um eine Aussage über die Qualität erhaltener Ergebnisse treffen zu können.

8.2.1 Design

Bezüglich des Designs soll auf den unterschiedlich großen bzw. zu kleinen Stichprobenumfang, den ausbleibenden Follow-up Test und eine weitere Vergleichsgruppe eingegangen werden, der ebenfalls ein Potential zum Anregen vertiefter Lernprozesse nachgesagt wird.

Stichprobengröße und Zusammensetzung der Versuchs- und Vergleichsgruppen

Das Design der Studien war für alle Studien ein Zwei- bzw. Drei-Gruppen-Prä-Post-Design mit Ad Hoc Stichproben. Da sich die Akquirierung der Versuchspersonen in der Praxis allerdings als äußerst schwierig erwies, gab es für die Studie in der Orientierungsstufe keine Vergleichsgruppe. Für die Studien in den Sekundarstufen I und II waren die Vergleichs- und Versuchsgruppen zum einen unterschiedlich groß und zum anderen nicht ausreichend groß. So konnte in der Sekundarstufe II die Hypothese nach dem Nutzen des Materials für einzelne Schülerinnen und Schüler nicht getestet werden, denn die neu gebildeten Subgruppen wären kleiner als $N = 15$ gewesen. Dies ist für eine Varianzanalyse nicht ausreichend (Cohen, 1988). Da die Gruppengröße auch einen Einfluss auf die statistische Power eines Tests und die Signifikanz hat, sind die Ergebnisse der Pearson Korrelation in der Orientierungsstufe mit $N = 25$ Schülerinnen und Schülern nur bedingt aussagekräftig.

Follow-up Test

Die lernförderliche Wirkung vertieften Lernens liegt neben der stärkeren horizontalen und vertikalen Vernetzung der Inhalte folglich auch darin, dass Inhalte schneller, flexibler und über einen längeren Zeitraum abrufbar sind (Pellegrino & Hilton, 2012). Aus diesem Grund ist für zukünftige Forschungen dringend ein Follow-Up-Test anzuraten. Dieser könnte Auskunft darüber geben, inwiefern die Inhalte auch nach einigen Wochen oder Monaten noch verfügbar sind. In den vorliegenden Studien kann diesbezüglich keine Aussage getroffen werden, ob die Unterschiede im Fachwissen und der Fachsprache zwischen den Versuchs- und Vergleichsgruppen auch nach der Intervention noch fortbestehen, sich ausgleichen oder gar größer werden. Letzteres wäre wünschenswert, da das Initiieren vertiefter Lernprozesse zeit-, material- und planungsintensiver ist. Bezüglich des Fachwissens konnten in den drei durchgeführten Studien keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchs- und Vergleichsgruppen gefunden

werden, wobei bei der rein deskriptiven Betrachtung die Mittelwerte der Versuchsgruppen jeweils höher waren. Ein Follow-Up-Test nach der nächsten Unterrichtsreihe würde auch insofern sinnig sein, als dass vertieftes Lernen definitorisch einen Transfer erlernter Sachverhalte, Prinzipien und Strategien auf ein neues Problemfeld bedeutet. Die Posttests der drei durchgeführten Studien bezogen sich allerdings alle sehr stark auf bereits besprochene Inhalte, sodass den Schülerinnen und Schülern in diesem Zusammenhang nur naher und kein ferner Transfer abverlangt wurde.

Nichterfassen aller relevanter Konstrukte

Neben der nicht erfassten Langzeitwirkung muss außerdem angemerkt werden, dass aus ökonomischen Gründen und Gründen der Zumutbarkeit, einige Fragebogen weggelassen werden mussten, um die Erhebungszeiträume auf jeweils zwei Unterrichtsstunden begrenzen zu können. Folglich wurden nicht alle Dimensionen des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells erfasst. Auf Fragebögen zur Motivation, den metakognitiven Kompetenzen und des (Peer-)Feedbacks musste verzichtet werden. Daraus ergibt sich, dass innerhalb der Korrelationsanalysen nicht der Zusammenhang des kompletten Modells validiert werden konnte, sondern nur einige Aspekte betrachtet wurden.

Zusätzliche Vergleichsgruppe zur Initiierung vertiefter Lernprozesse

Neben der geringen Stichprobengröße und der fehlenden Vergleichsgruppe in der Orientierungsstufe wird die Aussagekraft der Ergebnisse außerdem dahingehend eingeschränkt, dass lediglich das pluriliterale mit dem traditionell bilingualen Material verglichen wurde. Zentral wäre aber auch gewesen, herauszufinden, welchen Effekt das Material im Vergleich zu anderen Methoden hat, denen ebenfalls ein Potential zum Anregen vertiefter Lernprozesse zugesprochen wird. In zukünftigen Studien muss deshalb das pluriliterale Lehr-Lern-Konzept mit Methoden wie dem projektbasierten Lernen, dem flipped classroom oder iPad Klassen verglichen werden.

Das lernförderliche Potential des projektbasierten Lernens (Pellegrino & Hilton, 2012) liegt beispielsweise darin begründet, dass Schülerinnen und Schüler reale Probleme von hohem persönlichem Interesse handlungsorientiert und in Kleingruppen eigenständig lösen. Dadurch ist eine hohe intrinsische Motivation gegeben. Die Schülerinnen und Schüler verbessern im Lernprozess ihre selbstregulativen Fähigkeiten und stärken ihre Selbstwirksamkeit bei erfolgreichem Lösen des Problems. Da Absprachen in der Gruppe getroffen werden müssen und über den Lerngegenstand diskutiert wird, findet zugleich eine natürliche Verschmelzung von Sprache und Inhalt statt. Schließlich werden dadurch inter- und intrapersonellen, sowie metakognitiven Kompetenzen gefördert (Pellegrino & Hilton, 2012).

Im flipped classroom übernehmen die Schülerinnen und Schüler viel Eigenverantwortung und es kommt durch das eigenständige Erklären (Lachner, Ly & Nückles, 2018) zu einer aktiven Vernetzung der Lerninhalte mit der entsprechenden Fachsprache.

Mit Hilfe von iPads oder Laptops könnte die Überarbeitung eigener Texte zeiteffizient umgesetzt werden. Die Lernprodukte können mit anderen geteilt und von ihnen gewürdigt werden. Des Weiteren ist die Verschmelzung zahlreicher Medien und Darstellungsformen um ein Vielfaches einfacher. Da es sich bei chemischen Texten um diskontinuierliche Texte mehrerer Darstellungsformen handelt, könnten Videos eines Versuches mit in das Protokoll angeheftet oder die Versuchsbeobachtung anhand eines Fotos genau dokumentiert werden. 3-D Modelle, sowie IR- oder NMR-Spektren können zum einen nur schlecht von Hand gezeichnet werden und bleiben zum anderen in digitaler Form editierbar, sodass hineingezoomt oder weitere Informationen angefügt werden könnten.

Zusätzliche Vergleichsgruppe zum Erlernen schriftlicher Erklärungen

Neben dem Vergleich, wie vertieftes Fachlernen noch durch andere Methoden hätte erreicht werden können, ist es des Weiteren auch notwendig herauszufinden, ob das Schreiben wissenschaftlicher Erklärungen auf eine andere Art und Weise effektiver erlernt werden kann. So hat Tang (2015) den Unterschied zwischen nachlassenden Hilfestellungen, den sogenannten Scaffolds, und gleichbleibenden Hilfestellungen untersucht. In der vorliegenden Arbeit wurde getestet, ob es einen Unterschied macht, wenn kausale Erklärungen explizit eingeführt und geübt werden, oder diese direkt eigenständig verwendet werden sollen. Diesbezüglich war es schwer, entsprechendes Vergleichsmaterial zu erstellen, da es moralisch nicht vertretbar ist, einer Gruppe absichtlich qualitativ schlechteres Material zur Verfügung zu stellen. Aus diesem Grund erhielt die Vergleichsgruppe trotzdem Hilfestellungen in reduzierter Form.

Daraus kann geschlossen werden, dass ein Mehr-Gruppen-Prä-Post-Design nicht unbedingt zielführend ist, sondern aus jetziger Sicht das sogenannte Design Based Research erfolgsversprechender erscheint. Anhand mehrerer Erprobungszyklen könnten so verschiedene Methoden und Medien auf ihre Effektivität hin überprüft werden, um daraus schließlich ein „best practice“ Material entwickeln zu können. Das würde auch das feine Justieren mehrerer Stellschrauben ermöglichen, anstelle den Schülerinnen und Schülern eine fertige Sammlung aus Methoden und Aufgaben vorzulegen, ohne genau zu wissen, welche davon für welche Schülerinnen und Schüler effektiv sind und welche nicht.

8.2.2 Eingesetzte Messinstrumente zur Erfassung der Fachsprache

Bezüglich der eingesetzten Messinstrumente wird die Aussagekraft der Studien besonders durch den entwickelten Fachsprachentest begrenzt. Gründe dafür sind der generelle Aufbau des Tests, seine Auswertung, sowie der mangelnde Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien.

Unterschiedliche Aufgaben zur Erfassung der Fachsprache im Vor- und Nachtest

Zur Erfassung der Fachsprache wurden verschiedene Testaufgaben entwickelt, die es durch Ankreuzen, zu Ende Schreiben von Satzanfängen oder dem Formulieren ganzer Fließtexte zu beantworten galt. Ziel dabei war es, zum einen deklaratives Wissen über die Merkmale und die Struktur wissenschaftlicher Erklärungen abzufragen und zum anderen zu erkennen, inwiefern diese sinnstiftend zur Erklärung von Sachverhalten aktiv eingesetzt werden können. Verglichen mit dem Vortest wurde im Nachtest eine andere Schreibaufgabe verwendet. Die anderen beiden Aufgabenformate blieben gleich. Grund dafür war, dass noch kein Fachwissen vorausgesetzt werden konnte, sodass die Schülerinnen und Schüler aufgrund mangelnden Fachwissens an der Schreibaufgabe sonst gescheitert wären. Problematisch an dieser Herangehensweise ist allerdings, dass die Aufgabenschwierigkeit variiert und Rohpunkte des Vor- und Nachtest strenggenommen nicht miteinander verglichen werden können. Dies war besonders auffällig für die Studie in der Sekundarstufe II, da die Vergleichsgruppe im Nachtest durchschnittlich sogar weniger Punkte erreichte als im Vortest. Aus diesem Grund wird die tatsächliche Entwicklung der Fachsprache verzerrt dargestellt. Da es aber hauptsächlich um den Vergleich der Versuchs- und Vergleichsgruppe geht, können die Testergebnisse diesbezüglich herangezogen werden.

Auswertung der Fachsprachentests anhand des entwickelten Bewertungsrasters

Neben den Abänderungen des entwickelten Bewertungsrasters und der sehr zeitintensiven Bewertung der Texte anhand dessen, ist als großes Manko der Studie die fehlende Inter-Rater-Reliabilität anzufügen. Inter-Rater-Reliabilität bedeutet, dass ein Text von zwei unabhängigen Personen bewertet wird. Von diesem Vorgehen wurde allerdings, wie auch in Brown (2005), abgesehen, da die Entwicklung des Rasters zunächst im Vordergrund stand und eine Einweisung weiterer Personen während dieses Entwicklungsprozesses zunächst nicht möglich war. Als alle Texte einmal bewertet waren und das endgültige Raster vorlag, wurden alle Texte nach drei Wochen im Sinne einer Intra-Rater-Reliabilität von der Autorin noch einmal nach den endgültigen Kriterien und Abstufungen überprüft. Bei abweichenden Punktzahlen wurde der Wert der zweiten Bewertung verwendet.

Ausbleibender inferenzstatistischer quasi-Längsschnittvergleich der Erklärungen

Der angestrebte quasi-Längsschnitt Vergleich der freien Schreibaufgaben zwischen den Klassenstufen konnte nicht inferenzstatistisch erfolgen, da die Bepunktung zu unterschiedlich war. Die Aussage über die Erklär-Kompetenz in Abhängigkeit des Entwicklungsstandes der Schülerinnen und Schüler basiert deshalb nur auf einer deskriptiven Analyse. Aussagen wie *„In der Sekundarstufe I werden signifikant mehr kausale Konjunktionen verwendet als in der Orientierungsstufe“* sind aus diesem Grund nicht zulässig, auch wenn während der Analyse der Eindruck entstand.

So wie die Ergebnisse der drei Studien dieser Arbeit nur geringfügig miteinander verglichen werden können, ist auch ein Vergleich mit Studien anderer Autoren nur eingeschränkt möglich. Dies liegt daran, dass jeweils andere Erklär-Aufgaben gestellt werden und zu Bewertung dieser Schülererklärung andere Bewertungsraster herangezogen wurden.

Für die Schülerinnen und Schüler unbekannte Testformate

Die Testformate waren für die Schülerinnen und Schüler neu, sodass sie trotz ausführlicher Erklärung beim Ausfüllen der Fragebögen nochmal darauf hingewiesen werden mussten, dass beispielsweise alle drei Erklärungen in Aufgabe acht korrekt waren, sie lediglich die Aussage markieren sollten, die das Genre einer wissenschaftlichen Erklärung am besten bediente.

Aufteilung in Fachsprachen- und Fachwissenstest

Ein ganz zentrales Problem an der Unterteilung der Vor- und Nachtests in Fachwissens- und Fachsprachentest ist, dass, wie im Theorieteil bereits ausführlich diskutiert wurde, die Trennung in Fachwissen und Fachsprache weder tatsächlich möglich, noch als sinnvoll, erachtet wird (vgl. Coetzee-Lachmann, 2007).

Auch wenn den Schülerinnen und Schülern für die schriftliche Erklärung Hilfestellungen in Form von Visualisierungen und zentralen Begriffen zur Verfügung gestellt wurden, kann der Sachverhalt beispielsweise nicht ausführlich erklärt werden, wenn nicht zumindest ein grundlegendes Verständnis über diesen besteht. Punktzahlen gab es folglich nicht für das reine Nennen von Fachbegriffen, sondern mussten diese korrekt verwendet werden.

8.2.3 Validierung der Erhebungsinstrumente

Zur Validierung einzelner Erhebungsinstrumente werden im Folgenden die Ergebnisse der Reliabilitäts- und Schwierigkeitsanalysen einzelner Fragebögen affektiver und kognitiver Schülermerkmale zusammenfassend vorgestellt und diskutiert.

Reliabilitäten der Skalen affektiver und kognitiver Schülermerkmale

In der Pilotstudie wurden nur für ein Drittel der Skalen mittlere Reliabilitäten erreicht und ein weiteres Drittel der Skalen befand sich lediglich über dem Grenzbereich von .70. Durch Anpassungen der Fragebögen und Instruktionen während der Erhebungen konnten diese Werte in den Hauptstudien ausreichend verbessert werden. Für die Studien in der Sekundarstufe I und II besteht für alle Skalen eine ausreichende bis mittelmäßige Reliabilität. Lediglich für die Studie in der Orientierungsstufe liegen einzelne Skalen (kognitive Fähigkeiten, gefühlsbezogene Komponente des Fachinteresses Chemie, Bewertung der Unterrichtsreihe) noch unter diesem Schwellenwert. Es wird angenommen, dass die jüngeren Schülerinnen und Schüler mit diesem Fragebogenformat

noch nicht vertraut waren und trotz gegebener Beispiele Probleme beim Ausfüllen des Fragebogens hatten. Da es in der Orientierungsstufe nur eine Versuchsklasse gab und die Fragebögen kognitiver Fähigkeiten nicht zum Vergleich verschiedener Gruppen herangezogen wurden, hatten die geringen Reliabilitäten keinen Einfluss auf eine verminderte Aussagekraft generierter Daten. Alle Skalen, die zum Vergleich verschiedener Gruppen, sowie zur Überprüfung der Zusammenhänge einzelner Konstrukte verwendet wurden, wiesen hinreichende Reliabilitäten auf.

Schwierigkeitsanalyse der Fachwissens- und Fachsprachentests

Auch für die Fachwissens- und Fachsprachentest konnten Verbesserungen bezüglich der Güte der Tests im Vergleich zur Pilotstudie festgestellt werden. Anstelle der nicht auswertbaren Fachsprachentests in der Pilotierung, sowie einer geringen Trennschärfe der Fachwissenstests, konnten für die Hauptstudien Verbesserungen auf Basis der minimalen und maximalen Ausprägung der Antwortmöglichkeiten, der Trennschärfe und der Item-Schwierigkeit festgestellt werden. Die Item-Schwierigkeiten liegen überwiegend im mittleren Bereich. Items, die im Vortest zu schwer waren, konnten im Nachtest größtenteils korrekt beantwortet werden. Im Nachtest sind aufgrund des Lernzuwachses mehr Items zu leicht, als es für den Vortest noch der Fall war. Die Trennschärfe liegt überwiegend im mittleren bis hohen Bereich, was bedeutet, dass die verwendeten Items zur Diagnostizierung von Leistungsunterschieden innerhalb der Gruppen geeignet sind. Der Erwartungshorizont war angemessen, vereinzelt wurden Zusatzpunkte verteilt.

Positiv ist für den Fachsprachentest festzuhalten, dass mit dem revidierten Bewertungsraster alle Texte entsprechend ausgewertet werden konnten und alle Abstufungen einzelner Kategorien Verwendung fanden.

8.2.4 Gütekriterien

Auch die Gütekriterien haben einen Einfluss auf die Aussagekraft und Verallgemeinerbarkeit der empirischen Ergebnisse. Diesbezüglich soll auf die Durchführungsobjektivität, die interne und externe Validität, sowie die Inhaltsvalidität eingegangen werden.

Durchführungsobjektivität

Bezüglich der Durchführungsobjektivität ist zu sagen, dass die Autorin aus organisatorischen Gründen nicht zu jedem Erhebungszeitpunkt aller Klassen anwesend sein konnte. Aus diesem Grund wurden die teilnehmenden Lehrkräfte entsprechend instruiert und die Fragebögen enthielten alle wichtigen Instruktionen auf dem Deckblatt bzw. in der jeweiligen Aufgabenstellung. Trotzdem kann nicht komplett ausgeschlossen werden, dass die Bedingungen der Klassen unterschiedlich waren.

Interne Validität

Zur internen Validität ist zu sagen, dass alle Schülerinnen und Schüler zwar gleich viel Zeit zum Ausfüllen der Fragebögen hatten, aber ein Unterschied im Erhebungszeitraum bestand. Einige Klassen haben den Nachtest direkt vor den Sommerferien bzw. vor den Weihnachtsferien geschrieben, was die Konzentration und Motivation sichtlich beeinflusste. Diese Klassen waren während der Bearbeitung der Tests unruhiger und gaben etwas früher ab.

Auch wenn die Vergleichbarkeit der Klassen anhand der Schulnoten, kognitiven Kompetenzen und den Vortests versucht wurde zu kontrollieren, bleibt im Verlauf der Reihe der nicht zu vernachlässigende Effekt der Lehrkraft unkontrolliert. Die Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I stammen aus zwei verschiedenen Klassenstufen. Sie sind laut Aussagen der Lehrkräfte zwar inhaltlich auf dem gleichen Stand, allerdings in ihrer Entwicklung altersbedingt unterschiedlich, was beispielsweise elaboriertere metakognitive Fähigkeiten zur Folge haben könnte.

In der Sekundarstufe II beeinflussen die unterschiedlichen Vorerfahrung mit dem bilingualen Chemieunterricht eventuell die interne Validität. Eine Klasse kam erst mit Beginn der Studie mit dem bilingualen Chemieunterricht in Berührung. Aus dem Grund fand die Auswertung dieser Klasse zunächst separat statt, konnte dann aber mit der anderen Versuchsklasse zusammengefasst werden, da sich ihre Leistungen nicht signifikant voneinander unterschieden.

Inhaltsvalidität

Die Inhaltsvalidität wurde versucht durch Schulbücher, aktuelle Lehrpläne und Rückmeldungen teilnehmender Lehrkräfte sicherzustellen. Anzumerken ist allerdings, dass keine externen Gutachter zur Beratung herangezogen wurden, wie beispielsweise Fachdidaktik Professoren oder externe, nicht in die Studien involvierte, Lehrkräfte.

Externe Validität

Die externe Validität gibt Auskunft darüber, inwiefern die Ergebnisse der vorliegenden Stichprobe auf andere Gruppen übertragbar sind. Da die Arbeit einen explorativen Charakter mit dem vorrangigen Ziel hat, das pluriliterale Lehr-Lern-Modell anhand der entwickelten Materialien von der Theorie in die Praxis zu übertragen und zu evaluieren, ist es zunächst nicht notwendig, die gewonnenen Ergebnisse auf andere Lerngruppen übertragen zu können. Das auf die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler zugeschnittene Material ist nicht zum direkten Einsatz in anderen Lerngruppen und für andere Themengebiete geeignet. Von den zentralen Merkmalen und Sprachmustern, die der Entwicklung der Materialien zugrunde lagen, wird allerdings angenommen, dass diese auch für andere Themen und eventuell Unterrichtsfächer eine gute Planungsgrundlage bieten können. Je nach Fachkultur muss die zu schulende Fachsprache angepasst werden.

8.3 Theoretische und praktische Implikationen

Das folgende Kapitel befasst sich mit den theoretischen und praktischen Implikationen der empirischen Studien. Die Gliederung dieses Kapitels ist am theoretischen Hintergrund der Arbeit orientiert, sodass auf alle vier Lerndimensionen des pluriliteralen Lehr-Lernmodells eingegangen wird.

8.3.1 Der Einfluss der Fachsprache und der Fachinhalte auf vertiefte Lernprozesse

Neu an der vorliegenden Studie war, dass die Fachsprachenschulung mit der des Fachwissens zeitgleich erfolgte und zudem in zwei Sprachen ablief. Vorherige Studien und Autoren beschränken sich diesbezüglich auf eine Art Methodenschulung, die dem Fachlernen voran- bzw. nachgestellt ist (vgl. Leisen, 2010; Özcan, 2012). Des Weiteren wurde der Versuch unternommen, die Fachsprachenschulung mit Methoden zur Förderung vertiefter Lernprozesse zu verbinden. Somit handelt es sich um einen sehr wichtigen und wertvollen Baustein für die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern, die lebenslang selbstständig und in mehreren Sprachen komplexe Zusammenhänge verstehen und neues Wissen generieren müssen.

Die theoretische Implikation der vorliegenden Arbeit liegt folglich in der Validierung des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells. Ausgehend von der Art der Unterrichtsmethodik und Didaktik konnten signifikant höhere Verbesserungen der Fachsprache im Vergleich zum herkömmlichen bilingualen Chemieunterricht erreicht werden. Für die Entwicklung des Fachwissens hat sich für die untersuchten Lerngruppen eine Besserleistung der Versuchsgruppen abgezeichnet, diese war allerdings nicht signifikant. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass sich durch die Art der Intervention die beiden Kontinua des Fachwissens und der Fachsprache gezielt beeinflussen lassen. Diese Annahmen müssen allerdings noch durch weitere Studien gestützt werden.

Die praktischen Implikationen beziehen sich auf die Umsetzung des PRO-Modells hinsichtlich der Reihenfolge einzelner Schritte und dem zu schnellen Wechsel von der Alltags- in die Fachsprache. Das PRO-Modell widerspricht mit seinen Schritten *Principle*, *Reason* und *Outcome* strenggenommen der Reihenfolge eines Versuchsprotokolls, anhand dessen mit Hilfe spezifischer Erkenntnisse allgemeine Regeln, Definitionen und Reaktionsgleichungen formuliert werden. Aus diesem Grund mag diesbezüglich zunächst das POE-Modell (*Predict-Observe-Explain*) von Liew und Treagust (1995) und Treagust, Mthembu und Chandrasegaran (2014) zum Aufbau von Konzepten geeigneter sein, da aufgestellte Hypothesen anhand von Versuchsbeobachtungen überprüft und erklärt werden. Dabei sind die Vorerfahrungen immer zentraler Bestandteil der Hypothesenbildung. Formulierungs- und Konzeptualisierungs-

helfen, wie in Connolly, Meyer und Huwer (2018) beschrieben, unterstützen die Schülerinnen und Schüler im Erklär-Prozess und vermeiden eine kognitive Überforderung. Für das anschließende Üben und Transferieren der Erkenntnisse auf neue Problemsituationen ist das PRO-Modell wiederum sehr effektiv. Ausgehend von dem – nun bekannten – abstrakten Prinzip können andere Sachverhalte überzeugend und effektiv anhand des Schreibmusters erklärt werden.

Bezüglich des Wechsels von der Alltags- oder Schülersprache hin zur Fachsprache ist zu sagen, dass zu schnell fachsprachliche Erklärungen eingefordert wurden, obwohl der kontinuierliche Übergang essentiell für das Verständnis ist (Wagenschein, 1970). In dem Material der vorliegenden Studie wurden oft keine Zwischenschritte eingefordert, sodass einige Schülerinnen und Schüler die Fachsprache entweder nicht korrekt anwenden konnten oder aber die anzuwendenden Chunks unreflektiert aneinandersetzten. Wird sich hinter komplexen Fachbegriffen versteckt ohne diese richtig verstanden zu haben (Brown, 2005), kann die Fachsprache sogar hinderlich für ein vertieftes Verständnis der Fachinhalte sein. Zur schrittweisen Überarbeitung der eigenen Texte scheint die Vorgehensweise von Polias (2016) hingegen vielversprechend. Abbildung 64 verdeutlicht, wie eine schrittweise Progression der Fachsprache – mit entsprechender Hilfestellung – erreicht werden kann.

It is this small, manageable increase in demand on the language user that functions as a macro-scaffold. [...] The language resources needed to write these generalisations [...] are, as the register continuum outlines, not developed in everyday communication and, hence, there is a need for a macro-scaffold. (Polias, 2016, S. 81)

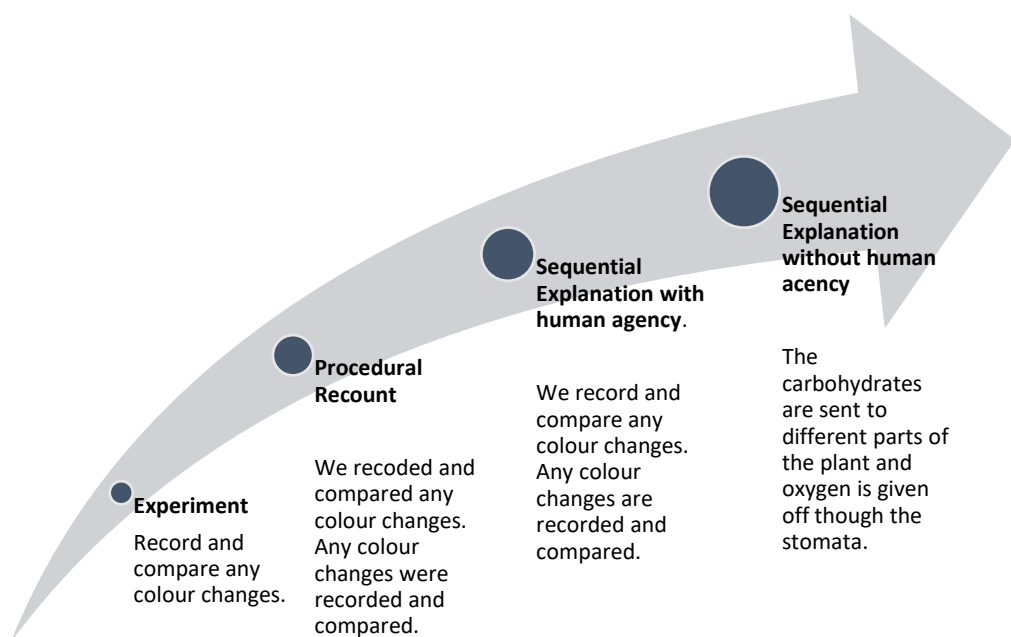


Abbildung 64. Schrittweiser Übergang von der Alltags- in die Fachsprache nach Polias (2016).

Neben der zunehmend fachsprachlicheren Formulierung der Erklärung wird die Schwierigkeit laut Polias (2016) auch dahingehend erhöht, dass die Personenzahl, die Hierarchie und die Zeitspanne zunehmen, der Bekanntheitsgrad des Gegenübers allerdings abnimmt. Mit anderen Worten ausgedrückt ist es einfacher, vor einer kleinen Gruppe von Menschen zu sprechen, die einem bekannt und gleichgestellt sind, als einen Text über ein Ereignis in der Vergangenheit zu verfassen, welcher von einer höhergestellten Instanz bewertet wird, oder das Vorwissen des Lesers nicht bekannt ist. Grund dafür ist, dass nicht auf reale Gegenstände und gemeinsame Beobachtungen zurückgegriffen werden kann. *„Das da ist jetzt fest und rot“* kann im gemeinsamen Erfahrungsraum durchaus verständlich sein, einem abwesenden Leser wäre es allerdings nicht möglich, diese Aussage richtig zu deuten. Deshalb muss die Beobachtung durch eine Veränderung des Tenors, Modes und Fields wie folgt angepasst werden: *„Das sich im Reagenzglas befindende schwarze Pulver verändert seine anfängliche Farbe und Konsistenz nach 5-minütigem Erhitzen über der Bunsenbrennerflamme hin zu einem kupferfarbenen Feststoff“*.

Die praktische Implikation zur Förderung von Fachinhalten ist in weitestem Sinne die Veränderung der Schul- und Curriculums Struktur. Anstelle des Erlernens faktischer Inhalte sind vielmehr das Erkennen und Anwenden verschiedener Konzepte von Bedeutung. Nur so wird der Lerner befähigt, eigenständig und lebenslang neues Wissen zu generieren und dieses effektiv zum Lösen komplexer Probleme anzuwenden. Dies bedeutet allerdings, dass zunächst prototypische Aufgaben, Versuche und Themen identifiziert werden müssen, die sich zum Erlernen zugrundeliegenden Prinzipien eignen. Das aktive Auseinandersetzen mit dem Sachverhalt ist dazu ebenso notwendig, wie die Förderung der Selbstständigkeit, Risikobereitschaft und der Reflexion. Günther et al. (2018) zeigen anhand eines Schwimmbadbesuches sehr eindrucksvoll, wie selbst junge Schülerinnen und Schüler ohne komplexe Versuchsapparaturen physikalische Prinzipien aktiv und eigenständig am eigenen Körper und in einer für sie relevanten und interessanten Lernumgebung erfahren können. Wenn Fehlvorstellungen ernst genommen und zur Entwicklung von Fachwissen verwendet werden, kann dies sehr motivierend sein. Schülerinnen und Schüler sollen deshalb angehalten werden, ihre Gedanken frei denken und in einer angstfreien Lernumgebung verbalisieren zu dürfen (Schmidt, 1997).

8.3.2 Der Einfluss schülerspezifischer Persönlichkeitsmerkmale

Die affektiven Merkmale der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung und des Fachinteresses Chemie und Englisch haben sich weder zwischen den Versuchs- und Vergleichsgruppen noch im Vor- und Nachtest signifikant unterschieden. Dies würde bedeuten, dass durch das pluriliterale Vorgehen das Deeper Learning Mindset nicht wie postuliert positiv beeinflusst und erweitert werden kann. Diese Aussage soll aber dahingehend entkräftigt werden, als dass die Konstrukte zum einen als zeitlich stabil angesehen werden (Mittag et al., 2002), und zum anderen zur Erfassung dieses Bereiches lediglich die drei zuvor genannten Konstrukte erfasst wurden. Informationen zur Mastery, Reflection und dem Engagement liegen nicht vor. Des Weiteren lag der Fokus der Intervention auf dem Effekt einer gezielten Fachsprachenförderung auf die Entwicklung vertieften Fachwissens. Aus Gründen der Vergleichbarkeit bestanden die Materialien bis auf einige Filme aus Arbeitsblättern. Das wurde von den Schülerinnen und Schülern als einseitig und monoton empfunden.

Mit Hilfe digitaler Medien hätten in Form von Schülerzeitungen oder Internetblogs die Lernprodukte besser gewürdigt und zum anderen leichter überarbeitet werden können. Durch den Einsatz flexiblerer Lernangebote, die das Interesse der Schülerinnen und Schüler fördern und ihnen relevant erscheinen, hätte vermutlich auch eine größere emotionale Eingebundenheit hervorgerufen werden können. So ist für zukünftige Projekte denkbar, Themen aus einem Pool von Möglichkeiten frei auswählen zu lassen. Zu diesen könnten die Schülerinnen und Schüler dann selbstständig Fragen stellen und über eine zeitlich begrenzte Dauer beantworten. Außerdem ist auch nicht explizit auf die Förderung der Selbstregulation eingegangen worden. Otto (2007) hat diesbezüglich bereits herausgefunden, dass sich Verbesserungen affektiver Schülermerkmale nicht automatisch einstellen, aber aufgrund ihres positiven Einflusses auf den Lernerfolg dringend gefördert werden sollten Mittag et al. (2002).

Wenn Schülerinnen und Schüler interessierter sind, geben sie auch an, mehr Strategien zu verwenden um ihre Kognition zu reflektieren und regulieren (Pintrich, 1999). Entwickeln Schülerinnen und Schüler den Eindruck, dass die erlernten Strategien relevant sind, sind Schülerinnen und Schüler auch motivierter, diese Strategien auf unbekannte Situationen zu übertragen (Schwarzer & Jerusalem, 2002).

8.3.3 Der Einfluss der Lehrkraft und ihrer pädagogischen Entscheidungen

Bezüglich der Materialentwicklung für den bilingualen und traditionell monolingualen Chemieunterricht leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag, indem zentrale Merkmale zur Förderung chemischer Fachinhalte und der chemischen Fachsprache herausgearbeitet wurden. Das entwickelte Material verdeutlicht anhand der Redox-Reaktionen auf drei verschiedenen Schwierigkeitsstufen sowohl eine inhaltlich-konzeptuelle als auch eine fachsprachliche Progression kausaler Erklärungen. Dies entspricht der im pluriliteralen Lehr-Lern-Modell postulierten Expansion verschiedener Lerndimensionen.

Eine aus den Studien gewonnene Erkenntnis ist, dass trotz Anwendung bzw. Verwendung der Inhalte und Sprachmuster nicht immer ein vertieftes Verständnis zugrunde liegt. Aus diesem Grund muss bei zukünftiger Materialentwicklung darauf geachtet werden, dass nach jedem Schritt der „Verstehens-Kette“ eine Überprüfung stattfindet. Es kann nicht vom fertigen Produkt darauf geschlossen werden, dass alle vorherigen Schritte verstanden worden sind.

In der Studie der Sekundarstufe I formulierten einige Schülerinnen und Schüler korrekte Prinzipien und Beobachtungen, argumentierten dann aber beispielsweise, dass der Nagel in einem der gezeigten Reagenzgläser nicht rostet, da das Reagenzglas leer sei. *Leer* war das Reagenzglas, wie zuvor korrekt beobachtet, allerdings nicht, da sich Sauerstoff und Luftfeuchtigkeit darin befanden, also genau die benötigten Komponenten für eine Korrosionsreaktion. Es bedarf deshalb zusätzlicher Übungsaufgaben, die eine stärkere Verbindung einzelner Bestandteile des PRO-Modells und ein vertieftes Verständnis anhand kognitiver Konflikte fördern. Dies hat anhand der eingesetzten Concept Cartoons, wie auch Barke (2012) berichtet, gut funktioniert.

Damit das pluriliterale Lehr-Lern-Modell auch im Unterricht langfristig und flexibel Verwendung finden kann, müssen auch für die bisher nicht betrachteten Fächer fachspezifische Merkmale herausgearbeitet und prototypische Materialien entwickelt werden. Diese gilt es dann den unterrichtenden Lehrkräften näher zu bringen, damit diese selbstständig und langfristig Unterricht nach diesem Beispiel, aber auch nach ihren eigenen Vorlieben und Neigungen, entwickeln können. Somit kann sichergestellt werden, dass sich besonders naturwissenschaftliche Lehrerinnen und Lehrer, die keine Sprache als Zweitfach unterrichten, nicht überfordert fühlen.

In einem größeren Maßstab müsste, sofern sich die pluriliterale Herangehensweise auch in weiteren Studien als effektiv erweist, die Zusammenarbeit mit Schulbuchverlagen, Universitäten und der Lehrerbildung erfolgen.

8.4 Fazit und Ausblick

Der Beitrag dieser Arbeit zeichnet sich durch die Herausarbeitung chemischer Fachsprache und typischer Sprachmuster kausaler Erklärungen in der Chemie aus. Anhand der Materialien ist eine Umsetzung des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells in die Praxis und dessen Validierung erfolgt. Zur Auswertung der frei geschriebenen Schülererklärungen wurde ein Bewertungsraster aus bereits vorhandenen Rastern als Synopse zusammengeführt und Musterantworten je Kategorie gesammelt.

Zusammenfassend können die theoretischen Implikationen bezüglich des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells wie in Abbildung 65 festgehalten werden. Soweit konnte herausgefunden werden, dass die Fachsprache anhand des pluriliteralen Materials im Vergleich zu herkömmlichem Material des bilingualen Chemieunterrichts signifikant mehr verbessert werden kann und sich für den Fachwissenslernzuwachs deskriptive Verbesserungen abzeichnen. Die affektiven Merkmale konnten anhand der vorliegenden Materialien noch nicht signifikant verbessert werden. In der Studie der Sekundarstufe I korrelierten die affektiven und kognitiven Merkmale signifikant miteinander, in den anderen beiden Studien waren nicht alle getesteten Zusammenhänge signifikant. Aus diesem Grund ist auch dieser Pfeil grau hinterlegt. Im Verlauf der empirischen Untersuchung sind keine weiteren Elemente aufgefallen, durch die das Modell noch erweitert werden müsste.



Abbildung 65. Visualisierung bestätigter Hypothesen anhand des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells.

Folgende Desiderate sind aus der vorliegenden Arbeit noch offengeblieben, die es durch zukünftige Forschungen zu schließen gilt:

- Welche Methoden eignen sich zur Förderung der affektiven Schülermerkmale?
- Was sind die langfristigen Effekte der Didaktik des pluriliteralen Lehr-Lern-Modells?
- Verbessern Schülerinnen und Schüler, die mit pluriliteralem Material in einem Fach unterrichtet wurden, auch ihre Leistungen in anderen Schulfächern?
- Was sind typische Diskursfunktionen und Handlungen anderer Sachfächer und wie sähen die Materialien basierend auf dem pluriliteralen Lehr-Lern-Modell dementsprechend aus? Stimmen die Ergebnisse mit denen der vorliegenden Studien überein?
- Welchen Einfluss hat die Verwendung von digitalen Medien und Textverarbeitungsprogrammen auf die Steigerung der Selbstregulation, der schulischen Selbstwirksamkeitserwartung, der Motivation, sowie der Fachsprache und des Fachwissens?
- Kann das Gefühl des Engagements der Schülerinnen und Schüler durch reale Begegnungen signifikant gesteigert werden kann?

Zusammenfassend leistet die Arbeit einen substanziellen Beitrag zur Diskussion des sprachsensiblen (bilingualen) Sachfachunterrichts. Fachsprachenförderung ist ein essenzieller Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts, da Fachsprache nur in der entsprechenden Fachkultur gelehrt und in authentischen Situationen kontextorientiert angewendet werden kann. Fachsprache ist zum Verstehen von Fachinhalten und dem verständlich Machen dieses Verstehens unabdingbar. Sie muss folglich als zentraler Teil des Sachfachunterrichts anerkannt und gefördert werden. Nur dann können vertiefte Lernprozesse stattfinden und pluriliterale Lerner mit den lebensnotwendigen 21st century skills ausgestattet werden.

Literaturverzeichnis

- Aristov, N. (2013). Was ist bekannt über den bilingualen Unterricht in den Naturwissenschaften (Chemie)? *CHEMKON*, 20, 169–174.
<https://doi.org/10.1002/ckon.201310207>
- Admiraal, W., Westhoff, G., & de Bot, K. (2006). Evaluation of bilingual secondary education in the Netherlands: Student's language proficiency in English. *Educational Research and Evaluation*, 12, 75-93. <https://doi.org/10.1080/13803610500392160>
- Artelt, C. & Wirth, J. (2015). Kognition und Metakognition. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 167–192). Springer.
- Bach, G. (Hrsg.). (2002). *Bilingualer Unterricht. Grundlagen, Methoden, Praxis, Perspektiven* (Kolloquium Fremdsprachenunterricht, Bd. 5, 2., überarb. und erw. Aufl.). Frankfurt am Main: Lang.
- Bachmann, G. (2009). *Zielorientierungen und aktuelle Motivation. Eine Integration im Kontext des selbstregulierten Lernens*. Dissertation. Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main. Verfügbar unter <https://d-nb.info/100298078X/34>
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: an agentic perspective. *Annual review of psychology*, 52, 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>
- Bandura, A. (1992). Exercise of personal agency through the self-efficacy mechanism. In R. Schwarzer (Ed.), *Self efficacy. Thought control of action* (pp. 3–38). Washington: Hemisphere.
- Bandura, A. (1998). *Self-efficacy. The exercise of control* (2. print). New York: Freeman.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*: Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/3-540-29460-0>
- Barke, H.-D. (2012). Two Ideas of the Redox-Reaction: Misconceptions and Their Challenge in Chemistry Education. *African Journal of Chemical Education*, 2, 32–50.
- Baumert, J. (Hrsg.). (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W. et al. (2007). *Fähigkeit zum selbstregulierten Lernen als fächerübergreifende Kompetenz*, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. Verfügbar unter <https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/CCCDt.pdf>
- Baumgartner, I. (2014). *Einfluss von Fachinteresse auf situationales Interesse bei der Bearbeitung von Aufgaben im Fach Geschichte. Eine Treatment-Studie mit Variation der Aufgabeninteressantheit am Beispiel „Deutscher Widerstand im Nationalsozialismus“*: Universitätsbibliothek Passau; Zentrum für Lehrerbildung und Fachdidaktik.

- Beacco, J.-C., Fleming, M. & Goullier, F. (2016). *The language dimension in all subjects. A handbook for curriculum development and teacher training*. Strasbourg: Council of Europe.
- Beerenwinkel, A., Parchmann, I. & Gräsel, C. (2007). Chemieschulbücher in der Unterrichtsplanung - Welche Bedeutung haben Schülervorstellungen? *CHEMKON*, 14, 7–14. <https://doi.org/10.1002/ckon.200710051>
- Bellanca, J. A. (Ed.). (2015). *Deeper Learning. Beyond 21st Century Skills* (Leading Edge). Bloomington: Solution Tree Press.
- Bempechat, J. & Shernoff, D. (2012). Parental Influences on Achievement Motivation and Student Engagement. In S. L. Christenson et al. (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 315-342). New York: Springer.
DOI 10.1007/978-1-4614-2018-7_152
- Bliss, J., Askew, M. & Macrae, S. (1996). Effective Teaching and Learning: scaffolding revisited. *Oxford Review of Education*, 22, 37–61.
<https://doi.org/10.1080/0305498960220103>
- Bloom, B. S. & Engelhart, M. D. (Hrsg.). (1976). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich* (Beltz-Studienbuch, Bd. 35, 5. Aufl. - 17. - 21. Tsd). Weinheim: Beltz.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445–457.
[https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00014-2)
- Boekaerts, M. & Niemivirta, M. (2000). Self-Regulated Learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 417–450). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-012109890-2/50042-1>
- Bonnet, A. (2004). *Chemie im bilingualen Unterricht. Kompetenzerwerb durch Interaktion* (Studien zur Bildungsgangforschung, Bd. 4). Wiesbaden: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation. Für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Bräuer, G. (2009). Schreiben. In G. Bräuer (Ed.), *Scriptorium. Ways of interacting with writers and readers; a professional development program* (pp. 57–70). Freiburg im Breisgau: Fillibach.
- Bresler, S. (2008). Voltmeter oder Spannungsmessgerät? Begriffe sollen das Verstehen fördern. *Unterricht Physik*, 19, 50.
- Brown, N. J. S. (2005). *The Multidimensional Measure of Conceptual Complexity*. Berkeley, CA: Berkeley Evaluation & Assessment Research Center Graduate School of Education. Verfügbar unter <https://bearcenter.berkeley.edu/sites/default/files/report%20-%20mmcc.pdf>
- Brown, N. J. S., Furtak, E. M., Timms, M., Nagashima, S. O. & Wilson, M. (2010). The Evidence-Based Reasoning Framework. Assessing Scientific Reasoning.

- Educational Assessment*, 15, 123–141.
<https://doi.org/10.1080/10627197.2010.530551>
- Brown, N. J. S., Nagashima, S. O., Fu, A., Timms, M. & Wilson, M. (2010). A Framework for Analyzing Scientific Reasoning in Assessments. *Educational Assessment*, 15, 142–174. <https://doi.org/10.1080/10627197.2010.530562>
- Bruder, S. J. (2006). *Die Förderung von Selbstregulation bei Kindern unter Einbeziehung ihrer Eltern*. Dissertation. Berlin: Logos.
- Busch, H. & Ralle, B. (2011). Fachbegriffe und ihre Bedeutung. Diagnostik fachsprachlicher Kompetenz. *Unterricht Chemie*, 22, 52–55.
- Byrnes, H. (2013). Positioning writing as meaning-making in writing research. An introduction. *Journal of Second Language Writing*, 22, 95–106.
<https://doi.org/10.1016/j.jslw.2013.03.004>
- Caleon, I. & Subramaniam, R. (2010). Development and Application of a Three-Tier Diagnostic Test to Assess Secondary Students' Understanding of Waves. *International Journal of Science Education*, 32, 939–961.
<https://doi.org/10.1080/09500690902890130>
- Carriere, J. (1893). *Berzelius und Liebig, ihre Briefe von 1831-45*. München: J. F. Lehmann.
- Chang, H.-P., Chen, J.-Y., Guo, C.-J., Chen, C.-C., Chang, C.-Y., Lin, S.-H. et al. (2007). Investigating Primary and Secondary Students' Learning of Physics Concepts in Taiwan. *International Journal of Science Education*, 29, 465–482.
<https://doi.org/10.1080/09500690601073210>
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1–49.
<https://doi.org/10.3102/00346543063001001>
- Christensen, F. (1963). A Generative Rhetoric of the Sentence. *College Composition and Communication*, 14, 155–161. <https://doi.org/10.2307/355051>
- Clark, K. F. & Graves, M. F. (2005). Scaffolding Students' Comprehension of Text. *The Reading Teacher*, 58, 570–580. <https://doi.org/10.1598/RT.58.6.6>
- Coetzee-Lachmann, D. (2007). *Assessment of Subject-Specific Task Performance of Bilingual Geography Learners. Analysing Aspects of Subject-Specific Written Discourse*. Dissertation. Universität Osnabrück, Osnabrück.
- Coffin, C. & Donohue, J. (2014). *A language as social semiotic-based approach to teaching and learning in higher education* (Language learning monograph series, 64, Suppl. 1). Chichester: Wiley.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd Edition)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 98–101. Verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/20182143>
- Committee on Undergraduate Science Education (U.S.). (1997). *Science teaching reconsidered. A handbook*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Connolly, T., Meyer, O. & Huwer, J. (2018). Erklären üben. Fachspezifische Argumentationsmuster von Erklärungen. *Unterricht Chemie*, 29, 34–39.
- Costa, A. L. & Kallick, B. (2015). Dispositions: Critical Pathways for Deeper Learning. In J. A. Bellanca (Ed.), *Deeper Learning. Beyond 21st Century Skills* (Leading Edge, pp. 55–82). Bloomington: Solution Tree Press.
- Coyle, D., Hood, P. & Marsh, D. (2010). *CLIL. Content and language integrated learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Dallinger, S., Jonkmann, K., Hollm, J. & Fiege, C. (2016). The effect of content and language integrated learning on students' English and history competences – Killing two birds with one stone? *Learning and Instruction*, 41, 23–31.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.09.003>
- Dalton-Puffer, C. (2011). Content-and-Language Integrated Learning. From Practice to Principles? *Annual Review of Applied Linguistics*, 31, 182–204.
<https://doi.org/10.1017/S0267190511000092>
- Dalton-Puffer, C. (2013). A construct of cognitive discourse functions for conceptualising content-language integration in CLIL and multilingual education. *European Journal of Applied Linguistics*, 1, 216–253.
<https://doi.org/10.1515/eujal-2013-0011>
- Dalton-Puffer, C. (2015). Elemente einer ‚academic literacy‘: Kognitive Diskursfunktionen im englischsprachigen Fachunterricht (CLIL). In E. Thürmann & S. Schmölzer-Eibinger (Hrsg.), *Schreiben als Medium des Lernens: Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht* (S. 115–130). Münster: Waxmann.
- Dalton-Puffer, C., Bauer-Marschallinger, S., Brückl-Mackey, K., Hofmann, V., Hopf, J., Kröss, L. & Lechner, L. (2018). Cognitive discourse functions in Austrian CLIL lessons: towards an empirical validation of the CDF Construct. *European Journal of Applied Linguistics*, 6 (1), 5-29. <https://doi.org/10.1515/eujal-2017-0028>
- Davis, E. A. (2003). Prompting Middle School Science Students for Productive Reflection: Generic and Directed Prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 91–142. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_4
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior* (Perspectives in social psychology). New York: Plenum Press.
- DeKeyser, R. (Ed.). (2008). *Practice in a second language. Perspectives from applied linguistics and cognitive psychology* (The Cambridge applied linguistics series, [Nachdr.]. Cambridge: Cambridge University Press.

- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (Kohlhammer-Standards Psychologie Studententext, 1. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- DuFour, R. & DuFour, R. (2015). Deeper Learning for Students Requires Deeper Learning for Educators. In J. A. Bellanca (Ed.), *Deeper Learning. Beyond 21st Century Skills* (pp. 21–54). Bloomington: Solution Tree Press.
- Dunker, N., Schmidt, D., Moschner, B. & Parchmann, I. (2008). Fachbegriffe erarbeiten - Fachkonzepte entwickeln. Concept Mapping als Mittel zum Begriffsverstehen und zum Vernetzen. *Unterricht Chemie, 19*, 30–33.
- Duschl, R. A. (2003). Assessment of inquiry. In J. M. Atkin & J. Coffey (Eds.), *Everyday assessment in the science classroom* (Science educators' essay collection, pp. 41–59). Arlington, VA: NSTA press.
- Ebel, H. F., Bliefert, C. & Russey, W. E. (2008). *The art of scientific writing. From student reports to professional publications in chemistry and related fields*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Ehmann, T. (2009). *Erfassung und Förderung metakognitiver und motivationaler Fähigkeiten. Ein halbstandardisiertes Lerntagebuch für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund*. Dissertation. Universität Potsdam, Potsdam. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus-51227>
- Fang, Z. (2005). Scientific literacy. A systemic functional linguistics perspective. *Science Education, 89*, 335–347. <https://doi.org/10.1002/sce.20050>
- Fauser, P. (2017). Lernen - Verstehen - Bildung. Verständnisintensives Lernen. *Lernende Schule, 20*, 14–17.
- Fehling, S. (2008). *Language Awareness und bilingualer Unterricht. Eine komparative Studie*. Frankfurt am Main: Lang.
- Ferdinand, H. D. (2014). *Entwicklung von Fachinteresse. Längsschnittstudie zu Interessenverläufen und Determinanten positiver Entwicklung in der Schule*. Münster: Waxmann.
- Finkbeiner, C. & Fehling, S. (2002). Bilingualer Unterricht: Aktueller Stand und Implementierungsmöglichkeiten im Studium. In C. Finkbeiner (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht. Lehren und Lernen in zwei Sprachen* (Praxis Schule & Innovation, S. 9–22). Hannover: Schroedel.
- Franke-Braun, G. (2008). Sprache und Verständnis. Schülerkommunikation bei der Bearbeitung von Aufgaben. *Unterricht Chemie, 19*, 25–29.
- Franke-Braun, G. & Stäudel, L. (2008). Kommunikation fördern. Lernsituationen methodisch gestalten. *Unterricht Chemie, 19*, 35–39.
- Fullan, M. & Langworthy, M. (2014). *A rich seam. How new pedagogies find deep learning*. [Toronto, ON]: MaRS Discovery District; Canadian Electronic Library.
- Gillis, V. (2014). Disciplinary Literacy. Adapt not Adopt. *Journal of Adolescent & Adult Literacy, 57*, 614–623. <https://doi.org/10.1002/jaal.301>

- Götz, T. (Hrsg.). (2011). *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen*. Paderborn: Schöningh.
- Götz, T. & Nett, U. (2011). Kapitel 3: Selbstreguliertes Lernen. In T. Götz (Hrsg.), *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen* (UTB, 3481 : Pädagogische Psychologie, Schulpädagogik StandardWissen Lehramt, S. 144–185). Paderborn: Schöningh.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (2002). *Scientific Literacy*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
<https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9>
- The Graz Group. (2016). *The Pluriliteracies Wheel*. Verfügbar unter <http://pluriliteracies.ecml.at/Portals/54/img/pluriliteracies-wheel.jpg>
- Greenberg, D. L. & Verfaellie, M. (2010). Interdependence of episodic and semantic memory. Evidence from neuropsychology. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 16, 748–753.
<https://doi.org/10.1017/S1355617710000676>
- Griesel, M. (2010). *Bilingualer Chemieunterricht – Chemie auf Englisch*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien. Marburg.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht und schulisches Lernen. Schüler als Quellen der Unterrichtsbeschreibung*. Münster: Waxmann.
- Günther, I., Küpper, A. & Weck, H. (2018). Die sprachlichen Dimensionen im handlungsorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht - Potenziale und Herausforderungen Originaler Begegnungen. *Praxis Sprache*, 18, 56–59.
- Gürtler, T. (2003). *Trainingsprogramm zur Förderung selbstregulativer Kompetenz in Kombination mit Problemlösestrategien PROSEKKO. Entwicklung, Durchführung und längsschnittliche sowie prozessuale Evaluation* (Europäische Hochschulschriften. Reihe 6, Psychologie, Bd. 706). Bern: Lang.
- Haagen-Schützenhöfer, C., Mathelitsch, L. & Hopf, M. (2011). Fremdsprachiger Physikunterricht: Fremdsprachlicher Mehrwert auf Kosten fachlicher Leistungen? Auswirkungen fremdsprachenintegrierten Physikunterrichts auf fachliche Leistungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 223-260.
- Hattie, J. (2012). *Visible learning for teachers. Maximizing impact on learning*. London: Routledge.
- Hegerfeldt, A. (2006). Die Fremdsprache im Anfangsunterricht Chemie. *PRAXIS Fremdsprachenunterricht*, 2, 36–41.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *KFT 4-12 + R. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision; Manual*. Göttingen: Beltz.
- Hesse, S. (2008). Wenn Schülern die Worte fehlen. Fachunterricht in Klassen mit Migrationshintergrund. *Unterricht Chemie*, 19, 66–71.

- Hessisches Kultusministerium (Hrsg.). (2010). *Lehrplan Chemie. Gymnasialer Bildungsgang*. Jahrgangsstufen 7G bis 9G.
- Heuer, S. & Parchmann, I. (2008). Son2e oder Fus2bal2. Wie Sechstklässler die chemische Formelsprache interpretieren. *Unterricht Chemie*, 19, 20–24.
- Horn, W. (1969). *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung. P-S-B; Handanweisung für die Durchführung, Auswertung und Interpretation*. Göttingen: Hogrefe.
- Hülnden, F. (2014). Sachfachlicher Lernerfolg und sprachlicher Zugewinn im Bilindualen Unterricht. Eine empirische Untersuchung im Rahmen eines bilingualen Moduls im Fach Chemie. *Fremdsprachen Lehren und Lernen*, 43, 109–125.
- Jerusalem, M. & Satow, L. (1999). Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKSCHUL). In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen* (S. 15–16). Berlin: Institut für Psychologie, Freie Universität Berlin.
- Kahl, R. (2017). Der Schüler kam, sah und vergaß. Acht Beobachtungen und Ideen zu flachem und tiefem Lernen. *Lernende Schule*, 20, 18–19.
- Klingauf, M. (2002). Chemie auf Englisch: Bilingualer Unterricht in einem ungewöhnlichen Sachfach. In C. Finkbeiner (Hrsg.), *Bilingualer Unterricht. Lehren und Lernen in zwei Sprachen* (Praxis Schule & Innovation, S. 49–61). Hannover: Schroedel.
- Klippert, H. (2012). *Methoden-Training. Übungsbausteine für den Unterricht* (Pädagogik Praxis, 20., unveränd. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Klopfer, L. E., Champagne, A. B. & Gunstone, R. F. (1983). Naive Knowledge and Science Learning. *Research in Science & Technological Education*, 1, 173–183. <https://doi.org/10.1080/0263514830010205>
- KMK (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) [Beschluss vom 16.12.2004]* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Luchterhand in Wolters Kluwer Deutschland.
- Koch, A. & Bündler, W. (2006). Fachbezogener Wissenserwerb im Bilingualen Naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 67-76.
- Konrad, K. (2008). *Erfolgreich selbstgesteuert lernen. Theoretische Grundlagen, Forschungsergebnisse, Impulse für die Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Krapp, A., Geyer, C. & Lewalter, C. (2014). Motivation und Emotion. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Mit Online-Materialien* (6. vollst. überarb. Aufl., S. 193–224). Weinheim: Beltz.
- Kuiken, F., Vedder, I. & Gilabert, R. (2010). Communicative Adequacy and Linguistic Complexity in L2 writing. In I. Bartning, M. Martin & I. Vedder (Hrsg.), *Communicative proficiency and linguistic development. Intersections between SLA*

- and language testing research* (EUROSLA monographs series, Bd. 1, S. 81–99)
[S.l.]: European Second Language Association.
- Lachner, A., Ly, K.-T. & Nückles, M. (2018). Providing Written or Oral Explanations? Differential Effects of the Modality of Explaining on Students' Conceptual Learning and Transfer. *The Journal of Experimental Education*, 86, 344–361.
<https://doi.org/10.1080/00220973.2017.1363691>
- Lam, S., Wong, B. P., Yang, H., Liu, Y. (2012). Understanding Student Engagement with a Contextual Model*. In S. L. Christenson et al. (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 403-419). New York: Springer.
DOI 10.1007/978-1-4614-2018-7_152
- Lamsfuß-Schenk, S. & Wolff, D. (1999). Bilingualer Sachfachunterricht: Fünf kritische Anmerkungen zum State of the Art. *Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht*, 4, 1-8. Verfügbar unter
<https://tujournals.ulb.tu-darmstadt.de/index.php/zif/article/viewFile/656/632>
- Lantolf, J. P. & Poehner, M. E. (2014). *Sociocultural theory and the pedagogical imperative in L2 education. Vygotskian praxis and the research/practice divide* (ESL & applied linguistics professional series). New York, NY: Routledge.
- Leisen, J. (2005). Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? Sprache und Physikunterricht. *Unterricht Physik*, 16, 4–9.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis; Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Bonn: Varus.
- Leisen, J. (2013). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis: Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Stuttgart: Klett.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammen gehört! *MNU*, 68, 132–137.
- Lemke, J. L. (1993). *Talking science. Language, learning, and values* (Language and educational processes, 2. pr). Norwood, NJ: Ablex.
- Liew, C. W. & Treagust, D. F. (1995). A Predict-Observe-Explain teaching sequence for learning about students' understanding of heat and expansion of liquids. *Australian Science Teacher*, 41, 68–71.
- Lück, G. (2008). Naturphänomene sprachlich erfassen. *Unterricht Chemie*, 19, 84–87.
- Markic, S. & Abels, S. (2013). Die Fachsprache der Chemie. Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen. *Unterricht Chemie*, 24, 10–13.
- Martin, J. R. & Rose, D. (2008). *Genre relations. Mapping culture*. London: Equinox.
- Maxwell, J. A. (2004). Causal Explanation, Qualitative Research, and Scientific Inquiry in Education. *Educational Researcher*, 33, 3–11.

- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2006). *Supporting Student's Construction of Scientific Explanation through Generic versus Context-Specific Written Scaffolds*, San Francisco. Verfügbar unter http://www.hi-ce.org/papers/2006/McNeill&Krajcik_AERA2006.pdf
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15, 153–191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- Meloefski, R. (2007). Vom Alltagsbegriff zum Fachbegriff. Über die Notwendigkeit, im (Chemie-)Unterricht Vorstellungen zu entwickeln. *MNU*, 60, 223–229.
- Merziger, P. (2007). *Entwicklung selbstregulierten Lernens im Fachunterricht. Lerntagebücher und Kompetenzraster in der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Budrich.
- Meyer, H. (2003). Zehn Merkmale guten Unterrichts. Empirische Befunde und didaktische Ratschläge. *Pädagogik*, 36–43.
- Meyer, O. (2016). Putting a pluriliteracies approach into practice. *European Journal of Language Policy*, 8, 235–242.
- Meyer, O., Coyle, D., Halbach, A., Schuck, K. & Ting, T. (2015). A pluriliteracies approach to content and language integrated learning – mapping learner progressions in knowledge construction and meaning-making. *Language, Culture and Curriculum*, 28, 41–57. <https://doi.org/10.1080/07908318.2014.1000924>
- Meyer, O., Coyle, D., Imhof, M. & Connolly, T. (2018). Beyond CLIL: Fostering Student and Teacher Engagement for Personal Growth and Deeper Learning. In J. d. D. Martínez Agudo (Ed.), *Emotions in Second Language Teaching. Theory, Research and Teacher Education* (pp. 277-297). Cham: Springer.
- Meyer, O. & Imhof, M. (2017). Pluriliterales Lernen. Vertiefte Lernprozesse anbahnen und gestalten. *Lernende Schule*, 20, 20–24.
- Meyer, O., Imhof, M., Coyle, D. & Banerjee, M. (2018). Positive Learning and Pluriliteracies. Growth in Higher Education and Implications for Course Design, Assessment and Research. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, G. Wittum & A. Dengel (Eds.), *Positive Learning in the Age of Information. A Blessing or a Curse?* (pp. 235–265). Wiesbaden: Springer.
- Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur Rheinland-Pfalz (Hrsg.). (2014). *Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für weiterführende Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie, Chemie, Physik Klassenstufen 7 bis 9/10*. Mainz: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur.
- Mittag, W., Kleine, D. & Jerusalem, M. (2002). Evaluation der schulbezogenen Selbstwirksamkeit von Sekundarschülern. *Zeitschrift für Pädagogik*, 44, 145–173.

- Mohan, B., Leung, C. & Slater, T. (2010). Assessing Language and Content: A Functional Perspective. *Testing the untestable in foreign language education*, 217–240.
- Moje, E. B. (2008). Foregrounding the Disciplines in Secondary Literacy Teaching and Learning. A Call for Change. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 52, 96–107.
- Moon, A., Stanford, C., Cole, R. & Towns, M. (2016). The nature of students' chemical reasoning employed in scientific argumentation in physical chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 353–364.
<https://doi.org/10.1039/C5RP00207A>
- Nahrgang, E. (2003). Förderung der Lesefähigkeit. *Unterricht Chemie*, 14, 20–23.
- Nashan, M. & Parchmann, I. (2008). Fachtext versus Geschichte. Kommunikation in den Naturwissenschaften als Zugang zu einem Verständnis für die Natur der Naturwissenschaften. *Unterricht Chemie*, 19, 57–61.
- National Research Council (U.S.). (1996). *National Science Education Standards. Observe, interact, change, learn*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Newmann, F. M., Wehlage, G. G., & Lamborn, S. D. (1992). The significance and sources of student engagement. In F. Newmann (Ed.), *Student engagement and achievement in American secondary schools* (pp. 11–39). New York, NY: Teachers College Press.
- Odora, R. (2014). Using Explanation as a Teaching Method: How Prepared Are High School Technology Teachers in Free State Province, South Africa? *Journal of The Scientific Society*, 38, 71–81.
- OECD. (2017). *PISA 2015 Results (Volume III)*: OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264273856-en>
- Osman, K. & Marimuthu, N. (2010). Setting new learning targets for the 21st century science education in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 3737–3741. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.581>
- Österlund, L.-L. & Ekborg, M. (2012). Students' Understanding of Redox Reactions in Three Situations. *Nordic Studies in Science Education*, 5, 115–127.
<https://doi.org/10.5617/nordina.345>
- Otto, B. (2007). *Selves. Schüler-, Eltern- und Lehrertraining zur Vermittlung effektiver Selbstregulation*. Berlin: Logos.
- Özcan, N. (2012). *Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*. Berlin: Logos. Verfügbar unter https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-32668/Dissertation_Oezcan_2012_Publikation.pdf
- Parchmann, I. & Venke, S. (2008). Eindeutig - Zweideutig?! Chemische Fachsprache im Unterricht. *Unterricht Chemie*, 19, 10–15.

- Passon, P. (2007). *Evaluation von Fachlernen und Sprachlichkeit im Kontext bilingualer Bildung*. Diplomarbeit. Universität Osnabrück. Verfügbar unter <http://www.home.uni-osnabrueck.de/hvollmer/Diplomarbeit-Peter-Passon.pdf>
- Pastille, R. & Mantschew, K. A. (2013). *Die Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Erprobte Werkstücke für Unterricht und Forschung, von Vielfalt, Energie, Arbeit und Ordnung*. Münster: Schöningh.
- Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L. (2012). *Education for life and work. Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Pekrun, R., Linnenbrink-Garcia, L. (2012). Academic Emotions and Student Engagement. In S. L. Christenson et al. (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 259-282). New York: Springer.
DOI 10.1007/978-1-4614-2018-7_152
- Pfeifer, P. (2008). Alltagssprache und Fachsprache. Verständnis des Begriffes Kalk in Alltag und Fachunterricht. *Unterricht Chemie, 19*, 16–19.
- Piesche, N., Jonkmann, K., Fiege, C., & Keßler, J.-U. (2016). CLIL for all? A randomised controlled field experiment with sixthgrade students on the effects of content and language integrated science learning. *Learning and Instruction, 44*, 108-116.
- Pietarinen, J., Soini, T. & Pyhältö, K. (2014). Students' emotional and cognitive engagement as the determinants of well-being and achievement in school. *International Journal of Educational Research, 67*, 40–51.
<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2014.05.001>
- Pinner, R. (2013). Authenticity and CLIL: Examining Authenticity from an International CLIL Perspective. *International CLIL Research Journal, 1*, 44–54.
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research, 31*, 459–470.
[https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)
- Polias, J. (2016). *Apprenticing students into science. Doing, talking & writing scientifically*. Melbourne: Lexis Education.
- Putra, G. B. S. & Tang, K.-S. (2016). Disciplinary literacy instructions on writing scientific explanations. A case study from a chemistry classroom in an all-girls school. *Chemistry Education Research and Practice, 17*, 569–579.
<https://doi.org/10.1039/C6RP00022C>
- Rautenstrauch, H. (2017). *Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie*. Berlin: Logos.
- Read, S. (2010). A Model for Scaffolding Writing Instruction: IMSCI. *The Reading Teacher, 64*, 47–52. <https://doi.org/10.1598/RT.64.1.5>
- Rheinberg, F. (2008). *Motivation*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 235–260.
- Roddert, K. (2008). *Bilingualer Unterricht. Möglichkeiten und Grenzen in Theorie und Praxis*. Examensarbeit. Philipps-Universität Marburg. Verfügbar unter http://arbeitsplattform.bildung.hessen.de/fach/bilingual/lehrer/ausb/mat/Roddert_2008.pdf
- Rohwetter, M. (2012). "Ohne Chemie". *Marcus Rohwetters unentbehrliche Einkaufshilfe*, Zeit Online. 50. Verfügbar unter <https://www.zeit.de/2012/50/Quengelzone-ohne-Chemie>
- Rose, D. & Martin, J. R. (2012). *Learning to write, reading to learn. Genre, knowledge and pedagogy in the Sydney school*. Sheffield: Equinox.
- Rothermund, K. & Eder, A. (2011). *Allgemeine Psychologie. Motivation und Emotion*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ruben, D.-H. (1990). *Explaining Explanation*. London: Routledge.
- Ryshina-Pankova, M. & Byrnes, H. (2013). Writing as learning to know. Tracing knowledge construction in L2 German compositions. *Journal of Second Language Writing*, 22, 179–197. <https://doi.org/10.1016/j.jslw.2013.03.009>
- Sacher, W. (1994). *Prüfen, Beurteilen, benoten. Theoretische Grundlagen und praktische Hilfestellungen für den Primar - und Sekundarbereich*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Schiefele, U., Kapp, A., Wild, K.-P. & Winteler, A. (1993). Der Fragebogen zum Studieninteresse (FSI). *Diagnostika*, 39, 335–351. Verfügbar unter https://publishup.uni-potsdam.de/opus4-ubp/frontdoor/deliver/index/docId/3179/file/schiefele1993_39-4.pdf
- Schmidt, H.-J. (1997). Students' misconceptions? Looking for a pattern. *Science Education*, 81, 123–135. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199704\)81:2<123::AID-SCE1>3.0.CO;2-H](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199704)81:2<123::AID-SCE1>3.0.CO;2-H)
- Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. *Psychological Assessment*, 8, 350–353. <https://doi.org/10.1037//1040-3590.8.4.350>
- Schratz, M. (2017). Lernen, das tiefer geht. Erkundungen lernseits von Unterricht. *Lernende Schule*, 20, 4–7.
- Schütt, H.-W. (2000). *Auf der Suche nach dem Stein der Weisen. Die Geschichte der Alchemie*. München: Beck.
- Schwarzer, R. (1999). Selbstregulation (REG). In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen* (S. 92–93). Berlin: Institut für Psychologie, Freie Universität Berlin.
- Schwarzer, R. (2000). *Streß, Angst und Handlungsregulation* (4., überarb. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

- Schwarzer, R. (2004). *Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Einführung in die Gesundheitspsychologie* (3., überarb. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.) *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen. Zeitschrift für Pädagogik*, 44, 28–53. Verfügbar unter http://www.pedocs.de/volltexte/2011/3930/pdf/ZfPaed_44_Beiheft_Schwarzer_Jerusalem_Konzept_der_Selbstwirksamkeit_D_A.pdf
- Sevian, H. & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry. A learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 10–23. <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>
- Shehu, G. (2015). Two Ideas of Redox Reaction. Misconceptions and Their Challenges in Chemistry Education. *Journal of Research & Method in Education*, 5, 15–20.
- Sherin, B., Reiser, B. J. & Edelson, D. (2004). Scaffolding Analysis: Extending the Scaffolding Metaphor to Learning Artifacts. *Journal of the Learning Sciences*, 13, 387–421. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_5
- Song, Y. & Carheden, S. (2014). Dual meaning vocabulary (DMV) words in learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 128–141.
- Stäudel, L. (2006). Literacy und Methodenwerkzeuge. Entwicklung der fachspezifischen Lesefähigkeit - eine Aufgabe auch für den Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 17, 53–57.
- Stäudel, L. (2008). Mit Informationen umgehen. Übersetzungen zwischen verschiedenen Darstellungsformen. *Unterricht Chemie*, 19, 40–51.
- Stäudel, L. & Franke-Braun, G. (2006). Über die Sprache sprechen. Ansätze zur Förderung der sachbezogenen Diskussion im Unterricht. *Unterricht Chemie*, 17, 58–63.
- Stäudel, L., Franke-Braun, G. & Parchmann, I. (2008). Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 19, 4–9.
- Steininger, R. (2010). Oxidation und Reduktion im Chemieanfangsunterricht. Schülervorstellungen - Begriffsdefinitionen - mögliche Lehr-Lern-Wege Teil 2. *Chimica Didacticae*, 36, 89–109.
- Sumfleth, E., Emden, M. & Özcan, N. (2013). Kommunikative Standardsituationen. Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. *Unterricht Chemie*, 24, 30–35.
- Swain, M. (2006). Languaging, agency and collaboration in advanced language proficiency. In H. Byrnes (Ed.), *Advanced language learning. The Contribution of Halliday and Vygotsky* (pp. 95–108). London: Continuum.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)

- Tang, K.-S. (2015). The PRO instructional strategy in the construction of scientific explanations. *Teaching Science*, 61, 14–21.
- Toulmin, S. E. (1958, 2003). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Treagust, D. F., Mthembu, Z. & Chandrasegaran, A. L. (2014). Evaluation of the Predict-Observe-Explain Instructional Strategy to Enhance Students' Understanding of Redox Reactions. In I. Devetak & S. A. Glažar (Eds.), *Learning with Understanding in the Chemistry Classroom* (pp. 265–286). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4366-3_14
- Tulving, E. (2001). Episodic memory and common sense. How far apart? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 356, 1505–1515. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.0937>
- Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M. & Osman, K. (2012). Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy and Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253>
- Veel, R. (2000). Learning how to mean - scientifically speaking. Apprenticing into scientific discourse in the secondary school. In F. Christie & J. R. Martin (Eds.), *Genre and institutions. Social processes in the workplace and school* (pp. 161–195). London: Continuum.
- Villafañe, S. M., Xu, X. & Raker, J. R. (2016). Self-efficacy and academic performance in first-semester organic chemistry: testing a model of reciprocal causation. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 973–984. <https://doi.org/10.1039/C6RP00119J>
- Vogelezang, M. (2012). Einen Stoffbegriff bilden. Lernen, die Welt mit den Augen der Chemiker zu sehen. *Unterricht Chemie*, 23, 16–18.
- Vollmer, G. (1980). *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*. Frankfurt: Diesterweg.
- Vollmer, J. H. (2008). Constructing Tasks for Content and Language Integrated Learning and Assessment. In J. Eckerth (Ed.), *Task-based language learning and teaching. Theoretical, methodological, and pedagogical perspectives* (pp. 227–290). Frankfurt: Lang.
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C. & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29, 403–413. <https://doi.org/10.1111/jcal.12029>
- Vygotsky, L. S. (1975). *Thought and language* (12. printing). Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (Ed.). (1981). *Mind in society. The development of higher psychological processes* [Nachdr.]. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Wagenschein, M. (1970). Die Sprache im Physikunterricht. In M. Wagenschein (Hrsg.), *Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken* (Bd. 1. Pädagogische Schriften. [2. Aufl.], S. 158–173). Stuttgart: Klett.
- Wang, M. & Eccles, J. (2011). Adolescent behavioral, emotional, and cognitive engagement trajectories in school and their differential relations to educational success. *Journal of Research on Adolescence*, 22(1), 31–39.
- Wang, M. & Eccles, J. (2013). School context, achievement motivation, and academic engagement: A longitudinal study of school engagement using a multidimensional perspective. *Learning and Instruction*, 28, 12–23.
- Weinrich, M. L. & Talanquer, V. (2016). Mapping students' modes of reasoning when thinking about chemical reactions used to make a desired product. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 394–406.
<https://doi.org/10.1039/C5RP00208G>
- Weise, G. (1975). *Psychologische Leistungstests. Ein Handbuch für Studium und Praxis*. Göttingen: Hogrefe.
- Weiß, R. H. (1971). *Grundintelligenztest Skala 2 CFT 20*. Göttingen: Hogrefe.
- Winnacker, E.-L. (2005). Wissenschaft als Gegenstand moderner Mediatisierung. In K. v. Aretin & G. Wess (Hrsg.), *Wissenschaft erfolgreich kommunizieren* (Erfolgsfaktoren der Wissenschaftskommunikation, S. 17–29). Weinheim: Wiley-VCH.
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 13–39). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012109890-2/50031-7>
- Zwier, L. J. (2002). *Building academic vocabulary*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Zydati, W. (2005a). *Deutsch–Englische Züge in Berlin (DEZIBEL). Eine Evaluation des bilingualen Sachfachunterrichts an Gymnasien: Kontext, Kompetenzen, Konsequenzen*. Frankfurt: Lang.
- Zydati, W. (2005b). Diskursfunktionen in einem analytischen curricularen Zugriff auf Textvarietten und Aufgaben des bilingualen Sachfachunterrichts. *Fremdsprachen Lehren und Lernen*, 34, 156–173.

Elternbrief

Sehr geehrte Eltern und Erziehungsberechtigte,

im Rahmen meiner Doktorarbeit mit dem Titel "Die Förderung vertiefter Lernprozesse durch Sachfachliteralität" würde ich gerne eine Untersuchung in der Chemieklassse Ihres Kindes durchführen. Die Untersuchung sieht wie folgt aus:

In Absprache mit den jeweiligen Lehrkräften wurde Material für eine Unterrichtsreihe zum Thema Redox Reaktionen konzipiert. Fachlich basiert dieses auf den Inhalten des Lehrplans und sprachlich auf den zu erforschenden Elementen zum vertieften Lernen. Der Unterricht findet nach einer kurzen Anleitung durch die Lehrkraft selbst statt. Vor und nach der Unterrichtsreihe werden anhand kurzer Tests relevante Schülermerkmale (z.B. Fachinteresse, Selbstregulation), die beim Lernen eine Rolle spielen, erhoben. Der zeitliche Aufwand der Studie beträgt jeweils eine Schulstunde für den Vor- und Nachtest und ca. 24 Schulstunden für die Unterrichtsreihe.

Die Teilnahme an der Studie ist für die Schülerinnen und Schüler freiwillig. Alle Angaben, die wir von Schülerinnen und Schülern erhalten, werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen unter [aus Datenschutzgründen entfernt] gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

Teresa Connolly

Betreuer: [aus Datenschutzgründen entfernt]

✂-----

Einverständniserklärung zur wissenschaftlichen Studie

"Die Förderung vertiefter Lernprozesse durch Sachfachliteralität"

Ich bin/Wir sind damit

- einverstanden,
- nicht einverstanden,

dass mein/unser Kind im Rahmen der wissenschaftlichen Studie an den Fragebogenerhebungen teilnimmt und die dadurch gewonnenen Daten anonymisiert für wissenschaftliche Zwecke verwendet werden.

Name des Schülers/der Schülerin

Ort, Datum

Unterschrift eines Erziehungsberechtigten

Vortest

VORTEST_7/8

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 45 Minuten Zeit dafür.

Dein Identifikationscode:	
ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter (z.B. ANNA):	____
ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters (z.B. JAMES):	____
ersten beiden Ziffern deines Geburtsdatums (21.04.1999):	____

Schule: _____ Klasse: _____

Geschlecht: männlich weiblich Alter: _____ Jahre

Nationalität: _____

Fächer, in denen du bilingualen Unterricht hast: _____

Deine letzte Zeugnisnote in Chemie: _____ Englisch: _____

Bist du mehrsprachig aufgewachsen? Wenn ja, mit welchen Sprachen?

nein

ja, und zwar mit _____

Bitte jeweils nur eine Möglichkeit ankreuzen.		nie oder fast nie	einmal im Monat	mehrmals im Monat	ca. einmal pro Woche	(fast) jeden Tag
1	Wie oft liest du englischsprachige Bücher ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Wie oft siehst du Filme auf Englisch?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Wie oft kommunizierst du mit Freunden auf Englisch (auch z.B. Brieffreundschaften oder Chatkontakte)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Wie oft kommunizierst du mit Freunden in einer anderen Sprache als Englisch oder Deutsch)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vortest

Hier geht es um deine Einstellung zum fremdsprachlichen Chemieunterricht.

Lies dir die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, welche der Antwortmöglichkeiten am ehesten zutrifft. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel-mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
1 Ich mag Chemie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Chemie ist mir gleichgültig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Der Chemieunterricht hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Wie häufig (schätzt du) denkst du beim Bearbeiten von Aufgaben im bilingualen Chemieunterricht auf Deutsch bzw. auf Englisch ? <input type="checkbox"/> ausschließlich auf Deutsch <input type="checkbox"/> eher auf Deutsch <input type="checkbox"/> etwa zu gleichen Teilen auf Deutsch + Englisch <input type="checkbox"/> eher auf Englisch <input type="checkbox"/> ausschließlich auf Englisch					
10 Wenn du im bilingualen Chemieunterricht Texte auf Englisch lesen oder Aufgaben lösen sollst, übersetzt du sie dann für gewöhnlich erst ins Deutsche? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> kommt drauf an nämlich _____ _____					
11 Wenn du im bilingualen Chemieunterricht einen Text auf Englisch schreiben sollst, formulierst du ihn dann direkt auf Englisch oder zuerst auf Deutsch und übersetzt ihn dann? <input type="checkbox"/> Ich formuliere ihn direkt auf Englisch. <input type="checkbox"/> Ich formuliere ihn erst auf Deutsch im Kopf vor.					
12 Wie werden Ergebnisse des Chemieunterrichts in der Regel festgehalten? <input type="checkbox"/> schriftlich <input type="checkbox"/> mündlich <input type="checkbox"/> etwa zu gleichen Teilen schriftlich und mündlich					

Vortest

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
13 Im fremdsprachlichen Chemieunterricht verstehe ich nicht genau, was inhaltlich gemeint ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht weniger Chemie lernt als im normalen Chemieunterricht .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Ich bin der Ansicht, dass ich einen Fachtext auf Englisch in der Regel häufiger lesen muss als einen vergleichbaren Fachtext auf Deutsch .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Mir ist aufgefallen, dass einige meiner Mitschüler im fremdsprachlichen Chemieunterricht nicht genau verstehen, was inhaltlich gemeint ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht durch die Fremdsprache als Arbeitssprache behindert wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 Wenn ich einen Fachtext auf Englisch lese, verstehe ich in der Regel mehr Wörter nicht , als wenn ich einen vergleichbaren Fachtext auf Deutsch lese.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19 Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht die gleichen Inhalte lernt, wie im normalen Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20 Ich bin der Ansicht, dass man im fremdsprachlichen Chemieunterricht seine Englischkenntnisse mehr verbessert , als wenn man nur am normalen Englischunterricht teilnimmt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21 Ich bin der Ansicht, dass der Chemieunterricht für mich interessanter wird, wenn er auf Englisch abgehalten wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22 Ich bin der Ansicht, dass Chemie auf Englisch anstrengender ist als Chemie auf Deutsch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23 Ich bin der Ansicht, dass ich mir die Inhalte besser merke , wenn ich in Chemie auf Englisch unterrichtet werde, als wenn auf Deutsch unterrichtet wird.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24 Ich finde es wichtig , dass man im Chemieunterricht beigebracht bekommt, wie man chemiespezifische Sachverhalte sprachlich angemessen ausdrückt .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vortest

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
25 Ich finde es schwierig, Fachsprache in Chemie zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26 In unserem Chemieunterricht wird gezielt auf fachsprachliche Aspekte geachtet , z.B. um uns beizubringen, wie man verschiedene Materialien auswertet, welches Vokabular man dabei verwendet oder wie man sich zu Inhalten äußert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27 Ich finde es leicht, mich in Chemie fachsprachlich angemessen auszudrücken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28 Ich verstehe manchmal nicht, was mit bestimmten Fachausdrücken in Chemie gemeint ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29 Ich verwende manchmal in Chemie Fachbegriffe , ohne sie ganz zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30 Ich kann mich in allen Fächern fachsprachlich angemessen ausdrücken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31 Ich verstehe manchmal nicht, was mit bestimmten Fachausdrücken in anderen Fächern gemeint ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32 Ich verwende manchmal in anderen Fächern Fachbegriffe, ohne sie ganz zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33 Ich kann mich mündlich leichter ausdrücken als schriftlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34 Ich kann mich schriftlich genauer ausdrücken als mündlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35 Ich kann mich mündlich auf Deutsch insgesamt besser ausdrücken als auf Englisch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36 Ich kann mich schriftlich auf Deutsch insgesamt besser ausdrücken als auf Englisch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vortest

Hier geht es darum, wie gut du eigenständig arbeiten kannst.

Lies dir die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	trifft nicht zu	trifft kaum zu	trifft eher zu	trifft genau zu
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Wenn der Lehrer / die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgeregt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vortest



1. Decide which of the following statements is true or false and say how sure you are.

	true	false	uncertain	How sure are you?		
				not at all	some-what	totally
During a chemical reaction, substances with new properties are formed.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Metal oxides conduct electricity	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
An oxidation is the same as a reduction.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Sodium can be used for household materials like pots and pans.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Noble metals are easier to extract from their compounds than ignoble metals.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Copper can „steal“ oxygen from iron oxide.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Redox reactions are reactions which include reduction and oxidation reactions.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Redox reactions are displacement reactions.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
A combustion reaction is an endothermic oxidation	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			

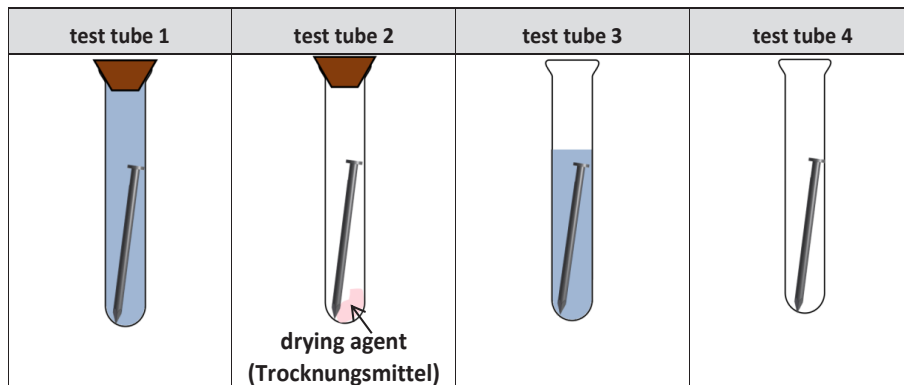
2. Tick the correct answer(s) and say how sure you are.

	How sure are you?		
	not at all	some-what	totally
<p>a.) The same reaction takes place during the combustion of iron wool and</p> <p><input type="checkbox"/> the combustion of magnesium</p> <p><input type="checkbox"/> the corrosion of iron wool</p> <p><input type="checkbox"/> the displacement reaction (Austauschreaktion) of iron and copper oxide</p> <p><input type="checkbox"/> the displacement reaction of iron and aluminum oxide</p>			
<p>b.) In which reaction does a reduction take place?</p> <p><input type="checkbox"/> magnesium + oxygen → magnesium oxide</p> <p><input type="checkbox"/> silver oxide → silver + oxygen</p> <p><input type="checkbox"/> iron oxide + aluminum → iron + aluminum oxide</p> <p><input type="checkbox"/> copper oxide + carbon → copper + carbon dioxide</p>			

Vortest

c.) In order to protect iron boats, sacrificial anodes (Opferanode) made of _____ are attached to the bottom of the boats.	
<input type="checkbox"/> sodium <input type="checkbox"/> magnesium <input type="checkbox"/> gold <input type="checkbox"/> copper	
d.) Which reaction is exothermic? <input type="checkbox"/> combustion of magnesium <input type="checkbox"/> reaction of sodium in the air <input type="checkbox"/> oxidation of gold <input type="checkbox"/> reduction of silver oxide	

3. Which iron nail will corrode (rosten) quickest? Order them and give short explanations.



The iron nail in test tube _____ corrodes **most** because _____

_____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **fairly** because _____

_____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **least** because _____

_____.

The iron nail in test tube _____ **does not corrode at all** because _____

_____.

Vortest

4. Name 5 characteristics of a good scientific explanation.

- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

5. Decide which explanation is the best and give a short reason for your decision.

5.1 CORROSION (Rost)

- a.) Corrosion happens for example on old cars or fences when they are not painted.
- b.) If iron is exposed to water and oxygen, then the metal will corrode because a redox reaction takes place.
- c.) In our experiment, only the iron nail rusted, which was in the test tube with water and oxygen. If there was no water, nothing happened.

Explanation _____ is best because _____

5.2 SALT WATER IN WINTER

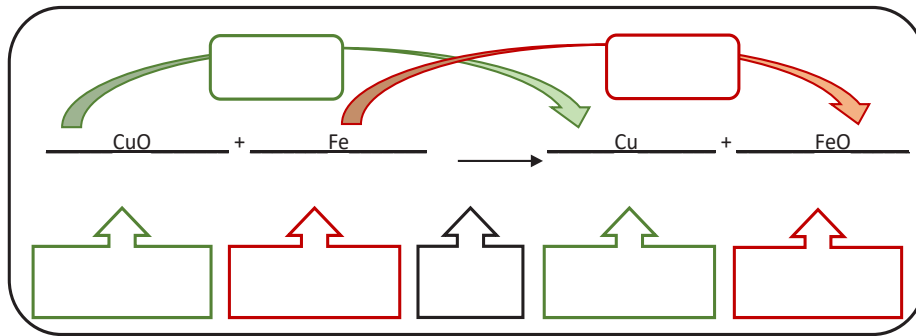
- d.) In winter, salt is put on the road. Then it melts the snow and the salt dissolves in the water. Then the salt water gets on the car which starts to corrode.
- e.) Rusting happened much faster last winter than the summer before. My father told me that the cold destroyed some metal parts on the outside of the car. I just put some new paint on the corroded parts and the car looked like new.
- f.) An increased salt usage in winter leads to a rising corrosion rate. The reason for that is that the salt dissolves in the melted snow forming a solution of highly reactive particles. The effect is that the solution accelerates the oxidation reaction.

Explanation _____ is best because _____

Vortest

6. Assign the correct terms to the reactants and products of the chemical reaction.

oxidation, reduction, got reduced, oxidizing agent, got oxidized, redox-reaction, reducing agent



7. Write a scientific explanation on how to ignite a fire.

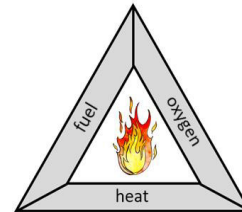
Use the following terms:

combustion (Verbrennung),

components: fuel, oxygen, heat

reactants: flammable wood (brennbar), fuel, heat generation, oxygen from air

exothermic reaction, products, carbon dioxide, energy, heat, light



Principle:

Reason:

Observation:

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Verlaufsplan

Einführung in die Eigenschaften der Metalle (3 x 45 Minuten)					
Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5	Einstieg	Neues Thema wird vorgestellt und Place Mat Methode erklärt.	SuS schreiben zunächst einzeln alles in ihr Feld der Place Mat.	LV	Place Mat HB: Bilder Metalle
				EA	
	Erarbeitung I	Falls SuS Probleme mit der Ideenfindung haben, wird ein Blatt mit Bildern verschiedener Metalle und ihren Verwendungsmöglichkeiten ausgelegt	Dann sprechen sie sich ab, was in das gemeinsame Feld zur Vorstellung der Gruppenarbeit soll. Die Begriffe können entweder auf Englisch oder Deutsch genannt werden.	GA	
10	Sicherung	Gruppenpräsentation wird moderiert und Schülerantworten werden an der Tafel gesammelt. (Tafelbild entsprechend AB)	SuS präsentieren ihre Ergebnisse und fügen die Begriffe in die Tabelle auf dem AB ein.	LSG	Tafel AB: Eigenschaften der Metalle
5	Übung		Aufgabe 2: Sätze werden eigenständig formuliert.	EA	AB: Eigenschaften der Metalle
5	Problemtisierung		Warum werden Metalle für genau diese Dinge verwendet?	LV	
	Überleitung		Das soll jetzt genauer durch ein paar Experimente in Stationenarbeit überprüft werden.	LV	
40	Erarbeitung II	Lehrer steht beratend zur Seite und gibt den Wechsel der Stationen bekannt bzw. weist auf die bereits vergangene Zeit hin	Versuche werden in Stationsarbeit durchgeführt	GA	Versuchsmaterial, AB zur Stationsarbeit
10	Sicherung II	Moderation, gemeinsame Beantwortung der Frage, warum Metalle als... verwendet werden	SuS präsentieren ihre Ergebnisse und füllen Datenlücken der Experimente aus, die sie selbst nicht durchgeführt haben	LSG	AB: Stationsarbeit
5	Puffer/ Erklärung der Hausaufgaben	Ein Diagramm zur Leitfähigkeit der Metalle ist zu erstellen und schriftlich zu beschreiben. Außerdem soll erklärt werden, welches der Metalle vermutlich zur Herstellung elektrischer Stromkabel verwendet wird. Die neuen Vokabeln sind mit Hilfe des Vokabelblattes zu lernen.		EA	AB: Eigenschaften der Metalle Vokabelblatt
10	Einstieg/ Besprechung der Hausaufgabe	Lösung: Kupfer wird zur Herstellung elektrischer Stromkabel verwendet, auch wenn Silber eine noch höhere Leitfähigkeit besitzt. Silber wäre aber zu teuer.		LSG	AB: Eigenschaften der Metalle

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Verlaufsplan

Vertiefung	5	Überleitung und Problematisierung	Jetzt wissen wir, dass Metalle wie zum Beispiel Kupfer den elektrischen Strom leiten. Aber wie tun sie das genau? Dazu bearbeitet ihr jetzt die Aufgaben 3 und 4 auf dem AB in PA.	LV	
	20	Erarbeitung	Lehrer steht beratend zur Seite. 1. Text zur Aufgabe 3 wird gelesen und eine Zeichnung zur elektrischen Leitfähigkeit angefertigt. Diese ist mit dem Lösungsblatt zu kontrollieren. 2. Erfindung der Sauna aus rostfreiem Stahl soll mündlich diskutiert und anschließend schriftlich festgehalten werden.	PA	AB: Stationsarbeit, LB: elektrische Leitfähigkeit
	10	Sicherung	Texte zur rostfreien Stahlsauna werden vorgelesen und Verständnisfragen geklärt. Abschließend zusammenfassen (lassen): Metalle werden als ... verwendet, weil sie ...	PA	AB: Stationsarbeit

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit
AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

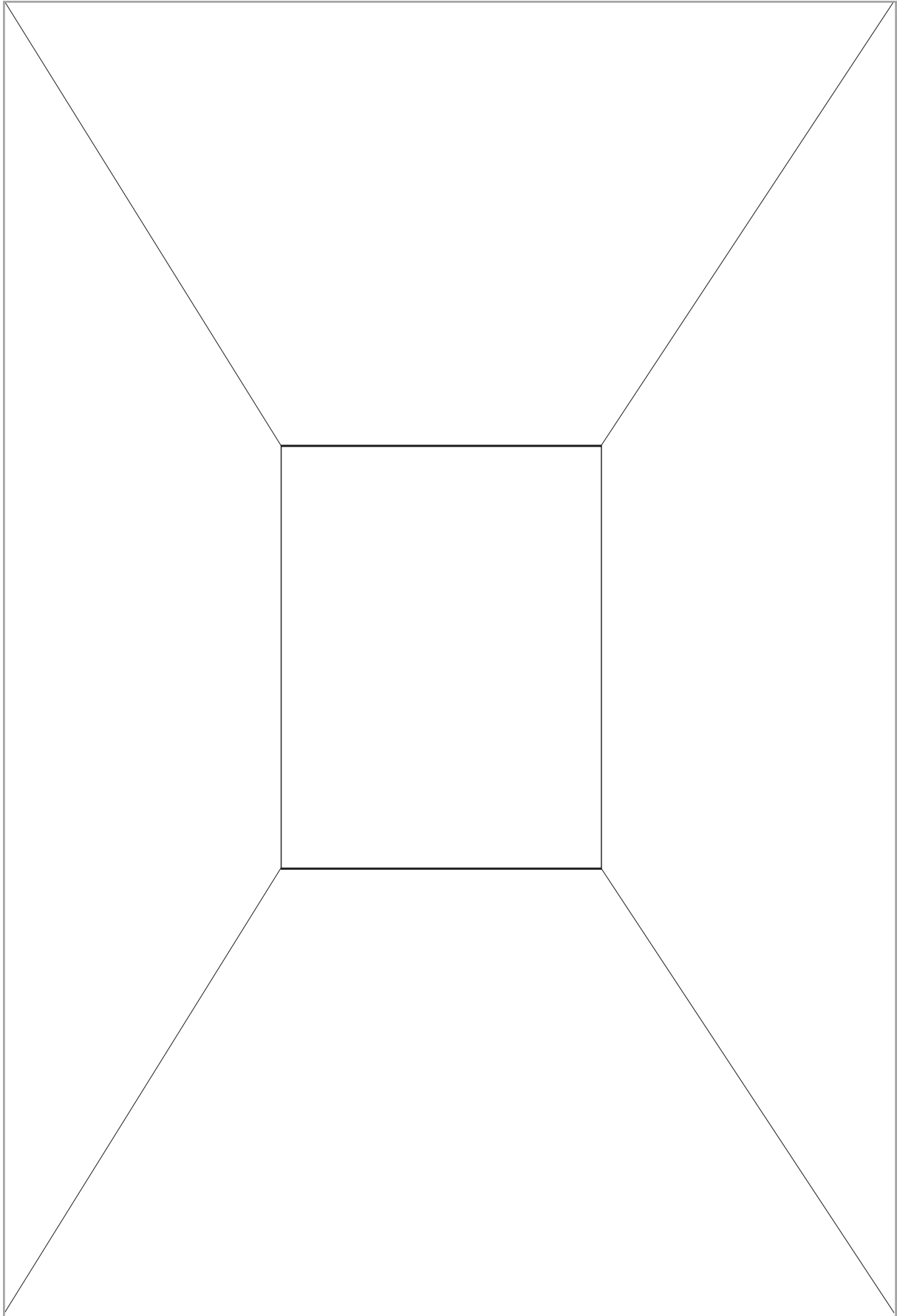
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Bild zum Einstieg



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Placemat zur Erarbeitung



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Stationenlernen

Investigating the properties of metals

Experiment 1: malleability (Verformbarkeit)

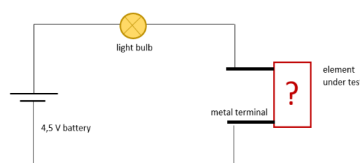
- Chemicals:** different metal samples
- Material:** sandpaper
- Procedure:** describe the state of matter of your metal sample
clean the metal piece with some sandpaper and describe its appearance before and after the cleaning process
investigate the malleability of your metal strip
test the metal's magnetic property

Experiment 2: thermal conductivity (Wärmeleitfähigkeit)

- Chemicals:** different metal samples, piece of wood and graphite
- Material:** beaker, hot water
- Procedure:** fill a beaker with hot water
put rods (Stäbe) of your metal, wood and graphite in a beaker
by touching the rods with your hands, decide which one changes temperature first

Experiment 3: electrical conductivity (Elektrische Leitfähigkeit)

- Chemicals:** different metal samples
- Material:** battery, light bulb, electric wires
- Procedure:** set up an electric circuit as shown in the figure and test your metal for electrical conductivity



Experiment 4: density (Dichte)

- Chemicals:** different metal samples
- Material:** scale, 10 ml measuring cylinder, water
- Procedure:** weigh your metal piece and write down the value
fill the measuring cylinder with 5 ml water
put your metal piece into the cylinder and read the water level
calculate the density of your metal using the following equation:

$$\text{density} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}}$$


example: 2 grams of magnesium increased the water level by 1,1 ml. $\frac{2 \text{ g}}{1,1 \text{ ml}} = \text{density of } 1,8 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Stationenlernen

 1 Collect your observations in the table.

metal samples	copper	iron	magnesium	aluminum
state of matter				
color of metal surface before cleaning				
color of metal surface after cleaning				
malleability				
magnetism				
thermal conductivity				
electric conductivity				
density				
grey, black, blue, silver, shiny, dull (matt), solid, liquid, gaseous, brittle (brüchig, spröde), hard, malleable (verformbar), conductive (leitend), conducts electricity/heat (leitet den elektrischen Strom/die Wärme)				

 2 Present your observations in class and fill out the remaining gaps with the information of other groups.

The	experiment investigation study	showed revealed	that	metals (copper, iron, magnesium, aluminum) non-metals like glass or plastic)	are	hard/soft/shiny/dull
It was	found shown				have a show a	high/low ... density/malleability/ electric conductivity/ thermal conductivity

 3 Define the term *metal*.

Metals are substances that are _____.

They conduct _____ and _____.

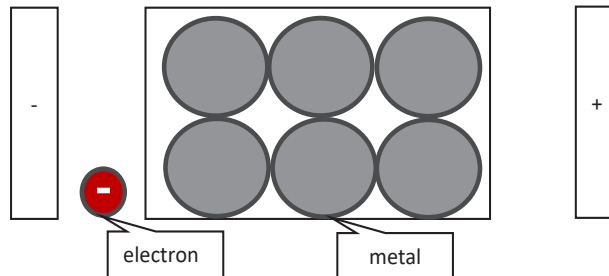
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Stationenlernen

4 Read the text about electrical conductivity in metals and finish the drawing of the metal.



Metals can do pretty cool things like conducting electricity and heat. But how do they do that? Metals consist of big particles that are held together by some smaller particles which serve as some form of glue. These smaller particles, also called electrons, are negatively charged, just like the particles of an electric current. If a metal wire is connected to a power source, these small particles rush through the metal like water through a hose (Schlauch). Just as water always travels toward the lowest level, negatively charged electrons always flow away from the negative and towards the positive pole.



5 Evaluate your friend's new invention of a Finnish sauna (100°C) made out of stainless steel (rostfreier Stahl). Remember what you have learned about thermal conductivity!

Wood is the better thermal conductor and therefore used in spas.

It would be a lot quicker to heat up a metal sauna.

The metal would take too much energy away from the human body.

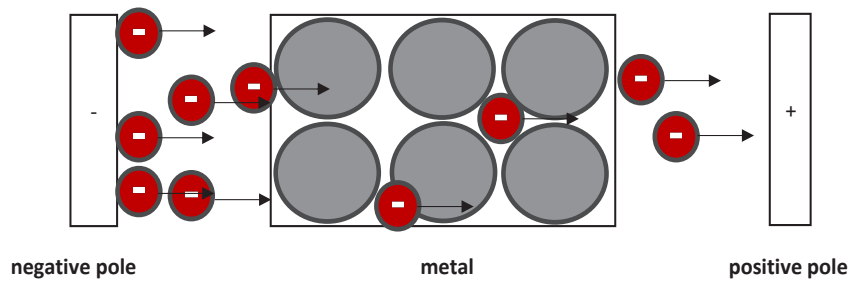
What do you think?

Decide whether you would go to his new Finnish sauna or not. Give some reasons for your answer.

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Lösungsblatt

solution card task 3



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt

REDOX

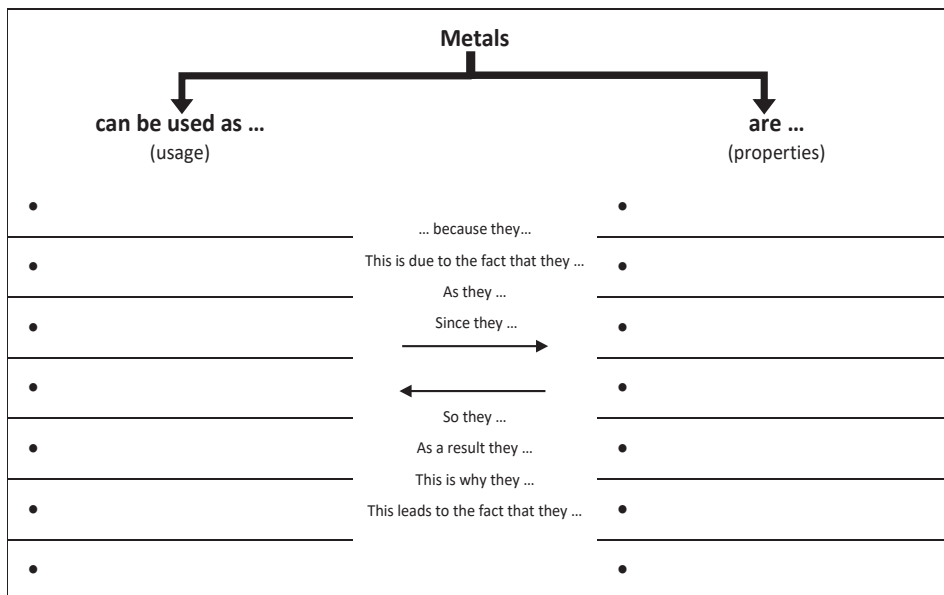
PROPERTIES OF METALS


 1 Fill out the table using the following words:

wires – alloys – ductile – pots and pans – malleable – electrical wires – forming alloys – tools, equipment – construction material – hard – lustrous (shiny) – thermic conductors – electrical conductors – jewelry

Make sure to write matching words in each line.

For example: *Metals can be used as construction material because they are hard.*



 2 Write four example sentences using the structure above. Try to use specific examples instead of just writing *metals* in general.

For example: *Silver is a very hard and shiny metal. As a result, it can be used as jewelry.*

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt



3 Draw a bar chart showing the electrical conductivity of all metals listed.

Procedure:

1. draw an x-axis and y-axis
2. label and scale the axes
3. enter the particular value of electrical conductivity for each metal by drawing a bar and writing the value on top

for example:

13

20

metal	electrical conductivity [S/m]	price [US\$/kg]
gold	45	3702
silver	63	51
copper	56	6
aluminium	37	2
iron ore	10	0,08
tin	8	21
led	5	2



4 a.) Describe the bar chart using the help sheet on how to describe a diagram.

b.) Explain which metal is most certainly used as electrical wire (also have a look at the prices).

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

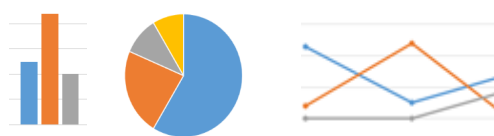
Hilfsblatt: How to describe a diagram

HOW TO DESCRIBE A DIAGRAM

A diagram can take several shapes and be used to represent different aspects. For a complete description/explanation of such a diagram, you need to consider the following three steps:

1 Introduction.

What kind of a diagram is it and what is it about? Where is it from (source, year)?

The	diagram/figure/graph bar chart pie chart line graph/ line chart 	is about represents (stellt dar) shows (zeigt) depicts (beschreibt) exams (untersucht) deals with (beschäftigt sich mit)
	horizontal axis (waagerechte Achse/x-Achse) vertical axis (senkrechte Achse/y-Achse)	
It	is taken from ... consists of ... bars/slices/graphs that vary in the range of ... and ...	

2 Description.

**What does the diagram tell you? What is most striking (minimum, maximum)?
Use specific numbers from the diagram!**

The graph shows that... (Der Graph zeigt, dass)	the	first green striped/dotted	bar slice graph	...is bigger/smaller thanis as big/small asis twice as big/small as ...
It can be seen that ... (Es wird deutlich, dass ...)	the number of ...	increases decreases	moderately sharply	between ... and ...
According to the diagram, ... (Laut des Diagramms ...)		remains the same/ does not change		after... before ...
The bars indicate that ... (Die Balken zeige, dass ...)	more than ... per cent ... only one quarter ...			
	less than half of is the largest. ... has the second largest amount of ...			

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Hilfsblatt: How to describe a diagram

Verbs describing change:

↗ move upward	↘ move downward	→ remain steady
to increase (größer werden)	to decrease (kleiner werden)	to remain (verbleiben)
to incline (sich neigen)	to decline (abflachen)	to stay (bleiben)
to go up (steigen)	to go down (zurückgehen)	to level off (einpendeln)
to rise (aufsteigen)	to fall (fallen)	to persist (beharren)

Adverbs and adjectives indicating amount of change:

↔ small changes	↗↘ big changes	↔ no changes
slight(ly) (wenig)	immense(ly) (riesig)	consistent(ly) (gleichbleibend)
marginal(ly) (geringfügig)	enormous(ly) (gewaltig)	even (gerade, eben)
steady/steadily (stetig)	sudden(ly) (plötzlich)	stable (dauerhaft)
gradual(ly) (schrittweise)	drastically (drastisch)	constant(ly) (andauernd)

Linking adverbials:

Contrast	Addition	Reason
but (aber)	moreover (darüber hinaus)	because (weil)
while (während)	furthermore (des Weiteren)	since (seitdem)
whereas (wohingegen)	in addition (zusätzlich)	due to (aufgrund von)
in contrast to (im Gegensatz zu)	also (auch, ebenfalls)	that is why (darum)

③ Conclusion.

Wrap it all up! Summarize your findings briefly and use the information to explain your hypothesis or interpret the data.

The diagram	represents ...	and therefore, shows that (und zeigt demzufolge, dass ...)		
This pie/bar chart	(stellt dar)	and this can be taken to mean that... (und das kann in der Art gedeutet werden kann, dass ...)		
graph				
shape	of the	graph	Demonstrate that	
height		bar	(veranschaulichen,	
slices		pie chart	dass ...)	
So, it can be said that ... (Und deshalb kann gesagt werden, dass ...)				
And this leads to the conclusion that ... (Und das führt zu der Schlussfolgerung, dass)				
The graph can thus be used to ...	explain (erklären)	the hypothesis (Hypothese)		
(Die Grafik kann demnach verwendet werden, um ...)	predict (prognostizieren)	that ... (, dass ...)		
	depict (beschreiben, schildern)	the experiment (Experiment)		
	highlight (verdeutlichen)	the claim (Behauptung)		
	demonstrate (aufzeigen)	the assumption (Vermutung)		

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Hilfsblatt: How to describe a diagram

<p>bar chart</p>  <p>1995 2000 2005 2010</p> <p>cats dogs other</p>	<p>The number of...rose sharply between...and..., before plunging back down to its original level.</p> <p>Between...and... there were more...than...</p>	<p>Die Anzahl von ... ist zwischen ... und ... stark angestiegen und anschließend wieder auf das ursprüngliche Niveau von ... gefallen.</p> <p>Zwischen ... und ... gab es mehr ... als ...</p>
<p>pie chart</p>  <p>cats dogs fish snakes mice insects rabbits birds</p>	<p>The largest number of ... are in ...</p> <p>There are ... different kinds of pets.</p> <p>So, there are more than twice as many ... than ...</p>	<p>Die größte Anzahl an ... sind in...</p> <p>Insgesamt gibt es ... verschiedene Arten an Haustieren.</p> <p>Es gibt zweimal so viele ... wie ...</p>
<p>line chart</p>  <p>J F M A M J J O N D</p> <p>cats dogs other</p>	<p>The graph starts to climb steadily, peaking at...,</p> <p>Finally, it flattens out at a level of...</p> <p>A plateau at the level of... is visible.</p>	<p>Der Graph steigt zunächst beständig an, bis er bei ... den Höchststand erreicht.</p> <p>Anschließend flacht er auf einen Stand von ... ab.</p> <p>Er zeigt eine Stabilisierung auf einem Level von...</p>

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Vokabelblatt

VOCABULARY

PROPERTIES OF METALS

English	German	Definition/Example
metal	Metall	Metals are substances like iron, aluminum or silver.
non-metal ^{BE} nonmetal ^{AE}	Nichtmetall	Wood is a non-metal because it does not have metallic properties.
ductility	Dehnbarkeit	Copper is ductile because it can be pulled into long wires without tearing apart (auseinanderreißen).
ductile	streckbar, ausziehbar	
malleability	Verformbarkeit	Cars, pots and technological devices can be made of metals because metals are malleable. This means that they can be formed into specific shapes.
malleable	verformbar	
lustrous	glänzend	As metals are very lustrous, they are used for jewelry.
electrical conductivity	elektrische Leitfähigkeit	Metals are used as electric conductors, because they can transport electricity quickly.
thermic conductivity	Wärmeleitfähigkeit	Metals can „bring“ and „carry away“ heat. This is why they are used for cooking (bring heat) and to cool down computers (carry away heat).
conductivity	Leitfähigkeit	
to conduct	leiten, ausführen	You can also conduct a study.
alloy	Legierung	Alloys are mixtures of different metals. For example, steel is a mixture of iron and carbon.
to alloy	legieren	
gilding	Vergolden	Cheap metals are gilded to make them look prettier and more valuable.
particle	Teilchen	The smallest parts, a substance is made of, are called particles.
element	Element	A substance which is made of one element, it is said to be pure.
compound	Verbindung	A substance made of two or more pure elements. Other than in a mixture, all particles are arranged orderly and in a certain proportion.
noble metal	Edelmetall	Metals like silver and gold are noble.
ignoble metal/ base metal	unedles Metall	Metals like magnesium are ignoble.

2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Verlaufsplan

Metalle reagieren mit Sauerstoff – Kupferbrief (2 x 45 Minuten)

Stunde ist zweigeteilt, da vorheriges Thema 3 Stunden umfasst

Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10	Einstieg	Ideen werden an der Tafel gesammelt, ob (und unter welchen Umständen) Metalle reagieren können. <i>Last lesson we collected several properties and usages of metals. Today we want to find out whether metals can react and if they do so how?</i>	SuS nennen einige bereits bekannte Reaktionen auf Deutsch oder Englisch: <i>melting, gilding, corroding/rusting, oxidating, forging</i>	LSG	Tafel
		Schülerantworten stichpunktartig an die Tafel schreiben. <i>I have prepared an experiment for you to test some of your ideas</i>			
5	Überleitung	<i>Read the experimental set up and write a research question and a hypothesis.</i>		LV	
10	Erarbeitung	Dazu werden die Hilfsblätter ausgeteilt: How to write a question/hypothesis Einige Sätze werden anschließend kurz vorgelesen	SuS lesen die Durchführung und schreiben ihre Forschungsfrage und Hypothese auf das Arbeitsblatt	EA	AB: Kupferbrief HB: Fragen stellen HB: Hypothese
20	Experiment	Lehrer steht beratend zur Seite, gibt das Ende der Experimentierphase an	SuS führen in Kleingruppen (je ca.3-4 SuS) das Experiment durch	GA	AB: Kupferbrief Materialien und Geräte zum Versuch
	Auswertung		SuS füllen Lückentext zur Beobachtung auf.	EA	AB: Kupferbrief
10	Einstieg/ Wiederholung	<i>Last lesson you carried out an experiment. Please describe what you have done and what you observed.</i>	SuS fassen das Experiment der letzten Stunde zusammen lesen jeweils einen Satz der Beobachtung vor.	EV	AB: Kupferbrief
			SuS schreiben restliche Teile des Versuchsprotokolls auf und	PA	AB: Kupferbrief HB: Lösungskarten
Sicherung					
Hausaufgabe					
Experiment: Überprüfung der Frage „reagieren Metalle mit Sauerstoff“					

2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Verlaufsplan

			kontrollieren ihre Antworten mit den Lösungskarten.		
10	Sicherung	3 leere Kästchen und folgende Begriffe: reactants, copper, oxygen, oxidation, product und copper oxide werden für die Erklärung mit Hilfe des Teilchenmodells an die Tafel gezeichnet. Rückfragen werden beantwortet.	Prozesse während der Oxidation werden in das Teilchenmodell eingezeichnet und die Begriffe entsprechend zugeordnet.	LSG	Tafel
10	Vertiefung	Concept Cartoon: Wichtig ist hier, dass die Schüler falsche Antworten durch korrekte Begründungen ausschließen können <i>Think – Pair – Share (EA – PA – LSG)</i>	SuS argumentieren mit Hilfe der Satzmuster auf dem AB, dass es sich weder um Sonnenbrand, noch Rußablagerungen oder Zerfallserscheinungen handelt.	EA PA LSG	AB: Kupferbrief

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit
AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt, Einstieg

2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

METALS REACT WITH OXYGEN

Student experiment: The copper envelope **Research question:**

 **Hypothesis:**

I think if (I do this) _____

then (this is going to happen) _____

**1 Read the instructions and carry out the experiment.****Material:** copper sheet, Bunsen burner, tongs, matches**Procedure:** describe the copper sheet before the reaction (colour, lustre, malleability)

fold the copper sheet into a small envelope

heat up the copper in the Bunsen burner flame and observe



open the envelope again and collect your observations

 **Observations:**

properties of copper	before the reaction	during the reaction	after the reaction
colour			
lustre			
malleability			

2 Fill out the gaps to describe the copper sheet before, during and after the reaction. Use those words

hard, hard, brittle (zerbrechlich), red/coppery, red/coppery, original red/coppery, shiny, matt, matt,
black, black, shiny



At the beginning of the experiment, the copper sheet was _____, _____ and _____.

In the course of the reaction, the outside of the copper letter changed colour from _____ to _____. It also changed its surface appearance from _____ to _____.

2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Arbeitsblatt

After the reaction, the outside of the copper letter remained (bleiben) _____ and _____ like it has been during the reaction. It was also found that the inside of the copper letter kept its _____ colour. The experiment also showed that the metal changed its consistency (Beschaffenheit) as it is not as _____ anymore but rather _____.



3 Explain your findings.

a.) Connect the half sentences by drawing lines between them.

Observation:

In the beginning of the experiment, the copper sheet is red and shiny

When the sheet is heated in the blue Bunsen burner flame, it turns black on the outside.

The inside of the envelope remains unchanged and still looks coppery red.

The oxide has very different properties compared to the original metal.

Reason:

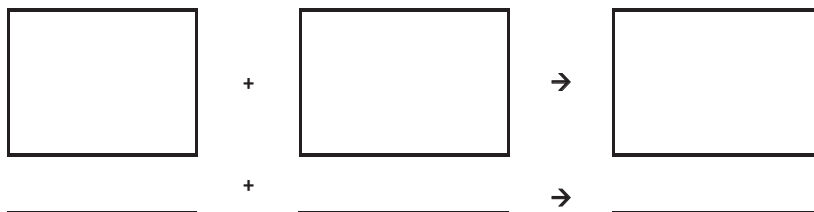
Due to the combination with oxygen, a new substance has formed. It no longer shares metallic properties like luster or electrical conductivity.

This is due to the fact that a chemical reaction takes place. Copper reacts with oxygen from the air to form a black powder. Chemists call a reaction with oxygen an **oxidation**. Products of oxidation reactions are called **oxides**. Thus, the black powder is copper oxide.

because it contains pure copper metal.

Since the oxygen from the air cannot get in contact with the metal, no oxidation takes place.

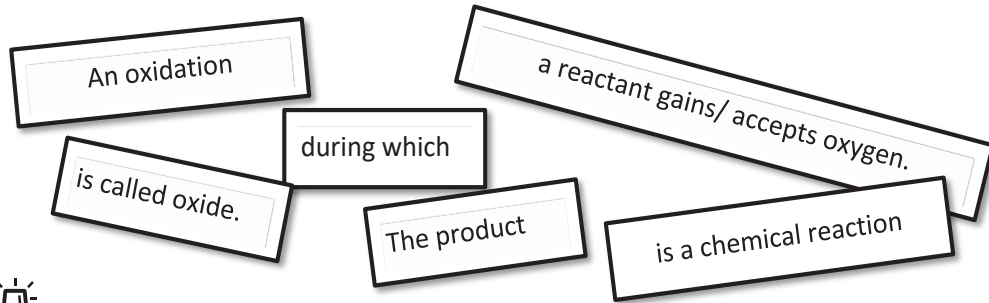
b.) Fill out the particle model and word equation.



2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

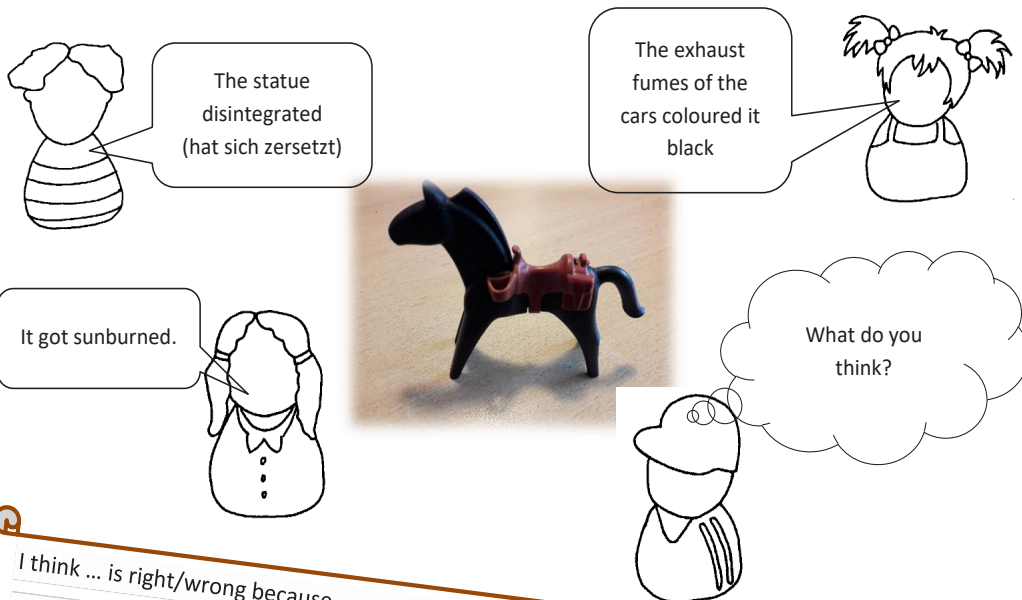
Arbeitsblatt

c.) Order the sentence chunks and write the correct definition into the red box.





4 Paul, Tom and Louise still have trouble understanding why their favorite statue made out of copper turned black. Now you are the expert and can discuss their problem in class.



I think ... is right/wrong because ...

I agree/disagree with ... because ...

In my opinion the statue turned black because ...

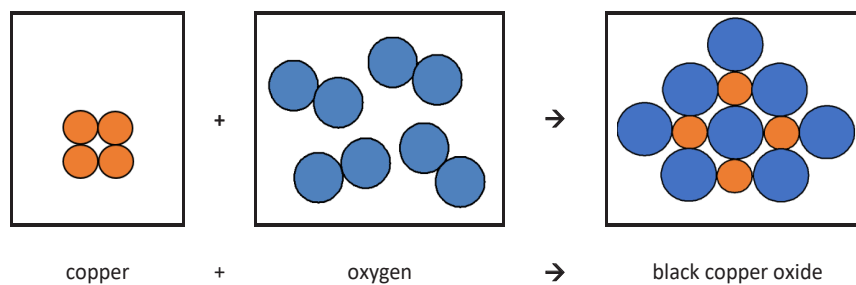
2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Arbeitsblatt

Solution sheet

a.)	Observation:	Reason:
	In the beginning of the experiment, the copper sheet is red and shiny	Due to the combination with oxygen, a new substance has formed. It no longer shares metallic properties like luster or electrical conductivity.
	When the sheet is heated in the blue Bunsen burner flame, it turns black on the outside.	This is due to the fact that a chemical reaction takes place. Copper reacts with oxygen from the air to form a black powder. Chemists call a reaction with oxygen an oxidation . Products of oxidation reactions are called oxides . Thus, the black powder is copper oxide.
	The inside of the envelope remains unchanged and still looks coppery red.	because it contains pure copper metal.
	The oxide has very different properties compared to the original metal.	Since the oxygen from the air cannot get in contact with the metal, no oxidation takes place.

b.)



c.) An oxidation is a chemical reaction during which a reactant gains/accepts oxygen. The product is called oxide.

2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Hilfsblatt: How to write a scientific question

HOW TO WRITE A GOOD SCIENTIFIC QUESTION

A scientific question is a particular question which can be answered by an experiment. Most of the times, it arises from (aus etwas entspringen) a bigger and more complex question, which cannot be answered easily.

Big and complex topic question:

- Why ...?

Why does a candle burn?

Small testable questions:

- What...?
- How...?
- Which...?

What is the effect of a burning candle?

What factors in the air cause a candle to burn?

How high does the temperature need to be to ignite (entzünden) a candle?

What is the relationship between the amount of oxygen added to a fire and the reaction speed?

What is the difference between a tea candle and the Olympic torch?

A GOOD SCIENTIFIC QUESTION:

① can be directly answered/ is testable

incorrect	correct
<u>Why</u> do we need water to live?	<u>How long</u> can we live without water?
☹ This is a bigger topic question which would need many experiments to be answered.	☺ This questions could be answered by an experiment

② does not depend on the opinion of people

incorrect	correct
Is the Eifel Tower <u>tall</u> ?	<u>Which</u> is the <u>highest</u> building in France?
☹ For somebody who has never seen skyscrapers it might be tall; for people from New York, the tower is rather small. → Do not use words like: big/small, near/far, high/low, hot/cold	☺ Anybody could compare the heights of all buildings in France and come up with the same results.

③ is very precise

incorrect	correct
Can a child lift <u>a lot of weight</u> ?	<u>How many kg</u> can a <u>12 year old student</u> lift?

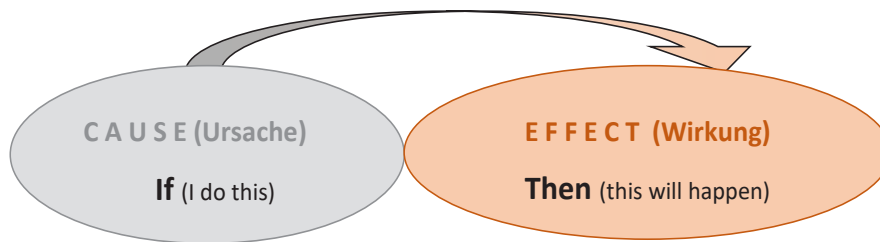
2. Einheit: Die Oxidation von Kupfer (Copper Letter)

Hilfsblatt: How to write a scientific hypothesis

HOW TO WRITE A GOOD SCIENTIFIC HYPOTHESIS

A scientific hypothesis (pl. hypotheses) is a temporary answer to a scientific question or a prediction of what will happen during an experiment. It is based on previous knowledge or observations and it needs to be verified (überprüfen) by experiments.

A hypothesis has the following structure: a **CAUSE** $\xrightarrow{\text{leads to a certain}}$ **EFFECT**



Example: **If** I eat 5 kg of chocolate every day $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get fat.

A GOOD HYPOTHESIS:

1 is testable

incorrect	correct
<i>If I <u>get lucky</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get strong muscles.</i>	<i>If I <u>exercise</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get strong muscles.</i>
☹ You cannot measure "getting lucky"	☺ Good, you can test this hypothesis.

2 predicts something

incorrect	correct
<i>If I <u>had taken</u> the bike to school this morning, $\xrightarrow{\text{then}}$ I would have been on time</i>	<i>If I <u>take</u> the bike to school tomorrow, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will be faster than if I walk to school.</i>
☹ "This morning" is already over	☺ Good, you can try tomorrow morning.

3 has a cause and an effect

incorrect	correct
<i>If I <u>do my homework</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will <u>go shopping</u>.</i>	<i>If I do my homework in the <u>rain</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will <u>get wet</u>.</i>
☹ This is a sequence of unconnected events but not a hypothesis with a causal relation.	☺ You can set up an experiment whether rain <u>causes</u> things to get wet.

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Verlaufsplan

Reagiert auch Eisen mit Sauerstoff? – Rost (2 x 45 Minuten)						
Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material	
10	Einstieg	Verschiedene korrodierte Gegenstände aus Eisen/Stahl werden präsentiert. <i>Please describe the photos.</i> <i>What do those objects have in common?</i> Rückgriff auf letzte Stunde: <i>Why are they made out of iron/steel?</i>	SuS beschreiben die Gegenstände und ihre Gemeinsamkeiten <i>They are all made out of steel/iron, are hard, shiny, silver are malleable, (conduct electricity and heat, are magnetic)</i>	LSG	Bilder verrosteter Gegenstände	
5	Problemtisierung	<i>What might be the problem with those objects</i>	<i>Corrosion/rust when metal gets wet outside (→ in contact with air/oxygen)</i>	LSG	s.o.	
5	Überleitung	<i>What would you like to know/investigate today?</i>	<i>Under which condition(s) does iron start to rust/oxidize</i>	LSG	s.o.	
25	Erarbeitung	Lehrer steht beratend zur Seite und beaufsichtigt den Versuchsablauf	SuS schreiben ihre Forschungsfrage und Hypothese auf, planen den Versuch zum Rosten und führen ihn in Kleingruppen durch. Die Beobachtungen werden protokolliert. Zum Planen der Versuchsdurchführung wird das Versuchsmaterial den SuS bereits zur Verfügung gestellt	GA	AB: Rost Versuchsmaterialien	
5	Einstieg	Moderation der Auswertung <i>Last lesson you investigated the corrosion of iron wool. Today we will look at the wool again and find out under which circumstances it corroded most.</i>	Beobachtungen des eigenen Versuchs werden eingetragen.	GA	AB: Rost Versuchsmaterialien	
15	Auswertung	Frage: handelt es sich um eine exotherme oder endotherme Reaktion und warum? Zur Überprüfung wird der Informationstext auf Deutsch gelesen	Es handelt sich um eine exotherme Reaktion, weil sie freiwillig abgelaufen ist. SuS lesen den Text zur Korrosion laut vor und überprüfen, ob ihre Antwort zur exothermen bzw. endothermen Reaktion richtig ist.	LSG	AB: Rost	
Experiment: Unter welchen Umständen rostet Eisen?						
Auswertung						

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Verlaufsplan

		<p>Das PRO Modell wird vorgestellt.</p> <p>Chemiker gehen bei ihrer Erklärung immer nach einem ganz bestimmten Schema vor. Sie verbinden JEDE ihrer Beobachtung mit einer passenden Erklärung. Dazu wird zunächst das zugrundeliegende Prinzip, das Gesetz oder die Regel genannt, welche/s für das Stattfinden der Reaktion verantwortlich ist. Dann muss der Chemiker noch sagen, warum genau das Prinzip zur Erklärung der Versuchsergebnisse verwendet werden kann.</p> <p>Prinzip: Der Konsum von ungesunden Lebensmitteln, die viel Zucker und Fett enthalten, führt unter anderem zu einer Gewichtszunahme.</p> <p>Observation: Wenn ich viel Schokolade esse, werde ich dick...</p> <p>Reason: ... weil Schokolade hauptsächlich aus Zucker und Fett besteht, welche bei übermäßigem Konsum für eine Gewichtszunahme verantwortlich sind.</p>	LV	HB: Erklären	
10	Auswertung	<p>Nach jeder Aufgabe werden die Lücken kurz gemeinsam besprochen. Eventuell können mehrere Beschreibungen der Reagenzgläser zusammengefasst werden falls gleiche Beobachtungen gemacht wurden.</p> <p>Auf Deutsch und mündlich fragen, wie Korrosionsreaktionen verhindert werden könnten.</p>	<p>Lückentext wird mit den Informationen aus dem Text und den Worthilfen ausgefüllt. Eine Wortgleichung und Definition des Begriffs Korrosion werden gemeinsam aufgestellt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anderes Metall verwenden - Vor Sauerstoff und Wasser schützen 	<p>PA dann LSG</p>	<p>AB: Rost</p>
15	Vertiefung/ Puffer		LSG	<p>AB: Rost</p>	

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit
 AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Bild zum Einstieg

Corroded objects



Sources: corroded bike chain: <https://pixabay.com/photos/healthy-eating-food-trace-element-3643921/>
corroded car: <https://pixnio.com/de/fahrzeuge/autos/auto-fahrzeug-rost-alte-metall-transport-automobil>
corroded bridge: https://cdn.pixabay.com/photo/2017/08/29/09/38/bridge-2692595__180.png
corroded ship: <https://pxhere.com/fr/photo/1397022>

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

METALS REACT WITH OXYGEN

Student experiment: _____



Research question:



Hypothesis:

I think if I expose (aussetzen) iron to _____

then it will _____

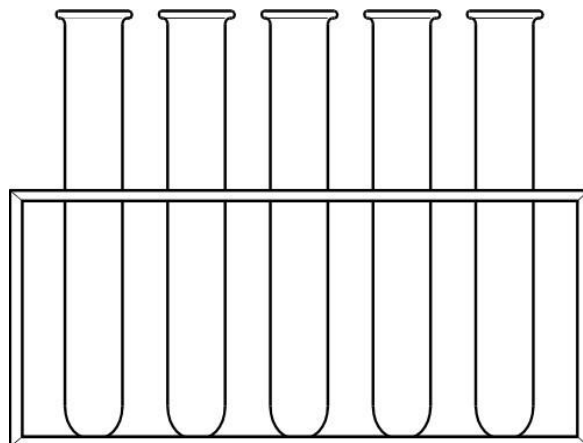


1 Plan an experiment to test your hypothesis. You may use the following material and chemicals:

Material: test tubes, test tube rack, cork stoppers**Chemicals:** iron nails, water, salt, oil

Procedure:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Sketch: (also label all chemicals and number the test tubes)

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Arbeitsblatt

 2 Carry out the experiment and collect your observations in the chart below.

the iron nail still looks the same as before: _____ and _____
 the iron nail changed its colour from _____ to _____
 the liquid in the test tube changed its colour from _____ to _____
 the iron nail/ the liquid "disappeared" (dissolved/ evaporated)
 silver, grey, shiny, dull, red, orange, brown, black, brittle

	test tube 1:	test tube 2:	test tube 3:	test tube 4:	test tube 5:
What did you fill the test tubes with?	_____	_____	_____	_____	_____
What did you observe?	_____	_____	_____	_____	_____
after _____ minutes	_____	_____	_____	_____	_____
after _____ days	_____	_____	_____	_____	_____

 3 Discuss whether corrosion is an exothermic or an endothermic chemical reaction.

Read the text to check your answer.

KORROSION ist ein natürlicher Prozess. So wie Wasser auch immer nach unten fließt, streben alle natürlichen Prozesse Zustände **niedrigster Energien** an. So haben auch Eisen und Stahl eine natürliche Neigung sich mit anderen Elementen zu verbinden, um zu niedrigen Energiestadien zu gelangen. Dazu verbinden sich **Eisen und Stahl** häufig mit **Sauerstoff und Wasser**, welche beide fast überall zu finden sind. Das Produkt dieser chemischen Reaktion nennt man **Eisenhydroxid**. Der Aufbau der Teilchen ist dabei sehr ähnlich wie der des **Eisenoxids**, welches in vielen **Eisenerzen** natürlich vorliegt.

(Davis, 2000, S.1, übersetzt)

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Arbeitsblatt



4 Explain your results. Use the PRO-Model (Principle – Reason – Observation) and the word box.



oxygen – oxygen – water – water – hydrated iron oxides – lowest energy states – exothermic – oxidation – natural processes
silver – corrosion – iron nail – brown

Principle: State the general rule/law/theory/model your explanation is based on.

In general, all _____ show a tendency towards their _____.

Reason: Draw a logical connection between the general law and your observation.
Why does the general rule apply (zutreffen) to your data?

For iron and steel, such low energy states are possible in the form of _____
_____. This means that an _____
chemical reaction called _____ takes place as soon as all necessary reactants are
available. Besides iron, these are _____ and _____.

Observation: Describe and reason your observations. Use the following causal constructions:
*If ..., ... and ... react together, then ... is formed/ generated ... because/ since/ as/ due to
the fact that ... The effect is that ...*

If an iron nail gets in contact with _____ and _____, a chemical reaction called
_____ takes place because both necessary reactants are present. The effect is that
the _____ changes its colour from _____ to _____.

5 Write down a word equation for the corrosion of iron.

_____ + _____ + _____ → _____

6 Define the term corrosion. Use the following words:

slow exothermic chemical reaction, corrosion, oxidation, water, oxygen, iron, iron hydroxide.



_____ is a _____ during which _____, _____ and
_____ react together in an _____ reaction. The Product is called _____.

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Hilfskarte

Help card: procedure

Fill out the blanks with the following words:

test tube - five test tubes - iron nails - test tube rack - cork/rubber stopper - five minutes
one day/week – filled, oil, water, salt water, sugar water, cotton balls, cork stopper, ...

First, _____ are put into a _____.

Then, one _____ is placed into each _____.

Test tube 1 is also filled with _____ and closed with a _____.

To test tube 2 _____ is added.

To test tube 3 _____

To test tube 4 _____

To test tube 5 _____

Once all test tubes are _____, the reactions are _____ after

_____ and _____.

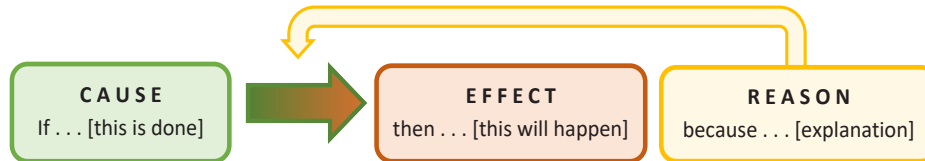
3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Hilfsblatt: How to write a scientific explanation

HOW TO WRITE A GOOD EXPLANATION

An explanation is an answer to a scientific question based on facts, concepts, or rules. It explains why things happen, what they are made up of or how they work.

In general, a **causal explanation** has the following structure:



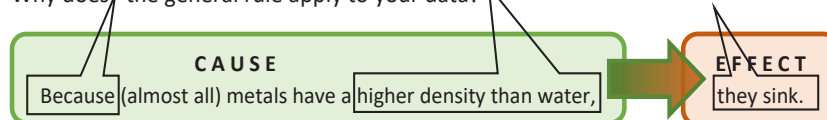
Example: **If** I eat too much chocolate, **then** I will get fat **because** chocolate contains lots of unhealthy ingredients responsible for weight gain.

For a longer explanation, use the PRO Model and you will never forget anything!

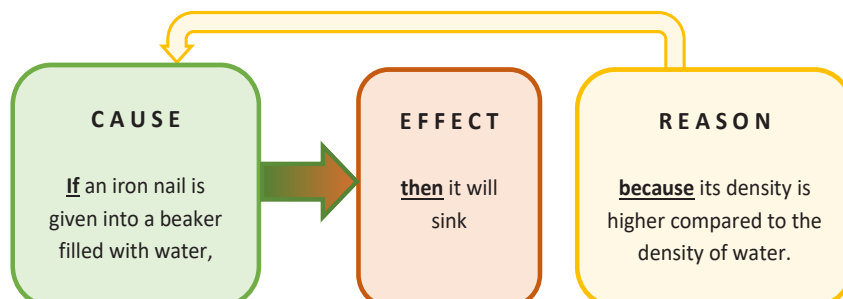
Principle: State the general rule/law/theory/model your explanation is based on.

In general, all objects with a higher density than water sink.

Reason: Draw a logical connection between the general law and your observation. Why does the general rule apply to your data?



Observation: Describe and reason your observations. Use the following causal constructions:



You can also turn the PRO Model around.

Therefore, start with your particular experiment and transfer (übertragen) your findings to a bigger group of substances.

3. Einheit: Die Oxidation von Eisen (Corrosion)

Hilfsblatt: How to write a scientific explanation

- Claim:** Write one sentence about something that you want to explain later.
Iron nails sink.
- Evidence/ Observation:** Back up your claim with facts/observations
*If ... and ... react together, then ... is formed/caused
The effect is that...*
- Reason:** Say why your observations explain your claim.
Because/since/as/due to the fact that... This means that...
- Principle:** Can you transfer your claim to something bigger (all metals in general?)
In general,... /As the law/rule/ theory of...says...

A GOOD CAUSAL EXPLANATION HAS:

① ideas connected with causal links

incorrect	correct
If I get in the pool, <u>then</u> I will get wet and <u>then</u> I will get cold. ⊖ This is just a chronological order of steps.	If I get in the pool, I will get cold because water has a higher thermal conductivity than air. As a result , I lose heat much quicker and consequently feel cold.

② ideas ordered chronologically and linked by sequential connectives

incorrect	correct
<u>At the end</u> , I got in the pool <u>before</u> I got cold.	First , I got in the pool, then I got wet, after that I got cooler, in the end I was freezing.

③ reasons based on relevant rules, concepts and definitions

incorrect	correct
If water is heated up to 100°C, it boils <u>because I say so</u> .	If water is heated up to 100°C, it boils because it has reached its boiling point .

④ experimental data like observations and measurements as back up

incorrect	correct
... because <u>my father once told me so</u>	The experiment showed that water boils at exactly 100°C.

⑤ present tense

incorrect	correct
Heat <u>caused</u> the water to boil.	Heat causes water to boil.

⑥ scientific terms

incorrect	correct
bubbling point, burning, glass mug	boiling point, combustion, beaker

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool)

Verlaufsplan

Reaktivitätsreihe (Natrium/Magnesium/Eisen/Kupfer) (2 x 45 Stunden)

Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5	Einstieg	<i>We already know that iron and copper react with oxygen. Which reaction takes place again?</i>	<i>The oxidation of iron and copper to form iron hydroxide and copper oxide.</i>	LSG	
5	Frage	<i>Who thinks that those oxidation reactions can also take place with other metals? Which metals could that be?</i>	SuS äußern ihre Vermutung per Handzeichen. Zahlen für ja und nein können an die Tafel geschrieben werden	LSG	Tafel
30	Erarbeitung	Lehrerversuch: Oxidation von Natrium an der Luft, Verbrennung von Magnesium Zur Auswertung aufgreifen: Kupferbrief	Schülerversuch: Verbrennung von Eisenwolle	LV GA	Versuchsmaterial, AB Reaktivitätsreihe
5	Auswertung		Beobachtungen zu den Experimenten werden in Tabelle 2 und 3 festgehalten	GA	AB Reaktivitätsreihe
10	Einführung	Zusammenhang zwischen Beobachtung und Erklärung wird gemeinsam besprochen. Beobachtung: makroskopisch, sichtbar Erklärung: mikroskopisch, Teilchenebene (siehe Filmstreifen auf dem AB)		LSG	AB Reaktivitätsreihe
25	Erarbeitung		Aufgabe 4-7 werden in PA durchgeführt und die Antworten mit dem Lösungsblatt verglichen	PA	Lösungsblatt zur Reaktivitätsreihe
5	Sicherung	Die Ergebnisse werden kurz präsentiert und Verständnisfragen geklärt.		LSG	Tafel, AB Reaktivitätsreihe
5	Puffer/ Hausaufgabe		Aufgabe 8: Anhand der Reaktivitätsreihe wird eine Hypothese aufgestellt, wie sich Natrium und Silber in Wasser verhalten im Vergleich zur Eisenwolle.	EA	AB Reaktivitätsreihe
	Experimente: Metalle oxidieren				
	Auswertung				
	Vertiefung				

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GW: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit

AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

METALS REACT WITH OXYGEN

Student experiment: Combustion of iron wool**1 Carry out the experiment:****Material:** Bunsen burner, beam balance (Balkenwaage)**Chemicals:** iron wool

Procedure: describe the properties of iron wool before the reaction
 attach two small pieces of iron wool onto the beam balance and ignite one piece
 describe the pieces of iron wool after reaction

2 Collect your observations about the combustion (Verbrennung) of iron wool in the chart below.

IRON	iron wool before the reaction	iron wool after the reaction
colour/ surface appearance		
aggregate state/ consistency (Beschaffenheit)		
malleability (Verformbarkeit)		
electrical conductivity (elektrische Leitfähigkeit)		

grey, black, blue, silver, shiny, matt (matt), solid, liquid, gaseous, brittle (brüchig, spröde), hard, malleable (verformbar), conductive (leitend), conducts electricity (leitet den elektrischen Strom)


3 Try to find similarities that all tested metals share during oxidation.

METALS IN GENERAL (iron, sodium, magnesium, copper)	substance before the oxidation reaction (= _____)	substance after the oxidation reaction (= _____)
colour/ surface appearance		
aggregate state/ consistency		
malleability		
electrical conductivity		

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool) Arbeitsblatt

 4 a.) Draw your observations (for iron wool) into the film strip and describe them in full sentences.

Observation: macroscopic (sichtbar, auf der Stoffebene)




before the reaction	during the reaction	after the reaction
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____



b.) Order the snippets and pictures on the next page to explain your observations.

Explanation: microscopic (so klein, dass man die Teilchen nicht mehr mit bloßem Auge sehen kann)



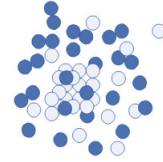
before the reaction	during the reaction	after the reaction
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool)

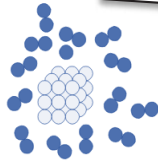
Arbeitsblatt



Single iron atoms and free oxygen atoms find each other



During the reaction, the ordered pattern of iron particles breaks apart (auseinanderbrechen)



The pure iron particles form a lattice (Gitter)

and combine to form iron oxide.

The oxygen couples split into very reactive single particles.

as single iron atoms leave the pattern.

regularly ordered iron and oxygen particles has formed.

within which they are ordered regularly.

The oxygen particles from the air circle around the iron metal

After the reaction, a big metal oxide lattice of

5 Explain the formation of metal oxides.

If metals get in contact with _____, they form _____ because a chemical reaction called _____ takes place. This is due to the fact that all _____ tend towards (streben) their _____. As metal particles have lower energy states in their _____ than in _____, they spontaneously react in an _____ to form such oxides. The higher the bond effort (Bindungsbestreben) of the metal particles, the more _____ is released during the oxidation reaction. For example, _____ burns with a bright white flame, whereas copper forms _____ without a flame. All oxidations are _____, because the properties of the reactants (_____) change and new substances (_____) with new properties form.

oxygen – oxidation – natural processes – lowest energy states – metals – metal oxides – metal oxides
metal oxides – black copper oxide – pure metal – exothermic reaction – energy – magnesium – chemical reactions

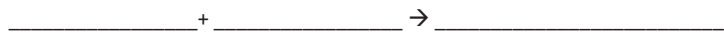
4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool) Arbeitsblatt

6 Write down the following word equations:

- 1. The reaction of iron with oxygen



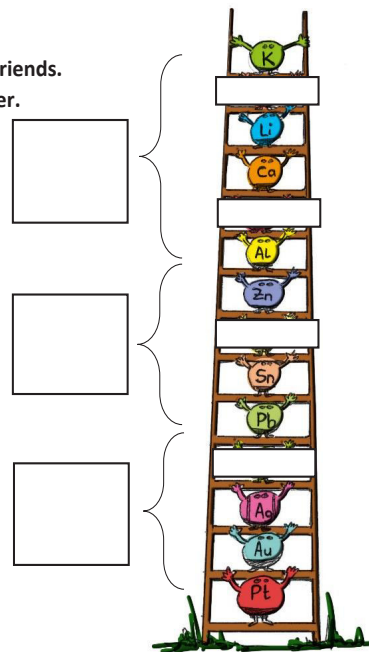
- 2. The reaction of metals in general with oxygen



7 The metals that you tested want to go back to their friends.
Help them find their right spot on the reactivity ladder.

The reactivity series of metals

The reactivity series of metals is a list that ranks metals according to their reactivity. The most reactive metals are on top and the least reactive metals on the bottom of the list. Reactive metals like to form metal oxides with oxygen during vigorous (heftig) oxidation reactions.



Ryan, 2011: New Chemistry for you, p. 70, adapted

8 Predict what will happen if a piece of sodium/silver was put in a test tube with water.
Compare your hypothesis with your observations of iron wool in water.

If ... is put in water ... then ... (will happen) ... because is more/less reactive than iron
... is higher/lower in reactivity series

... and this means that the reaction should also be more/less exothermic than with iron.

Have fun watching the following video to check your answer:

<https://www.bing.com/videos/search?q=sodium+in+water&qpv=sodium+in+water&view=detail&mid=3D71B55E2A75940F44FD3D71B55E2A75940F44FD&FORM=VRDGAR>

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool) Lösungsblatt

Solution Sheet

Observation: macroscopic (sichtbar, auf der Stoffebene)

before the reaction	during the reaction	after the reaction
<p>Before the reaction, the iron wool is shiny, grey and malleable.</p>	<p>In the course of the reaction, the iron wool combusts with a bright orange flame and little sparks. Since the iron wool gets heavier, it moves the beam downwards.</p>	<p>At the end of the experiment, the iron wool shows a dark blue and matt color. It is not malleable anymore but rather brittle (spröde).</p>

Explanation: microscopic (so klein, dass man die Teilchen nicht mehr mit bloßem Auge sehen kann)

before the reaction	during the reaction	after the reaction
<p>The pure iron particles form a lattice (Gitter) within which they are ordered regularly. The oxygen particles from the air circle around the iron metal.</p>	<p>During the reaction, the ordered pattern of iron particles breaks apart (auseinander brechen) as single iron atoms leave the pattern. The oxygen couples split into very reactive single particles. Single iron atoms and free oxygen atoms find each other and combine to form iron oxide.</p>	<p>After the reaction, a big metal oxide lattice of regularly ordered iron and oxygen particles has formed.</p>

4. Einheit: Einführung der Reaktivitätsreihe (Combustion of Iron Wool) Lösungsblatt

5 Explaining the formation of metal oxides.

If metals get in contact with oxygen, they form metal oxides because a chemical reaction called oxidation takes place. This is due to the fact that all natural processes tend towards (streben) their lowest energy states. As metal particles have lower energy states in their metal oxides than in pure metal, they spontaneously react in an exothermic reaction to form such oxides. The higher the bond effort (Bindungsbestreben) of the metal particles is, the more energy is released during the oxidation reaction. For example, magnesium burns with a bright white flame, whereas copper forms black copper oxide without a flame. All oxidations are chemical reactions, because the properties of the reactants (metals) change and new substances (metal oxides) with new properties form.

6 Word equations:

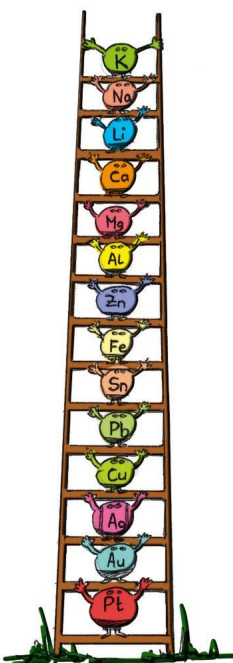
1. The reaction of iron with oxygen

iron + oxygen \rightarrow iron oxide

2. The reaction of metals in general with oxygen

metals + oxygen \rightarrow metal oxides

7 Reactivity series of metals:



5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Verlaufsplan

Oxidation unedler Metalle (2 x 45 Minuten)							
	Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material	
Vertiefung	15	Besprechung der Hausaufgabe	Hypothesen werden vorgelesen und das Video zur Reaktion von Natrium mit Wasser geschaut		LSG	AB: Reaktivitätsreihe	
	10	Einstieg	Arbeitsauftrag wird erklärt: Die Bilder und Beschreibungen sind den Begriffen ignoble/noble metal und metal oxide zuzuordnen	SuS ordnen Bilder entsprechend zu	LSG	Bilder und Begriffe als Farbkopie, Tafel, AB: edle/unedle Metalle	
Erarbeitung: unedle Metalle oxidieren, edle nicht	10	Erarbeitung	<p>Nachdem die Tabelle auf dem AB ausgefüllt ist, wird das Tafelbild weiterentwickelt, indem die Verbindung zwischen den Metallen und Metalloxiden als Oxidation bezeichnet wird.</p> <p>Der Pfeil für die Oxidation wird eingetragen und es bleibt die Frage im Raum stehen, ob man von den Metalloxiden auch wieder zurück zu den Metallen kommen kann.</p> <div style="text-align: center;"> <p>properties</p> <ul style="list-style-type: none"> • _____ • _____ • _____ </div>	SuS übertragen die Begriffe in die Tabelle und sagen, wie man von den Metallen zu Metalloxiden kommt und umgekehrt	LSG	Tafelbild, AB: edle/unedle Metalle	
	5	Problematisierung	Können Metalle aus Metalloxiden hergestellt werden? Wenn ja was müsste man tun?		Metalle → Oxidation → Metalloxid natürlicher Prozess, liegen deshalb auch als Oxide vor	LSG	
	15	Erarbeitung II	Infotext zu edlen und unedlen Metallen wird gelesen und Sätze in Aufgabe 2 ausgefüllt		Sauerstoff entfernen	EA	AB: edle/unedle Metalle

5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Verlaufsplan

	10	Sicherung	<p>Beantwortung der Fragestellung/ Zusammenfassung der Erkenntnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uedle Metalle oxidieren und bilden Metalloxide • edle Metalle reagieren nicht • Oxidation: Aufnahme von Sauerstoff wie beim Rosten von Eisen oder der Verbrennung von Eisenwolle • Reduktion: Abgabe von Sauerstoff wie bei der Gewinnung von Metallen aus Metalloxiden • Kohlenstoff als super Reduktionsmittel 	LSG	AB: edle/unedle Metalle
Vertiefung	10	Vertiefung	<p>Concept Cartoon als Think – Pair – Share Wer gewinnt das Tauziehen um Sauerstoff, Natrium oder Gold?</p> <p>Wichtig ist hierbei, dass die SuS begründen können, warum die vorgegebenen Antworten falsch sind</p>	EA PA LSG	AB: edle/unedle Metalle
	10	Übung	Wiederholung bekannter Fachbegriffe als Kreuzworträtsel	EA	AB: edle/unedle Metalle
	5		Definition des neuen Fachbegriff der Reduktion	EA	AB: edle/unedle Metalle

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit

AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

IGNOBLE METALS FORM METAL OXIDES

 1 Fill out the table with the terms on the blackboard.

metals

metal oxides

properties • _____
• _____
• _____

• _____
• _____
• _____

	ignoble metals	noble metals
reactivity		
elements		
natural occurrence		
price		
usage		

 2 Read the text and explain the difference between noble and ignoble metals on the next page.

Noble metals. Noble metals like gold are classed as **least reactive** because they do not react with oxygen to form metal oxides. This is why they can be **found native** (gediegen, rein) in the Earth's crust. This means that the pure metal can simply be picked up from the ground which happened for example during several 'gold rushes' in California. As a consequence, no chemical procedure needs to be applied (anwenden) to extract gold.

Ignoble metals. Other than noble metals, ignoble metals are **more reactive** and combine with other elements like oxygen spontaneously. This is the reason why those metals cannot be found native but only as **compounds like metal oxides**. In order to receive (erhalten) the pure metal, the metal oxide needs to be **reduced** (reduziert). **Reduction** is a chemical reaction during which **oxygen is donated** (abgegeben) to a **reductant like carbon** (Kohlenstoff). Carbon is a very useful reductant because it is cheap and more attracted to oxygen than metals like iron or copper are.

5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Arbeitsblatt



Ignoble metals:

If ignoble metals like iron are exposed to (ausgesetzt sein) oxygen,

then _____

because _____

_____ + _____ → _____

Noble metals:

In contrast to ignoble metals, if noble metals like gold are exposed to (ausgesetzt sein) oxygen,

then _____

because _____

This is why noble metals can be found as pure metal in the Earth's crust.



3 Sodium (Na) and gold (Au) are fighting for oxygen (O₂). Who will win this tug of war (Tauziehen)?

Discuss in class.



Gold (Au)
because it is
more noble.



Sodium (Na) because it is
ignoble and all ignoble
elements would die for
oxygen.

There is no winner because
there is one little metal man
on each side, so they are
equally balanced.



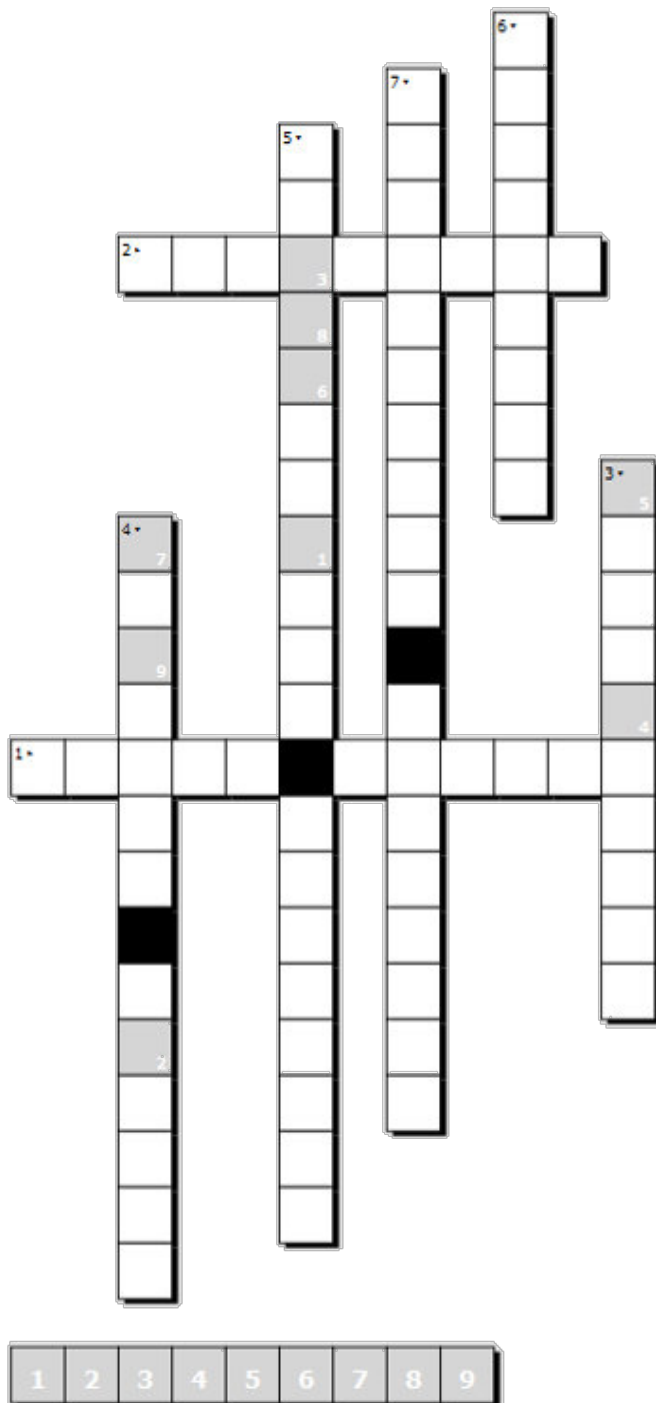
What do you think?

I think/ In my opinion ... will win because ...
(more/less reactive, ignoble, noble, exothermic,
endothermic, pure metal/metal oxide in nature)

5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Arbeitsblatt

✂ 4 Fill out the crossword.



1. Elements like gold or platinum that do not corrode/oxidize.
2. Chemical reaction during which one substance accepts oxygen.
3. Exothermic oxidation reaction with high temperatures and a flame. The reaction products are often gaseous like carbon dioxide (CO₂).
4. Substances which form metal oxides easily because they are not resistant to oxidation.
5. Chemical reaction which absorbs (aufnehmen) energy. Thus (demnach), it only takes place if energy is added.
6. Silent/slow oxidation during which iron oxidizes and rust (iron hydroxide) is formed.
7. Chemical reaction that takes place voluntarily and releases energy in the form of heat and light.

– ignoble metals
– exothermic reaction – oxidation
– endothermic reaction – noble
metals – combustion – corrosion

5. Einheit: Die Oxidation unedler Metalle (Oxidation of Ignoble Metals)

Wortschnipsel für das Tafelbild

Order the snippets on the blackboard

metals

reactive (oxidize very easily)

high technology, jewelry

metal oxides

ignoble (base)

matt

noble

inexpensive

hard

naturally found in compounds like metal oxides

shiny

are very rare in the Earth's crust

expensive → very valuable

resistant to corrosion in moist air

construction material, alloys, batteries

iron, zinc, magnesium, lead

do not conduct electricity

conduct electricity

brittle (brüchig, spröde)

do not dissolve in hydrochloric acid

gold, silver, palladium, platinum

can be found as pure metal

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?)

Verlaufsplan

Ötzi Kupferherstellung (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10	Einstieg	<i>Last lesson, we found out that metals turn into metal oxides when they oxidize. I have received a letter from Anna, who also has a question about metals.</i>	SuS lesen den Text gemeinsam durch.	LSG	AB Ötzi
5	Problematisierung		Forschungsfrage und Hypothese werden formuliert: Was Ötzi already able to produce copper?	EA	AB Ötzi
10	Erarbeitung		Durchführung des Experiments wird erarbeitet.	PA	AB Ötzi
5		Durchführung und Aufbau des Experiments werden kurz besprochen und eventuelle Verständnisfragen geklärt.		LSG	AB Ötzi
25	Experimentieren		Durchführung des Experiments und Sammeln der Beobachtungen	GA	Versuchsmaterialien AB Ötzi
15	Erarbeitung II		Lückentext zur Erklärung wird ausgefüllt	PA	AB Ötzi
10	Sicherung	<p>SuS sollen verstanden haben, dass das Reduktionsmittel Oxiden den Sauerstoff entziehen kann, da es reaktiver ist als diese bzw. eine höhere Affinität zu Sauerstoff hat als die Metallkationen im Oxid</p> <p>Zur Überprüfung des Verständnisses können Satzanfänge gegeben werden, die die Schüler vervollständigen sollen:</p> <p>Eine chemische Reaktion hat stattgefunden, weil ... Das Kupfer im Kupferoxid wurde reduziert, indem ... Kohlenstoff konnte Kupfer reduzieren, weil ... Eine Reduktion ist eine chemische Reaktion, bei der ...</p>	<p>Der Lückentext wird vorgelesen und in den eigenen Worten (gerne auch auf Deutsch) zusammengefasst.</p>	LSG	AB Ötzi

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?)

Verlaufsplan

10	Vertiefung	<p>Zusammenführung aller gelernten Inhalte in einem Diagramm mit der Wortgleichung zur Reduktion, dem Teilchenmodell und dem Graph einer endothermen Reaktion mit Hilfe der relevanten Fachbegriffe</p> <p>Falls das für einige SuS noch ein Problem sein sollte, kann vorher entlastet werden, indem die einzutragenden Begriffe wiederholt werden und die Abbildung auf einer Folie gezeigt wird</p> <p>Weiterführende Frage zur Wiederholung: Wie könnte man überprüfen, ob der entstandene Stoff tatsächlich Kupfer ist?</p>	<p>Wettpiel: welches Paar zuerst alle Begriffe richtig eingetragen hat</p>	PA	AB Ötzi
	Puffer		Leitfähigkeitsmessung	LSG	
	Hausaufgabe (freiwillig)		Video schauen zur Herstellung von Kupfer nach der Methode, wie sie Ötzi genutzt haben könnte und dazu einen Antwortbrief an Anna schreiben.	EA	AB Ötzi

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit

AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

ÖTZI THE ICEMAN



Hello, my name is Anna

and I went to the Ötzi exhibition (Ausstellung) last week.

The museum guide said that Ötzi already knew how to produce copper.

I don't think this is possible because Ötzi lived in the year 3000 BC (before Christ) which is a long long time ago. Maybe the tourists who found him in the alpine ice in 1991 just placed the axe next to him to make their discovery sound more exciting. The only resources he could have possibly used back then were charcoal (carbon), fire, and copper ores like tenorite containing copper oxide.

Can you help me find out whether this story is true or false?

1 Write down your research question and hypothesis.

? Research question:

• Hypothesis:

🧪 2 Order the snippets below and carry out the experiment.

- | | |
|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | With a funnel, the powder is given into a test tube. |
| <input type="checkbox"/> | 2 g copper oxide and 0,2 g charcoal are put into a mortar and mixed to a fine powder |
| <input type="checkbox"/> | Once the test tube has cooled down, the product is put into a watch glass. |
| <input type="checkbox"/> | The test tube is heated in the blue Bunsen burner flame. |

Infobox: The lime water test (Die Kalkwasserprobe)

If you want to know which substances are formed in a reaction, you have to make tests. The lime water test is used to test for **carbon dioxide**. For the test, you take clear lime water and put the gas you want to test into the test tube with the lime water.

🌿 If the water turns cloudy, the test is positive: carbon dioxide is produced.

🌿 If the water stays clear, the test is negative.

Sources: copper axe: <https://www.misteroriginal.com/3106bc0919/>

Ötzi: <https://www.primolo.de/node/49282>

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?) Arbeitsblatt

 3 Write down your observations. Use the word railing.

1. Before – reaction – reactants – mixture – black – powder – lime water – transparent – colourless solution
2. During – reaction – heat – powder – glow – colour change from ... to ... – gas development – lime water – milky/blurry
3. After – reaction – two – products – red – shiny – solid substance – colourless – gas



4 Write a scientific explanation to answer your research question. Use the following words:

black • oxygen • oxidised • reducing agent • red • endothermic • lowest energy states • more • copper oxide • copper oxide • energy • shiny • oxygen • oxygen • higher energy • oxygen • dull • copper • copper • coal (carbon)

Principle: Give a general law/theory/model.

All natural processes tend towards their _____.

To reverse (umkehren) natural processes, you have to add _____ because in the reaction you have to reach a state of _____. To reduce metal oxides (to take away their _____) you need a good reducing agent. Good reducing agents are substances which are very reactive with _____.

Reason: Logically connect the law(s) from your principles with your experiment.

To produce elemental copper from _____, Ötzi could have used every substance which is _____ reactive than copper. **Due to the fact** (Weil) all substances at the top of the reactivity ladder connect well with oxygen, they can be used as reducing agent. This means they reduce copper oxide by taking the _____ away. **The effect is** that the reducing agent is _____ as it takes on _____. Ötzi knew that carbon is a good _____.

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?)

Arbeitsblatt

Observation: Explain the main points of your observations by connecting them to your reasons.

During the reaction, the powder changed its colour and appearance from _____ and _____ to _____ and _____. It also changed its properties as it is no longer powdery but consists of small but hard pieces of _____. An _____ chemical reaction took place because there was enough heat and carbon.

Conclusions: Answer your research question from above.

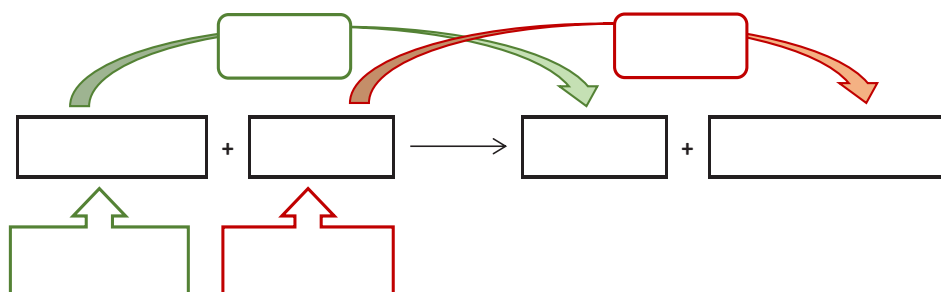
The experiment showed that elemental _____ can be produced by reducing _____ with _____.

5 Define the word reduction and reducing agent using the following words:

reduction, reducing agent, endothermic reaction, oxygen, oxygen, metal/non-metal, product, metal oxide/non-metal oxide, substance




6 Fill out the word equation for the reduction of copper oxide. Label the reduction, oxidation, reducing agent and oxidizing agent.

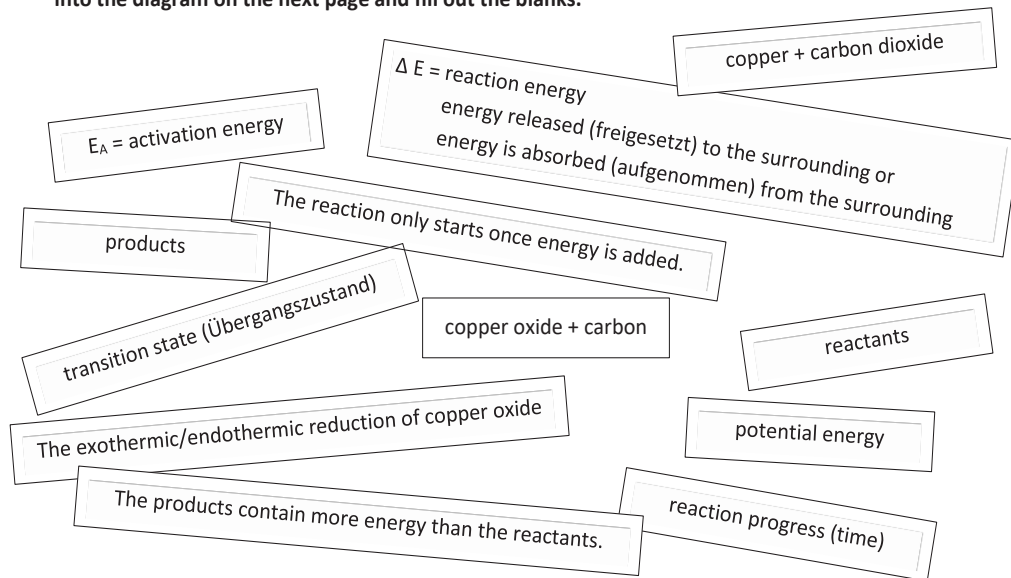


Tip: When you heat the copper oxide and coal mixture, a gas is produced. If this gas gets in contact with lime water, the lime water turns cloudy.

6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?)

Arbeitsblatt

-  7 Decide whether the reduction of copper oxide is exothermic or endothermic. Draw the graph into the diagram on the next page and fill out the blanks.



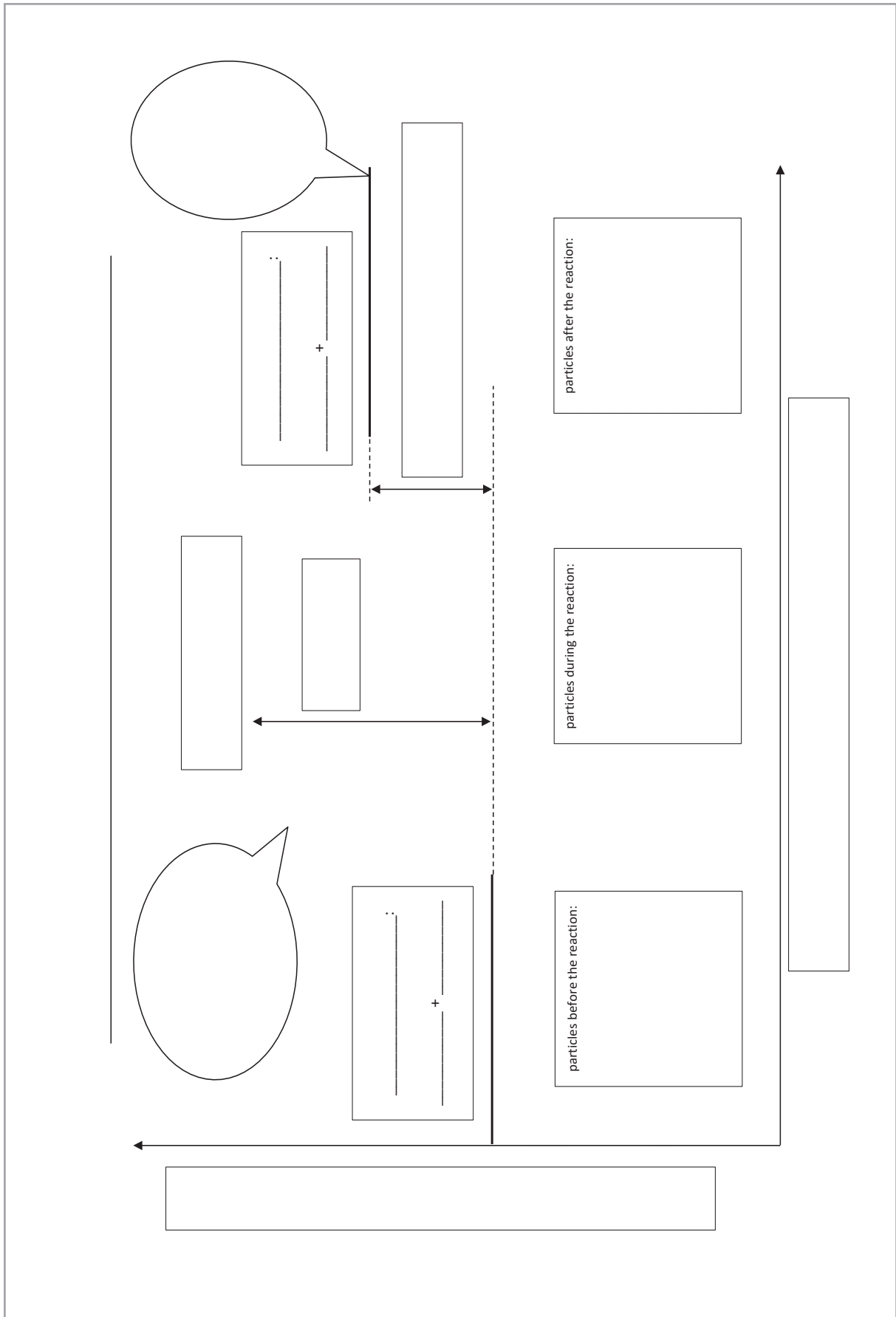
-  8 Voluntary task:

Watch the following movie: <https://www.youtube.com/watch?v=8uHc4Hirexc>

Write a letter answering Anna's question. Describe how Ötzi produced copper and explain the underlying (zugrundeliegend) chemical reaction.

(Anna is from Germany so you can also write in German).

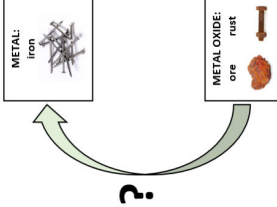
6. Einheit: Historische Kupferproduktion (How did Ötzi Produce Copper?) Arbeitsblatt



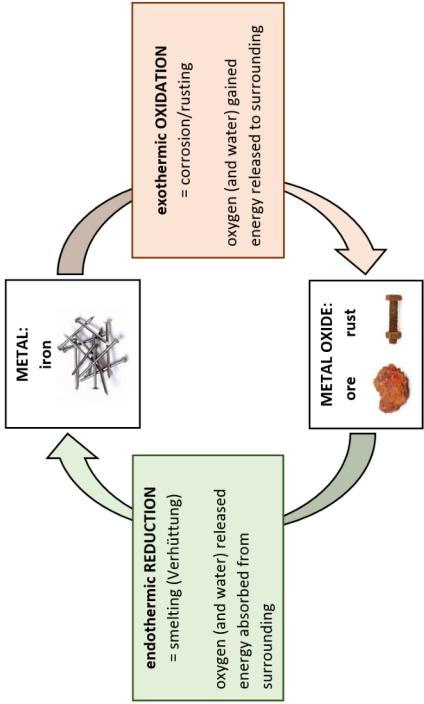
7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)

Verlaufsplan

Der Hochofen Prozess (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10	Wiederholung	Wiederholung der letzten Stunde <i>Last lesson we learned how to make copper. Who can read out his or her letter to Anna?</i> <i>Wenn keiner diese Aufgabe gemacht hat, dann wird die Forschungsfrage mündlich beantwortet</i>	SuS lesen Briefe an Anna vor. Mit eigenen Worten werden nochmal die Begriffe Oxidation, Reduktion und Reduktionsmittel definiert.	EV dann LSG	AB: Ötzi
5	Einstieg	Brainstorming: für was wird Eisen verwendet? Schaut euch um! (Extra nicht mit Bildern arbeiten, damit sie realisieren, wie viel in ihrer direkten Umgebung aus Eisen/Stahl gefertigt ist)		LSG	Gegenstände im Chemiesaal
	Problemtisierung	Wo kommt das ganze Eisen her?	aus Erzen, wird verarbeitet, getrennt, ...		
10	Erarbeitung I	Bilder von Eisen und Eisenerz an die Tafel heften und Pfeil mit Fragezeichen zwischen den beiden einzeichnen <i>How can iron be made from iron oxide?</i> 	SuS schreiben gemeinsam mit ihrem Nachbarn eine Erklärung, wie Eisen aus Eisenerz hergestellt werden könnte und präsentieren diese anschließend.	Think – Pair – Share	Bilder: Eisen + Eisenerz AB: Blast Furnace Tafel

7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)
Verlaufsplan

10		<p>Nach der Präsentation der Schülerergebnisse wird der Pfeil mit Reduktion beschriftet und der entgegengesetzte Pfeil der Oxidation eingezeichnet, sowie die Begriffe corrosion/rusting, smelting, exothermic/endothermic reaction, energy released/absorbed eingetragen</p> 	LSG	Bilder, Tafel
15	Erarbeitung II	Text zum Hochofenprozess wird gemeinsam gelesen und Fragen geklärt.	LSG dann PA	AB Blast Furnace
25	Erarbeitung III	Die Bildung von Nominalisierungen wird anhand des Infokastens eingeführt.	LV EA	AB Blast Furnace
10	Sicherung	Inhalte der Stunde werden in Form einer ausführlichen Reaktionsgleichung und einem Schaubild zum kausalen Zusammenhang der Prozesse während der Eisenerzeugung festgehalten.	PA	AB Blast Furnace
5	Vertiefung	Beantwortung der Frage auf dem AB: Wer stiehlt wem den Sauerstoff?	LSG	AB Blast Furnace
	Puffer/ Hausaufgabe	Video der Eisenerzeugung wird geschaut (kann bei 5 Minuten abgebrochen werden). https://www.youtube.com/watch?v=9l7Jqonyoka		

7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)

Arbeitsblatt

REDOX

THE BLAST FURNACE

Who steals whom the oxygen?



1 How can iron be made of iron ore (iron oxide)? Think – Pair – Share.

Use as many scientific words as possible.

iron ore – iron metal – oxidation/reduction –

oxygen gained/removed – oxidizing/reducing agent –

displacement reaction (Austauschreaktion) –

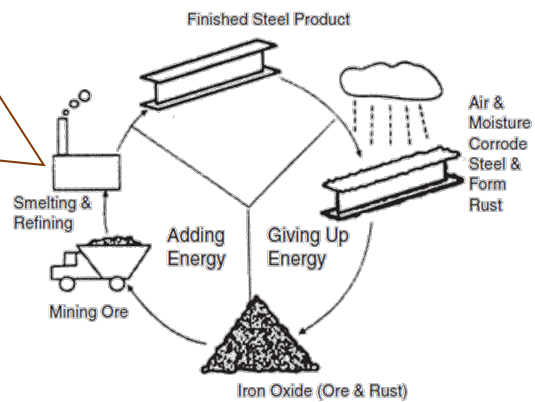
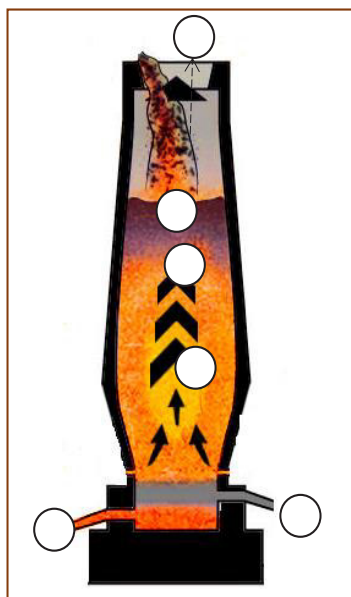
coke (Koks, liefert Kohlenstoff)

endothermic reaction → extreme heat necessary → blast furnace (Hochofen)

word box for explanations

to cause	verursachen
to lead to sth.	zu etwas führen
to trigger	auslösen
due to	aufgrund von
because of	wegen, infolge
the effect is	der Effekt/ die Wirkung ist
as a result	demzufolge

We think _____




The corrosion cycle of iron: Davis, 2000, p.1

7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)

Arbeitsblatt

 2 Read the text about blast furnaces and copy the numbers correctly into the image.

1. The blast furnace is a massive oven used for smelting (Verhüttung), which means producing iron metal out of iron ores that contain iron oxide. Therefore, the ores are crushed to small pieces and alternately (abwechselnd) given into the furnace with layers of coke (Kohle), which contains high amounts of carbon.
2. While the mixture of iron oxide and carbon moves downwards the furnace, it gets in contact with a hot blast (Luftstrom) of air enriched (angereichert) with oxygen. Then several reactions take place.
3. In the hot air, the carbon pieces start to combust (verbrennen) which increases the temperature to 1500°C. The reaction of solid carbon with oxygen leads to the formation of a reactive gas called carbon monoxide. This high temperature is necessary, because iron is a reactive metal, so it likes to combine with oxygen and does not give it away easily. Besides the increased temperature, this reaction is also necessary because the surface area of the reducing agent increases (erhöhen). As a consequence, the hot gas can diffuse (eindringen) deeply into the ore which leads to a higher efficiency of the furnace. Carbon monoxide serves as a reducing agent and takes up oxygen. The effect is that carbon monoxide gets oxidized and iron oxide reduced. This redox-reaction leads to the formation of iron and carbon dioxide.
4. Because of the high temperatures, the iron that forms during this process is liquid and floats out of a pipe at the bottom of the furnace. This iron is called "pig iron" because it is still very impure (unrein) and needs to be processed further.
5. Besides molten (geschmolzen) iron, two other waste- or by-products are formed. The first one is slag (Schlacke) which contains all substances of the original iron ore other than iron.
6. Second, the flue gas (Abgas) carbon dioxide is formed which exits the furnace from the top.

 3 Translate the text about the blast furnace into Chemist-English by using nominalizations and the passive voice or into your own words by using verbs and the active voice.

Wissenschaftler benutzen einen ganz bestimmten Trick, ihre Experimente kurz und knapp zu beschreiben. Sie verwenden Fachbegriffe, die häufig aus **Nominalisierungen** entstanden sind. Nominalisierungen werden gebildet, indem an ein Verb oder Adjektiv eine Endung drangehängt wird. Schau dir dazu die Beispiele an.

-tion:	<i>to suggest → the suggestion</i>
-ing:	<i>to sing → the singing</i>
-ment:	<i>to achieve → achievement</i>
- / :	<i>to play → the play</i>
-ness:	<i>lonely → loneliness</i>
-ance:	<i>relevant → relevance</i>

Want to sound like a chemist?
Use nominalizations!



Example: If I ignite a candle, then it starts to combust.

→ Ignition causes the combustion of a candle.


7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)

Arbeitsblatt

Use causal links for the explanation:

to cause – to lead to – to trigger – due to – because of – the effect is that – as a result – thus

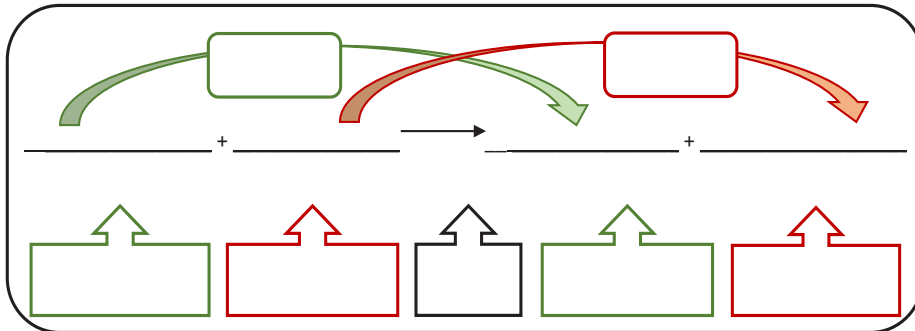


	Talk like yourself: Use many verbs and write in the active voice.	Talk like a chemist: Use nouns, scientific terms and write in the passive voice.
Claim Say, whether iron can be made of iron ore or not.	With the blast furnace, people can <u>produce</u> iron out of <u>rocks that contain iron</u> .	
Evidence Back up your claim with facts/ observations <i>If ... and ... react together, then ... is formed/caused The effect is that</i>	If coke <u>burns</u> , then carbon monoxide is <u>produced</u> . word equation:	The <u>combustion</u> of coke <u>leads to</u> the <u>formation</u> of carbon monoxide. reaction equation: $2 \text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}$
	The carbon monoxide then <u>reduces</u> the iron ore to iron. word equation:	reaction equation: $3 \text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 2 \text{Fe}$
	The high temperature <u>keeps</u> the iron molten, so it <u>runs</u> straight out of the pipe at the bottom of the furnace.	
Reason Say why your observations explain your claim. <i>This means that ... because/since/as due to the fact that...</i>		<u>Combustion reactions</u> are oxidations during which oxides are formed. The <u>formation</u> of carbon monoxide gas <u>triggers</u> the reduction of iron oxide, because the <u>affinity</u> of carbon monoxide towards oxygen is higher than the affinity of iron towards oxygen. Thus , the gas serves as a <u>reducing agent</u> during the <u>displacement reaction</u> . The result is the production of iron metal and carbon dioxide.
Principle Can you transfer your claim to something bigger (maybe for metals in general) <i>In general, ... As the law/rule/ theory of... says...</i>	It can be said that the <u>more reactive</u> element <u>replaces</u> the less reactive element in an oxide. As a result, a new oxide with stronger bonds <u>forms</u> out of oxygen and the more reactive element.	<i>in general, redox principle, higher reactivity, reducing agent, leads to, displacement reaction</i>

7. Einheit: Der Hochofen Prozess (Blast Furnace)
Arbeitsblatt

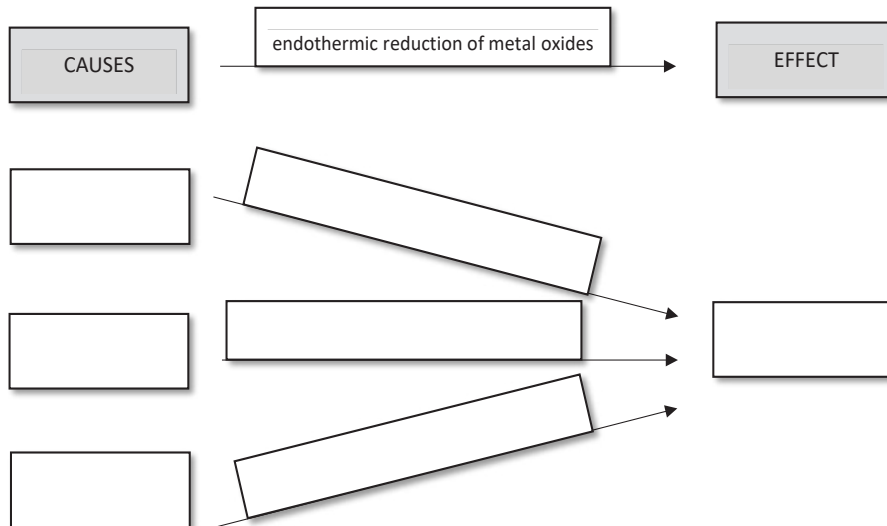
4 Write down the total word equation for the reduction of iron oxide with carbon. Fill out the gaps with the following words:

oxidation, iron, reduction, got reduced, carbon, carbon dioxide, oxidizing agent, got oxidized, iron oxide, redox-reaction, reducing agent



5 Summarize the iron production. Fill out the diagram and write a definition.

heat – iron – iron ore (iron oxide) – reducing agent like carbon – provides iron particles – supplies energy – takes away/accepts oxygen



A displacement reaction _____
_____.

8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?) Verlaufsplan

Reaktivitätsreihe der Metalle (2 x 45 min)

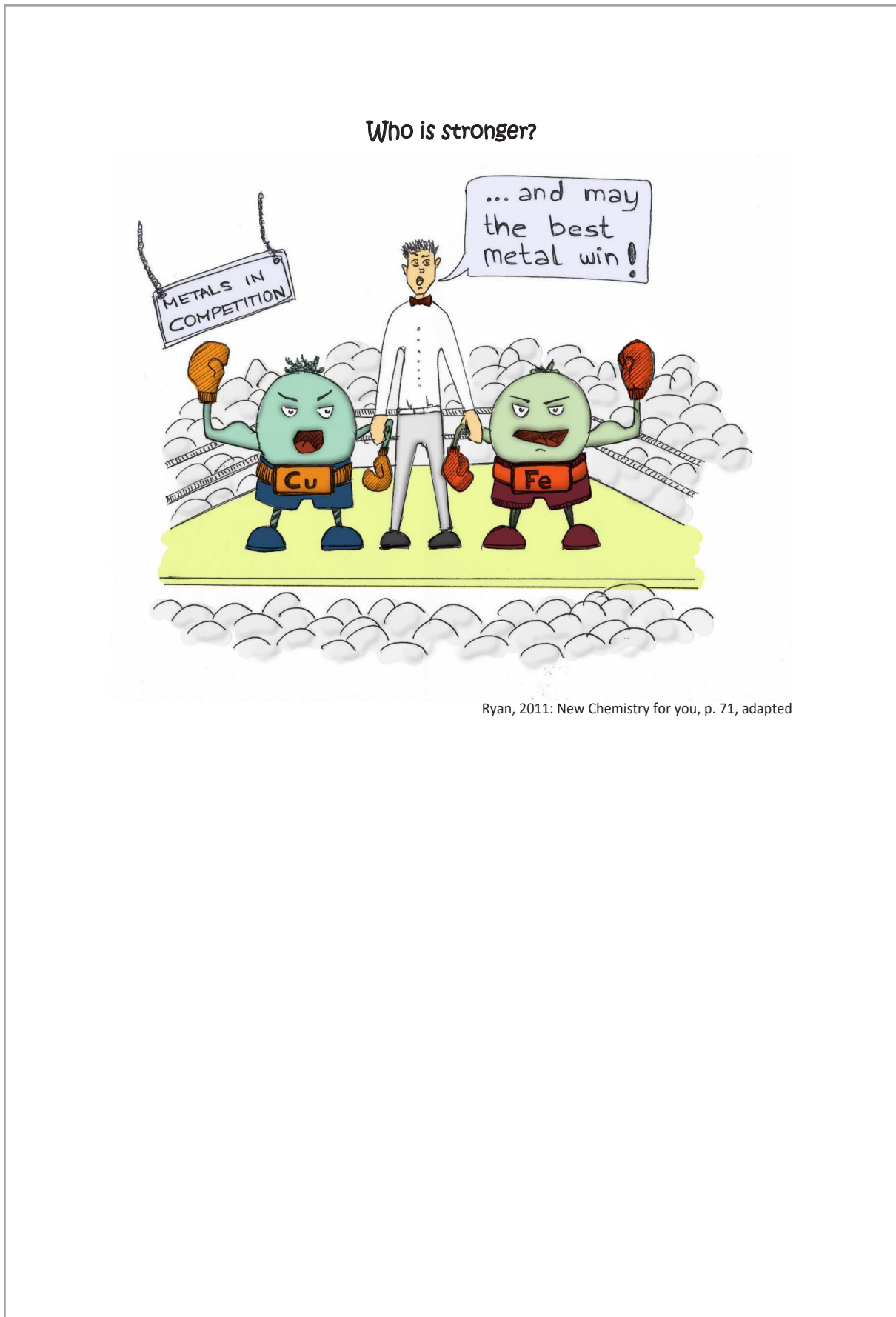
Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5	Einstieg	Bild wird gezeigt. Which is the strongest metal?		LSG	Abbildung
10	Problemtisierung	How could we find out? Could we set up a league table? What do we mean by "strongest"?	We need to test different metals and metal oxides against each other. Strong means that the metal accepts oxygen easily.	LSG	Abbildung
15	Erarbeitung		SuS füllen die Felder zur Fragestellung, Hypothese, Durchführung und dem Aufbau des Versuches auf dem Arbeitsblatt aus. Außerdem wird die Tabelle mit allen verwendeten Metallen und Metalloxiden beschriftet.	PA	AB: Reactivity Series
30	Experiment		Experiment wird durchgeführt und die Beobachtungen in die Tabelle eingetragen.	GA	AB: Reactivity Series
5	Sicherung	Besprechung der Beobachtung	Die Beobachtungen werden an der Tafel in Form eines Rankings gesammelt	LSG	AB: Reactivity Series
20	Auswertung	Mündlich werden Ergebnisse nochmal kurz gesammelt.	Dann schreiben die SuS eigenständig ihre Erklärung.	EA	AB: Reactivity Series
5	Vertiefung	Sollen in eigenen Worten wiedergeben, was strong für sie bedeutet:	„Starke Metalle“ können anderen Metallen aus Metalloxiden den Sauerstoff entreißen (→ starkes Reduktionsmittel), sind aber deshalb auch reaktiver und anfälliger für Korrosionsreaktionen (werden oxidiert), das heißt sie sind WENIGER edel. Strong ist also genau das Gegenteil von edel!	LSG	AB: Reactivity Series
	Hausaufgabe		Wortgleichungen zu allen stattgefundenen Reaktionen werden aufgeschrieben und die Begriffe Oxidation, Reduktion, Reduktionsmittel, Oxidationsmittel, wurde oxidiert und wurde reduziert zugeordnet	EA	AB: Reactivity Series

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit

AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?)

Bild zum Einstieg



Ryan, 2011: New Chemistry for you, p. 71, adapted

8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?) Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

THE REACTIVITY SERIES

Which is the strongest metal?

1 Fill out all gaps to prepare your experiment.

? Research question:

• Hypothesis:

Chemicals: _____

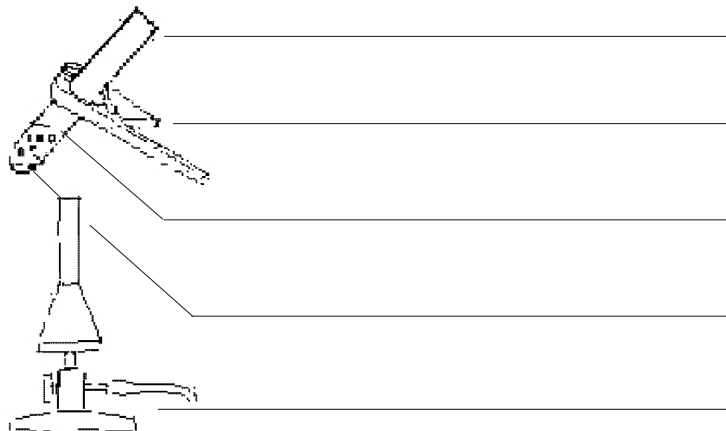
Material: _____



Procedure:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Set up:



8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?) Arbeitsblatt

2 Collect your observations in the table.

Tick the box ✓ if a chemical reaction took place and cross it out ✗ if no reaction took place.

	magnesium	zinc	iron	copper
magnesium oxide				
zinc oxide				
iron oxide				
copper oxide				

3 Explain your findings using scientific terms and the PRO-Model. Need help? Use the help sheet!

Principle: *In general – As the law/rule/ theory of... says... – according to...*

natural processes – lower energy states - more reactive substance - accept oxygen

Reason: *This means that – because/since/as – due to the fact that*

ignoble metal – more reactive – accept oxygen – noble metals – donate oxygen

Observation: *If... and... react together, then... is formed. The effect is that... – This is why...*

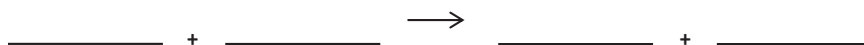
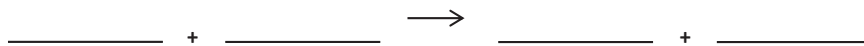
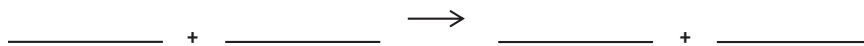
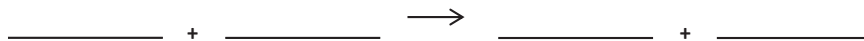
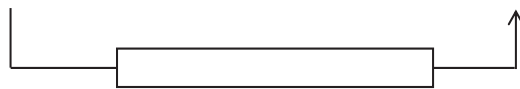
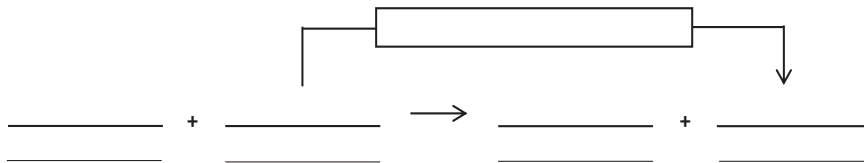
Describe one metal-metal oxide combination that reacted and one that did not.

8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?)

Arbeitsblatt

4 Write down all word equations for the redox reactions that took place.

Label the equation with the following terms: reduction, oxidation, reducing agent, oxidizing agent, got reduced, got oxidized



8. Einheit: Überprüfung der Reaktivitätsreihe (Which is the Strongest Metal?) Hilfsblatt

Help sheet: reactivity series



Fill out the gaps in the texts. Use the words in the boxes.

Principle:

higher – lower – lowest – more – oxygen

In general, all natural processes tend towards their _____ energy states. Also, the _____ reactive a substance is, the _____ its attempt (Bestreben) to react with _____. This means that if two substances have the option to react with oxygen, then the substance gaining a _____ energy state will react first.

Reason:

ignoble metals – noble – oxidizing – reducing – donates – accepts – more – oxides – redox reactions – oxygen

As metals on top of the reactivity series (_____) gain lower energy states than _____ metals when they form, those ignoble metals can “steal” the _____ from the _____ noble metal. These chemical reactions are called _____ because the more noble metal in the metal oxide _____ the oxygen to the less noble metal and thus serves as an _____ agent. Since the pure but ignoble metal _____ the oxygen, it serves as a _____ agent.

Observation:

no – redox reaction – copper – magnesium – zinc oxide – magnesium oxide – oxidized – zinc – displacement reaction – zinc – copper

If magnesium oxide and iron are heated up together, then ___ chemical reaction takes place because the less noble metal (_____) is already in its lower energy state (_____) and cannot get _____ any further.

If copper oxide and zinc are heated up together, then a chemical reaction called _____ takes place. This is due to the fact that the less noble metal (_____) reaches its lower energy states by turning into _____. The effect is that a _____ between zinc and copper takes place as _____ displaces _____ in the oxide and pure _____ metal is formed.

9. Einheit: Anwendung der Reaktivitätsreihe (Applying the Reactivity Series)

Verlaufsplan

Anwendung der Reaktivitätsreihe (2x45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	geplante Lehrerhandlung	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10	Besprechung der Hausaufgabe		SuS lesen Reaktionsgleichungen vor.	LSG	AB Reactivity Series
30	Vertiefung		SuS entscheiden gemeinsam, welche der drei Erfindungen ihrer Meinung nach am meisten Sinn macht und verfassen dazu jeweils stichpunktartig eine Erklärung nach dem PRO Modell.	GA	AB Applying the Reactivity Series
30	Diskussion	Ergebnisse werden im Klassenverband mit den Notizen diskutiert und jeweils eine Musterlösung festgehalten. P: R: O: weitere vertiefende Fragen werden gestellt: Mit welchem Metall wäre die Erfindung sinnvoller? Was würde passieren, wenn anstelle Metall X Metall Y verwendet werden würde?		LSG	AB Applying the Reactivity Series Tafel
20	Wiederholung		Quiz zur Überprüfung/Sicherung als Wettspiel: welche Gruppe findet zuerst das Lösungswort?	PA	AB Applying the Reactivity Series

Abkürzungen: LSG: Lehrer-Schüler-Gespräch, LV: Lehrervortrag, GV: Gruppenvortrag, EV: Einzelvortrag, GA: Gruppenarbeit, PA: Partnerarbeit, EA: Einzelarbeit

AB: Arbeitsblatt, HB: Hilfsblatt

9. Einheit: Anwendung der Reaktivitätsreihe (Applying the Reactivity Series)

Arbeitsblatt

REDOX REACTIONS

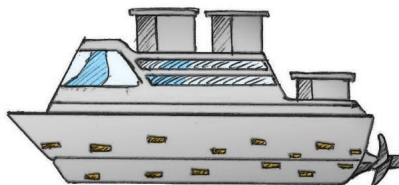
APPLYING THE REACTIVITY SERIES

1 Read the following three inventions, decide which one is useful, and explain why. Take notes to discuss your results in class.

1. A bend (gebogen) copper pipe to join two iron pipes. If not useful, which metal joint would make more sense?



2. Magnesium pieces attached to the bottom of an iron boat to protect it from corrosion. If not useful, which other metal could be sacrificed (geopfert)?



3. A gold layer on an iron bike to protect it from corrosion. What would happen if you fell and the bike got scratched? If not useful, which other material would make more sense?

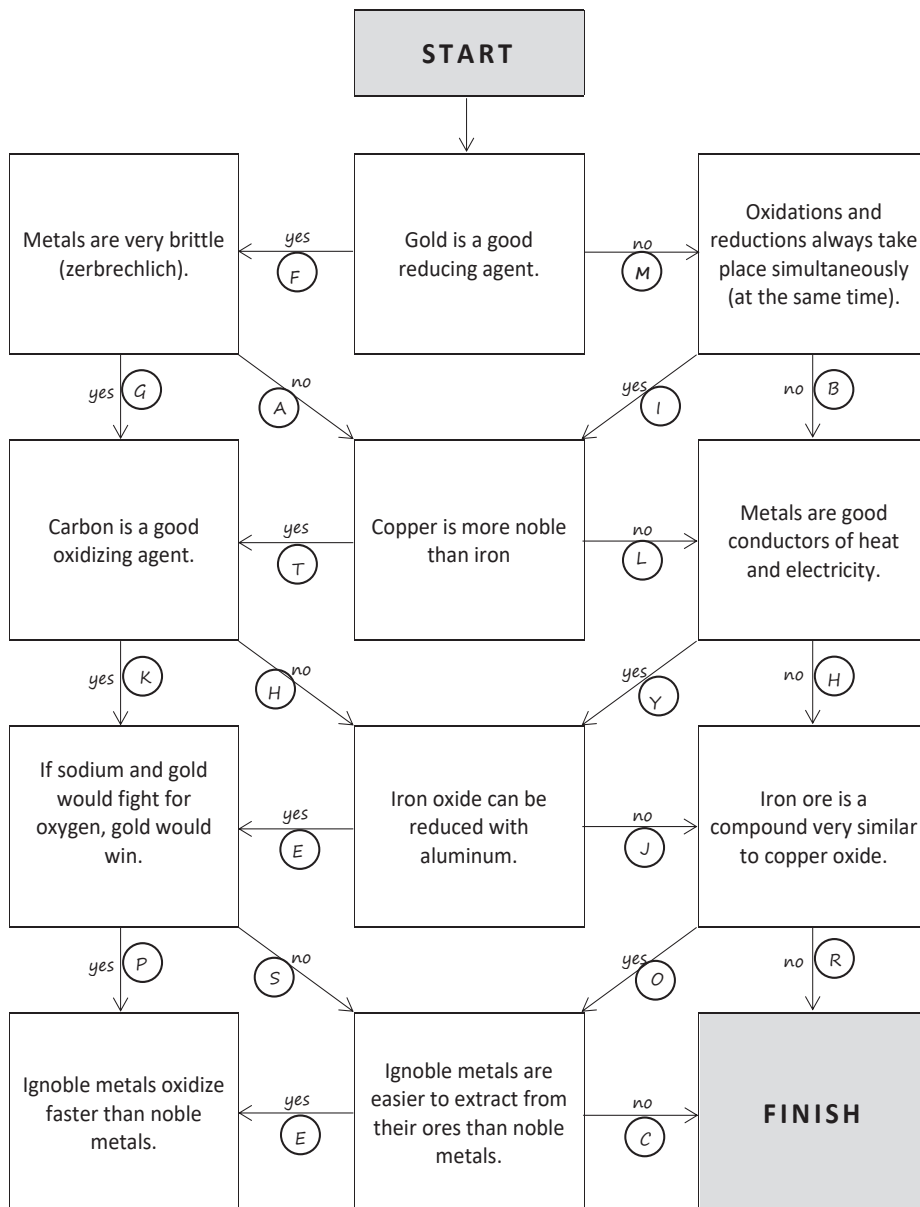


<https://www.pinterest.de/pin/353532639472246592/>

9. Einheit: Anwendung der Reaktivitätsreihe (Applying the Reactivity Series)

Arbeitsblatt

- 2 Read the sentences and decide whether they are true or false. Follow the respective (jeweilig) arrow (yes or no) and proceed with the next question. Once you are finished, arrange all letters to complete the sentence at the bottom of the page. Find a reason for each answer!



You are a real _____ !

Nachtest

NACHTEST_7/8

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 60 Minuten Zeit dafür.

Dein Identifikationscode: ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter (z.B. <u>AN</u> NA):	____	____
ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters (z.B. <u>JA</u> MES):	____	____
ersten beiden Ziffern deines Geburtsdatums (<u>21</u> .04.1999):	____	____

Schule: _____

Klasse: _____

Geschlecht: männlich weiblich

Alter: ____ Jahre ____ Monate

Nationalität: _____

Vielen Dank für deine Unterstützung!
Deine Angaben werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Nachtest

Fragebogen_FW_FS

1. Decide which of the following statements is true or false and say how sure you are.

	true	false	uncertain	How sure are you?		
				not at all	some-what	totally
During a chemical reaction, substances with new properties are formed.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Metal oxides conduct electricity	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
An oxidation is the same as a reduction.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Sodium can be used for household materials like pots and pans.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Noble metals are easier to extract from their compounds than ignoble metals.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Copper can „steal“ oxygen from iron oxide.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Redox reactions are reactions which include reduction and oxidation reactions.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
Redox reactions are displacement reactions.	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			
A combustion reaction is endothermic oxidation	<input type="checkbox"/> yes	<input type="checkbox"/> no	<input type="checkbox"/> don't know			

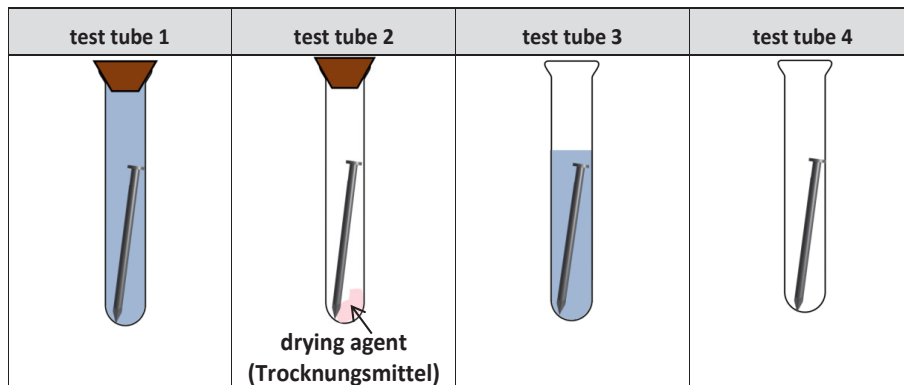
2. Tick the correct answer(s) and say how sure you are.

	How sure are you?		
	not at all	some-what	totally
a.) The same reaction takes place during the combustion of iron wool and <input type="checkbox"/> the combustion of magnesium <input type="checkbox"/> the corrosion of iron wool <input type="checkbox"/> the displacement reaction (Austauschreaktion) of iron and copper oxide <input type="checkbox"/> the displacement reaction of iron and aluminum oxide			
b.) In which reaction does a reduction take place? <input type="checkbox"/> magnesium + oxygen → magnesium oxide <input type="checkbox"/> silver oxide → silver + oxygen <input type="checkbox"/> iron oxide + aluminum → iron + aluminum oxide <input type="checkbox"/> copper oxide + carbon → copper + carbon dioxide			

Nachtest

Tick the correct answer(s) and say how sure you are.	How sure are you?		
	not at all	some-what	totally
c.) In order to protect iron boats, sacrificial anodes (Opferanode) made of _____ are attached to the bottom of the boats.			
<input type="checkbox"/> sodium <input type="checkbox"/> magnesium <input type="checkbox"/> gold <input type="checkbox"/> copper			
d.) Which reaction is exothermic?			
<input type="checkbox"/> combustion of magnesium <input type="checkbox"/> reaction of sodium in the air <input type="checkbox"/> oxidation of gold <input type="checkbox"/> combustion of silver oxide			

3. Which iron nail will corrode (rosten) most? Order them and give short explanations.



The iron nail in test tube _____ corrodes **most** because _____
 _____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **fairly** because _____
 _____.

The iron nail in test tube _____ corrodes **least** because _____
 _____.

The iron nail in test tube _____ **does not corrode at all** because _____
 _____.

Nachtest**4. Name 5 characteristics of a good scientific explanation.**

- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

5. Decide which explanation is the best and give a short reason for your decision.**5.1 CORROSION (Rost)**

- a.) Corrosion happens for example on old cars or fences when they are not painted.
- b.) If iron is exposed to water and oxygen, then the metal will corrode because a redox reaction takes place.
- c.) In our experiment, only the iron nail rusted, which was in the test tube with water and oxygen. If there was no water, nothing happened.

Explanation _____ is best because _____

5.2 SALT WATER IN WINTER

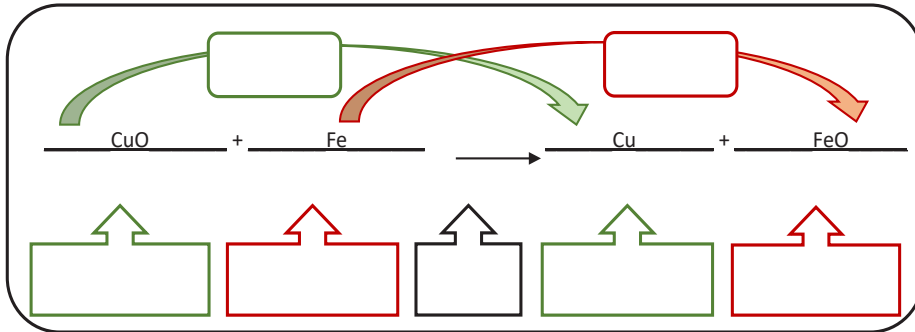
- d.) In winter, salt is put on the road. Then it melts the snow and the salt dissolves in the water. Then the salt water gets on the car which starts to corrode.
- e.) Rusting happened much faster last winter than the summer before. My father told me that the cold destroyed some metal parts on the outside of the car. I just put some new paint on the corroded parts and the car looked like new.
- f.) An increased salt usage in winter leads to a rising corrosion rate. The reason for that is that the salt dissolves in the melted snow forming a solution of highly reactive particles. The effect is that the solution accelerates the oxidation reaction.

Explanation _____ is best because _____

Nachtest

6. Assign the correct terms to the reactants and products of the chemical reaction.

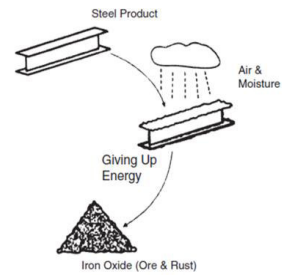
oxidation, reduction, got reduced, oxidizing agent, got oxidized, redox-reaction, reducing agent



7. Explain the chemical reaction of corrosion. Remember to write like a scientist!

Use the following terms:

natural processes, lowest energy states, metals,
 metal oxides, endothermic/exothermic reaction,
 reduction/oxidation, gain/loss of oxygen,
 reactants, products, metal, oxygen, metal oxide,
 rust



The corrosion circle of iron: Davis, 2000, p.1, adapted

Nachttest

Hier geht es darum, wie gut du eigenständig arbeiten kannst.

Lies dir die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	trifft nicht zu	trifft kaum zu	trifft eher zu	trifft genau zu
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrengende.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Wenn der Lehrer / die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgeregt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nachtest

Hier bewertest du das Material zum Thema Redox-Reaktionen
--

Lese dir die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, welche Antwortmöglichkeit am ehesten zutrifft. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!		stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	stimme zu
1	Die Arbeitsblätter haben mir gut gefallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Ich würde mir wünschen, solche Arbeitsblätter auch für andere Themen zu bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Ich habe keinen Unterschied zu den Unterrichtsstunden zuvor festgestellt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Ich wusste immer, was wir tun sollen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Oft habe ich etwas verstanden , konnte es aber nicht auf Englisch ausdrücken .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, mich fachsprachlich besser auf Englisch auszudrücken .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, Redox-Reaktionen besser zu verstehen .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Sprachhilfen gehören nicht in den Chemieunterricht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Ich bin der Ansicht, dass Verständnisprobleme an der Fremdsprache als Arbeitssprache lagen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Ich bin der Ansicht, dass ich mehr Wörter verstanden hätte, wenn die Fachtexte auf Deutsch gewesen wären.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	In unserem Chemieunterricht wurde gezielt auf fachsprachliche Aspekte geachtet .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Ich fand es leicht, mich in Chemie fachsprachlich angemessen auszudrücken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Ich kann jetzt besser Erklärungen schreiben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Ich habe manchmal nicht verstanden, was mit bestimmten Fachbegriffen in Chemie gemeint war.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Ich habe manchmal in Chemie Fachbegriffe verwendet, ohne sie ganz zu verstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Nachttest

16	Besonders gut gefallen hat mir an dem Thema :
	Nicht gefallen an dem Thema hat mir:
17	Besonders gut gefallen hat mir an den Arbeitsblättern :
	Nicht gefallen an den Arbeitsblättern hat mir:
18	Ich gebe der gesamten Unterrichtsreihe zum Thema Redox-Reaktionen die Note :

Hier geht es um dein Interesse am Chemieunterricht

Lese dir die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, welche Antwortmöglichkeit am ehesten zutrifft. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten.

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittelmäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
1 Ich mag Chemie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Chemie ist mir gleichgültig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Der Chemieunterricht hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Vortest

VORTEST

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 90 Minuten Zeit dafür.

Kreiere deinen eigenen Identifikationscode:

ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter Beispiel:	ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters	ersten beiden Buchstaben deines Vornamens	Tag deines Geburtsdatums
A	N	P	E
<u>Anna</u>	<u>Peter</u>	<u>Alex</u>	<u>12. 03. 2004</u>

Schule: _____ Klasse: _____

Geschlecht: m w Alter: ____ Jahre ____ Monate

Nationalität: _____

Bist du mehrsprachig aufgewachsen? Wenn ja, mit welchen Sprachen?

nein

ja, und zwar mit _____

Hast du auch privat mit Englisch zu tun z.B. durch Fernsehen, Internet, Freunde, usw.?

nein, ich habe nur in der Schule mit Englisch zu tun

ja, _____

Was war deine letzte Zeugnisnote in ...

Chemie: _____ Englisch: _____

Vielen Dank für deine Unterstützung!
Deine Angaben werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Vortest

Fragebogen_FI

Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
1 Ich mag Chemie.					
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.					
3 Chemie ist mir gleichgültig.					
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.					
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.					
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.					
7 Chemie hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					
9 Ich mag Englisch.					
10 Es macht mir Spaß, mich mit Englisch zu beschäftigen.					
11 Englisch ist mir gleichgültig.					
12 Ich mag es, in Englisch etwas zu lernen.					
13 Ich mag Englisch vor allem wegen der interessanten Themen.					
14 Es ist mir persönlich sehr wichtig, in Englisch etwas zu lernen.					
15 Englisch hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
16 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Englisch meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					

Vortest

Fragebogen_S_SR

Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	trifft nicht zu	trifft kaum zu	trifft eher zu	trifft genau zu
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.				
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.				
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.				
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.				
5 Wenn der Lehrer/die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.				
6 Auch wenn der Lehrer/die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.				
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.				
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.				
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück				
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.				
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgeregt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.				
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.				
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.				
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.				
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.				
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.				
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.				

Vortest

Fragebogen_FW_FS

1. Read the experiments and chose the correct answer. Give a short reason for your answer.

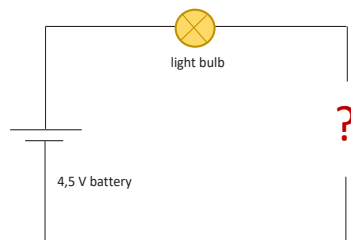
- a) Imagine you want to chill your drinks outside. Decide, whether the coke in the plastic bottle or the one in the metal can cools down faster (if shape and volume are kept equal).



Tick the correct box and give a short reason.

- Plastic bottle, because _____
- Metal can, because _____

- b) A light bulb is connected with a 4,5 Volt battery and one of the chemicals on the right. Decide with which substances the light bulb starts to glow.

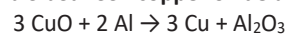


- aluminum foil
- salt (solid)
- salt water
- sugar (solid)
- sugar water
- copper wire

Give a short reason for your answer.

- c) The exothermic thermite reaction of **iron(II) oxide** and aluminum is used to extract iron from its ore (Erz). $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

The reaction is also possible between **copper oxide** and aluminum.



Which reaction is more exothermic?

The thermite reaction with...

- iron** is more exothermic because iron is more reactive than copper.
- iron** is less reactive because it has less electrons to be transferred.
- copper** is less reactive because it is the more noble metal.
- copper** is more exothermic, because copper(II) ions are the stronger reducing agent.

Vortest

2. Decide which of the following statements is true or false and say how sure you are.

	true	false	don't know	How sure are you?		
				not at all	some-what	totally
Corrosion/rusting requires the presence of both oxygen and water.						
Alloys (Legierungen) are softer than the metals they are made out of.						
Calcium can be used for household materials like pots and pans.						
Chemical energy can be transferred into electrical energy and vice versa.						
Iron (II) ions (Fe^{2+}) and manganese (IV) ions (Mn^{4+}) can be used as oxidizing and reducing agents.						
Ignoble metals are easier to extract from their compounds than noble metals.						
Metals of the first and second group are good reducing agents.						
The more electronegative element in a substance is given a positive oxidation state.						
Electrolysis is the decomposition of a molten or aqueous compound by electricity.						

3. Tick the correct answer(s) and say how sure you are.

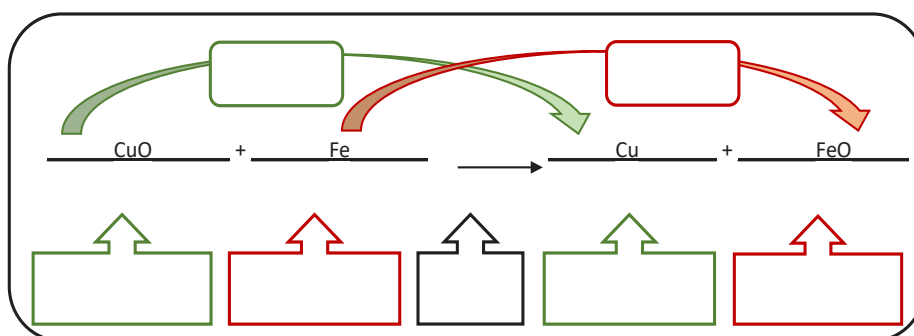
		How sure are you?		
		not at all	some-what	totally
a. About oxidation numbers:	<input type="checkbox"/> Oxidation numbers indicate which substance got reduced/oxidized during a redox reaction. <input type="checkbox"/> Oxidation involves a decrease in oxidation state. <input type="checkbox"/> The oxidation state of an ion is 0. <input type="checkbox"/> The total oxidation state of a molecule is 1.			
b. During oxidation,	<input type="checkbox"/> oxygen is donated. <input type="checkbox"/> electrons are donated. <input type="checkbox"/> the oxidation number decreases. <input type="checkbox"/> the reduction takes place simultaneously.			

Vortest

c. Metals	<input type="checkbox"/> consist of cations and anions. <input type="checkbox"/> have a "sea of electrons". <input type="checkbox"/> are electrical insulators. <input type="checkbox"/> consist of ionic bonds. <input type="checkbox"/> are thermic conductors.			
d. The reaction of sodium and water is a redox reaction because:	<input type="checkbox"/> the electronegativity of sodium is small. <input type="checkbox"/> all reactions between metals and water are redox reactions. <input type="checkbox"/> sodium donates an electron to the hydrogen of the water. <input type="checkbox"/> sodium is an alkali metal.			

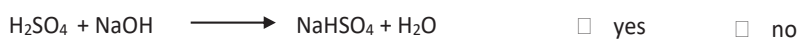
4. a) Assign the correct terms to the reactants and products of the chemical reaction.

oxidation, reduction, got reduced, oxidizing agent, got oxidized, redox-reaction, reducing agent



5. Define the term redox reaction?

6. Which of the following chemical reactions can be classified as a redox reaction?



Vortest

7. Name 5 characteristics of a good scientific explanation.

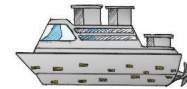
- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

8. Decide which of the explanations is the best and give a reason for your decision.

- If iron is exposed to water and oxygen, then the metal will corrode because a redox reaction takes place.
- Corrosion happens for example on old cars or fences when they are not painted.
- In our experiment only the iron nail rusted, which was in the test tube with water and oxygen, but if there was no water, nothing happened.

a.) _____

- Magnesium blocks can be used as sacrificial anodes. They are often placed on the bottom of boats to stop them from corroding in the salt water.
- Magnesium is a sacrificial anode. It stops iron from corroding. Then only the magnesium is used up instead of the iron. The magnesium reacts first and the iron is protected.
- Corrosion can be prevented by the use of a so called sacrificial anode (i.e. magnesium). The higher reactivity of the base metal causes it to get oxidized prior to the favored metal. Since the sacrificial anode donates all its electrons, it dissolves over time.



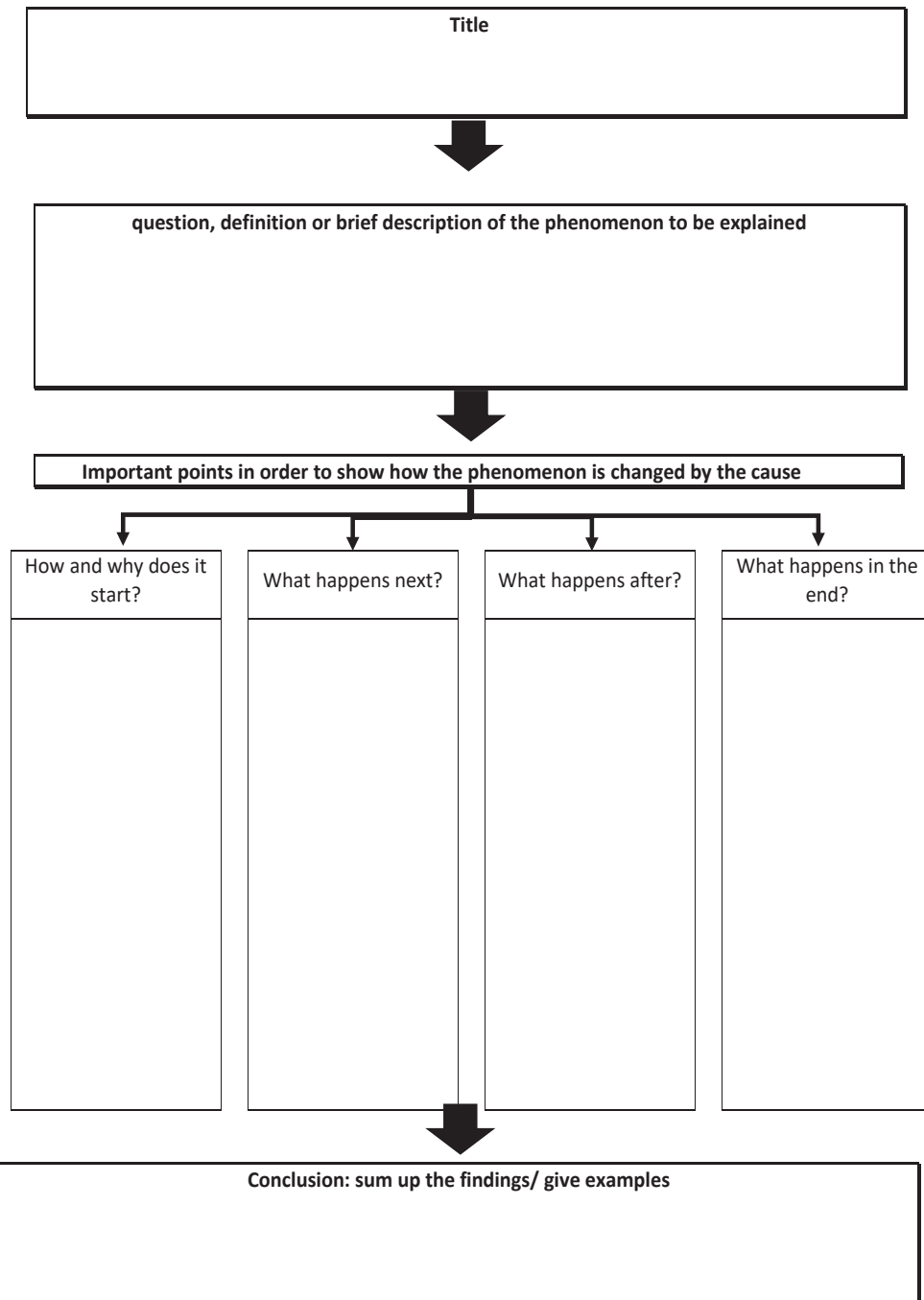
b.) _____

- In winter, salt is put on the road. Then it melts the snow and the salt dissolves in the water. Then the salt water gets on the car which starts to corrode.
- An increased salt usage in winter leads to a rising corrosion rate. The reason for that is that the salt melts snow and ice forming a concentrated electrolyte solution of dissolved ions. The effect is that the electron transfer taking place during the redox reaction is accelerated.
- Rusting happened much faster last summer than the winter before. I think the cold destroyed the top layer of the metal parts in the car. The layers underneath the first rusted layer might be much softer and get destroyed quicker than.

c.) _____

Vortest

9. Exemplify the chemical reaction of combustion. How does a fire start and how can it be extinguished? (Remember the fire triangle of heat, oxygen and fuel)



Source: <http://de.slideshare.net/sharpjacqui/how-to-write-excellent-explanations>, adapted

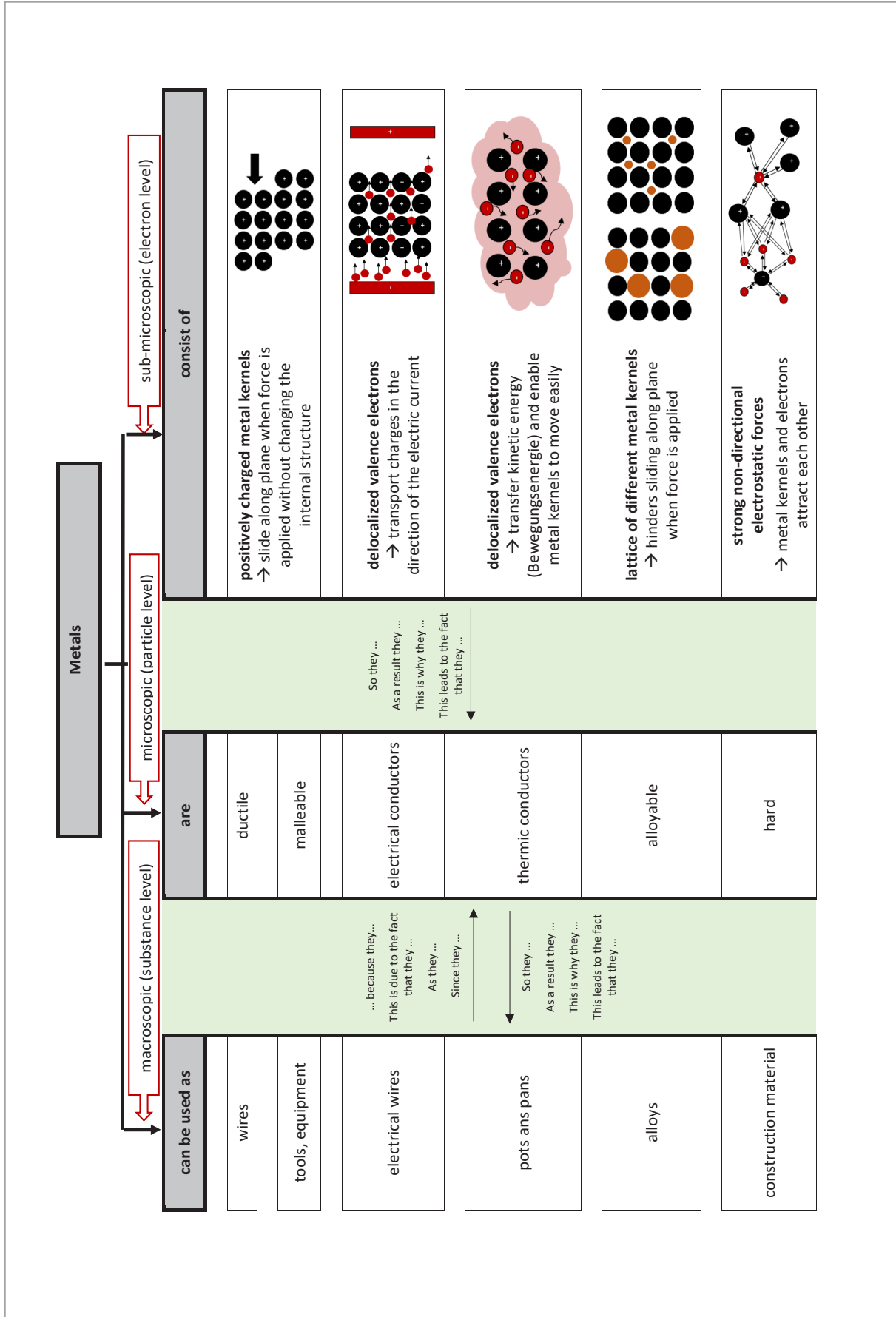
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Verlaufsplan

Properties of Metals (2 x 90 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10 min	Einstieg	Zum Thema Metalle werden Ideen, Fragen, Vokabeln, Experimente usw. gesammelt	SuS äußern sich offen zum neuen Thema der Metalle.	LSG	Tafel
	Überleitung	Warum können Metalle als ... verwendet werden?		LV	Tafel
5 min	Vorbereitung	Erklärung des Gruppenpuzzles und Einteilung in die Gruppen		P	Bunte Zettel mit Zahlen
30 min	Experimentieren	Experimente werden durchgeführt und die Beobachtungen dokumentiert.		GA (Expertengruppen)	ABs Versuchsmaterialien
20 min	Erarbeitung	Aufgaben auf den Arbeitsblättern werden bearbeitet		GA (Expertengruppen)	ABs Mitschriften
25 min	Austausch	Vorstellung der Ergebnisse der Expertengruppen in den Stammgruppen		GA (Stammgruppen)	ABs Mitschriften
30 min	Sicherung innerhalb der Gruppe	Erarbeitung eines Lernplakates zur anschließenden Präsentation		GA (Stammgruppen)	Posterpapier, Bastelsachen, ABs
20 min	mündliche Sicherung	Ergebnisse der Gruppenarbeiten werden vorgestellt und diskutiert.	SuS verwenden die Sprachhilfen zur Präsentation ihrer Ergebnisse.	PA	ABs, Tafel, Poster
20 min	schriftliche Sicherung	Das Tafelbild wird erarbeitet	SuS ordnen die Modellabbildungen und Fachbegriffe in der Tabelle an der Tafel entsprechend an und begründen ihre Zuordnung.	SV	Tafel, Modellabbildungen, Fachbegriffsschnipsel
15 min	Erarbeitung	Tabelle mit Bindungsarten wird in Partnerarbeit ausgefüllt		PA	AB Bindungsarten
5 min	Sicherung	AB wird im Plenum besprochen		LSG	AB Bindungsarten

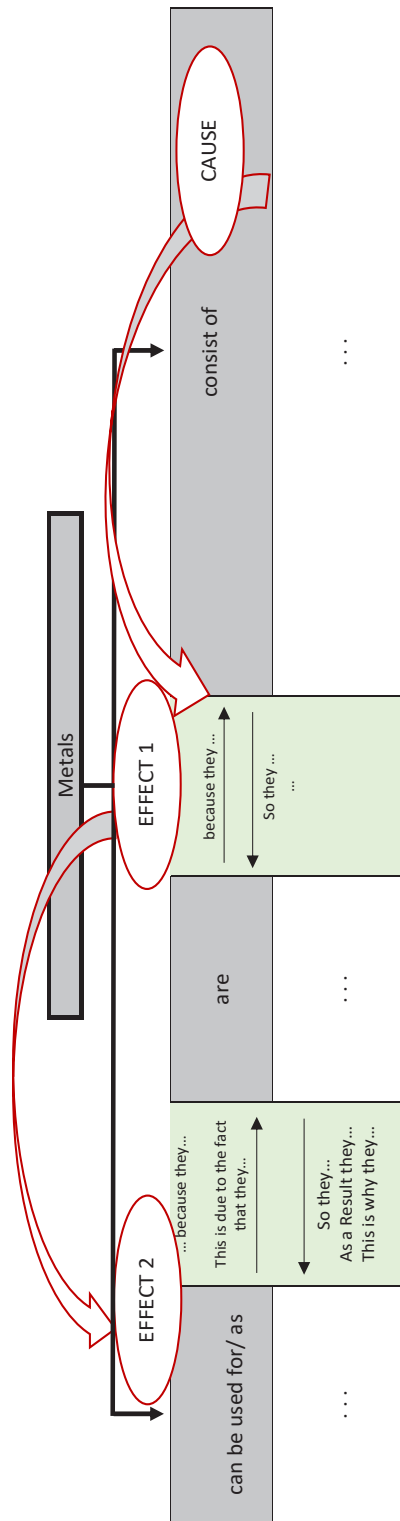
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)
Verlaufsplan



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals) Verlaufsplan

Lehrer vervollständigt das Tafelbild:

L: „A scientific explanation always consists of a cause and an effect (Ursache und Wirkung). Which column could be the cause and which the effect?“
 „A cause always has to precede the effect for example: if it rains → I will get wet“
 „There are certain words that can be used to connect causes and effects in an explanation for example: because or so“



SuS verwenden das Tafelbild, um ihre Beobachtungen zu erklären:

S: „Metals can be used as electrical wires because they are electrical conductors. This is due to the fact that their delocalized electrons flow in the direction of the electrical current.“

S: “Metals consist of delocalized electrons so they conduct electricity. As a result, they can be used as electrical wires.”

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Verformbarkeit der Metalle

PROPERTIES OF METALS DUCTILITY AND MALLEABILITY OF METALS

Investigating the structure of metals**Procedure:**

- describe the state of matter of the metal samples
- clean a piece of metal with some sandpaper and describe its appearance before and after the cleaning process.
- investigate the malleability (Verformbarkeit) of different metal strips
- test the metal samples using a magnet

1 Collect your observations in the table.

metal samples	copper	iron	magnesium		
state of matter					
metal surface before cleaning					
metal surface after cleaning					
density compared to a piece of paper, plastic and wood					
malleability					
ductility					

2 Summarize your observations.

The	experiment investigation study	showed revealed	that ... metals non-metals	have are show consist of can be compared to
It was	found shown			

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)


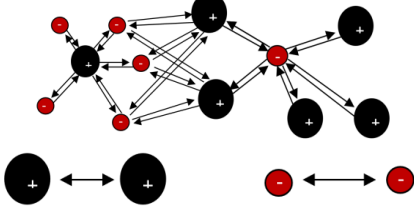
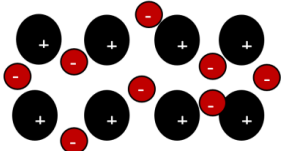
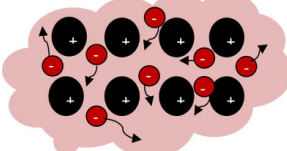
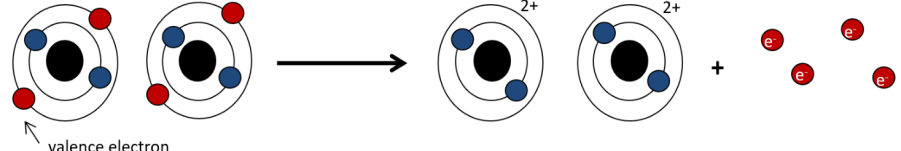
Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Verformbarkeit der Metalle

3 Read the text and assign the diagrams below to the correct paragraph. Give each diagram one of the following titles:

non-directional attractive forces – symmetrical lattice – “sea of electrons” – loss of valence electrons – delocalized valence electrons

1. When metal atoms are close to each other in the solid state, each atom loses control over its valence electrons.
2. These electrons are no longer associated with a particular metal atom but are free to move throughout the solid piece of metal; the electrons are said to be **delocalized** (mobile). With valence electrons now delocalized, the metal atoms are effectively ionized.
3. The bonding force is the attraction between the (immobile or fixed) positive metal cations and the delocalized electrons. This is the reason why all delocalized electrons are shared between all the metal cations and act as a sort of ‘glue’ holding the system together.
4. This system has the lowest energy when the ions arrange themselves in a symmetrical pattern. In the solid state, **metallic bonding** therefore consists of regular arrangements of metal cations (+) (called a **lattice**) surrounded by a ‘sea’ of delocalized electrons (-).
5. This metallic bonding is not directional (gerichtet) like covalent bonding, but it shows a force of attraction into every direction like ionic bonding does. Positive metal ions are attracted by all surrounding electrons and vice versa.

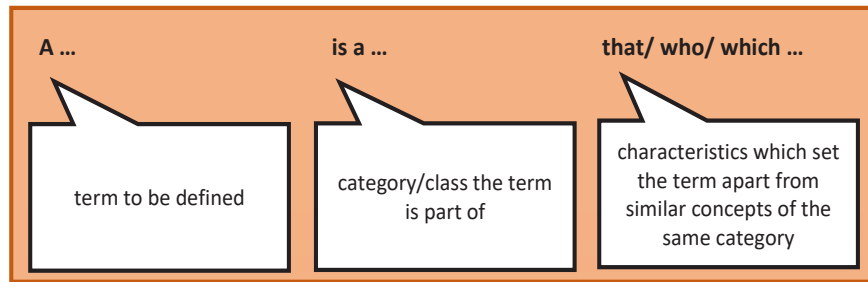
Source: Advanced Chemistry, p. 82, adapted

<p>paragraph number _____ title _____</p> 	<p>paragraph number _____ title _____</p> 
<p>paragraph number _____ title _____</p> 	<p>paragraph number _____ title _____</p> 
<p>paragraph number _____ title _____</p> 	

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Verformbarkeit der Metalle

- 4 Define the term *metallic bond* in your own words. Have a look at the help box on how to write a good definition.

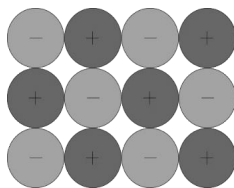


Example:

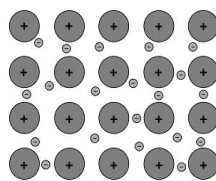
An arm **is a part of** a human body **which consists of** bones, skin, tissue and arteries. **It can be divided into** the upper arm which is connected to the shoulder and the forearm leading to the hand. An arm **can be used for** ...

- 5 Explain the *malleability* of metals using the metallic bond compared to an ionic bond of salts.

ionic bond:



metallic bond:



structure of an explanation:

- cause:** If salts are hammered,
- effect:** then they ...
- reason:** because ...

(you may use the titles of the diagrams as possible reasons for your explanation)

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Wärmeleitfähigkeit

PROPERTIES OF METALS

THERMAL CONDUCTIVITY

Investigating why metals feel "hot" or "cold"

Procedure

- take rods (Stäbe) of metal, glass and plastic and decide which one feels coldest and hottest
- heat up 1L of water until it is boiling
- place the rods into the boiling water and decide which rod changes temperature first.

1 Collect your observations. Use the word bank.

The	experiment investigation study	showed revealed	that	metal glass plastic	increase/ store temperature
It was	found shown				conduct energy/ heat show/ possess a high/ low thermal conductivity (Wärmeleitfähigkeit)

2 Read the texts about thermal conductivity.

Good conductors of heat

The ease with which electrons move through a metal can also help to explain why they are good conductors of heat. As you heat one end of a solid its atoms will vibrate more vigorously. The vibrations will be passed from atom to atom along the structure. But metals conduct heat so well because the energy is transferred by the faster movement of the free electrons in the 'sea' of electrons or conduction band.

Advanced Chemistry for You p.75

Advanced Chemistry:

Thermal conductivity measures the rate of heat flow through a substance when one part of a sample is maintained at a higher temperature than the rest. Thermal conductivity of metals is linked closely to their electrical conductivities. This link indicates that electrons are the main conductors of heat through metals. In a metal, high temperature is represented by electrons with high kinetic energy (= fast movement) and by metal ions with high vibrational energy. Energy is conducted through a piece of metal as the more energetic ('hotter') electrons collide with and speed up the slower, less energetic ('colder') electrons.

Advanced Chemistry p. 83, adapted

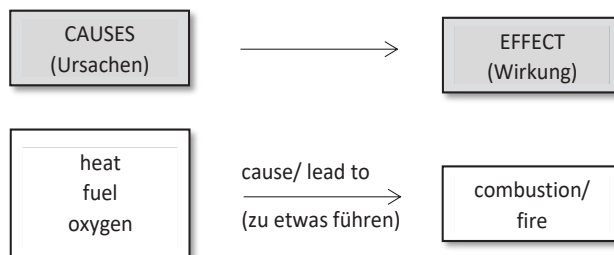
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Wärmeleitfähigkeit

- 3 Collect all causes and effects of thermal conductivity you can find in the texts.

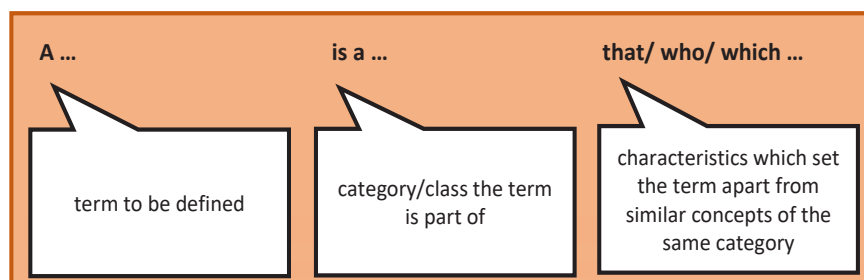
You need causes and effects for a good scientific explanation.

For example: To start a fire, you need fire, heat and oxygen. Thus, they are all necessary causes.



causes	effects

- 3 Define the term *thermal conductivity* in your own words.
Have a look at the help box on how to write a good definition.



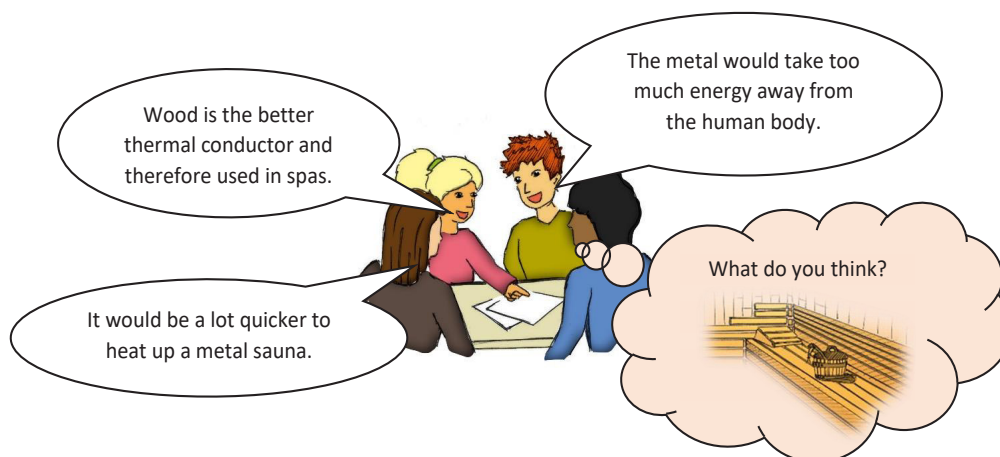
1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Wärmeleitfähigkeit

Example:

An arm is a **part of** a human body **which consists of** bones, skin, tissue and arteries. **It can be divided into** the upper arm which is connected to the shoulder and the forearm leading to the hand. An arm **can be used for** ...

- 4 Evaluate your friend's invention: "A Finnish sauna (100°C) made of stainless steel for an unforgettable and hygienic spa experience".



Decide whether you would go to the new Finnish sauna or not. Give some reasons for your answer.

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - elektrische Leitfähigkeit

PROPERTIES OF METALS

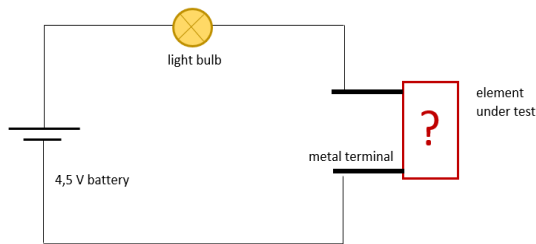
ELECTRICAL CONDUCTIVITY

Investigating the electrical “power” of metals

Procedure

- set up an electric circuit as shown in the figure and test the following materials for electrical conductivity:

- aluminium foil
- salt
- copper wire
- iron nail
- molten salt
(heat up with a Bunsen Burner in an evaporating dish)



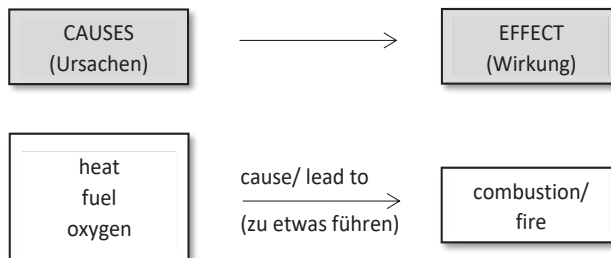
1 Collect your observations. Use the word bank.

The	experiment investigation study	showed revealed	that	metals copper, ... salt	conduct electricity show/possess a good electrical conductivity (elektrische Leitfähigkeit) close electric circuit light bulb
It was	found shown				

2 Read the text on the next page and work out the causes and effects of electrical conductivity.

You need causes and effects for a good scientific explanation.

For example:



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - elektrische Leitfähigkeit

Good conductors of electricity

A very important property of metals is their ability to conduct electricity.

What do you think happens to the 'sea' of electrons when a voltage is applied to a metal wire?

Remember that an electric current in a wire is caused by the flow of electrons through the metal. Electrons move away from the negative terminal of a cell towards the positive end. The outer electrons from each metal atom (valence electrons) are free to travel through the metal in the 'sea' of electrons. This is sometimes called the conduction band.

Advanced Chemistry for you p. 75, adapted

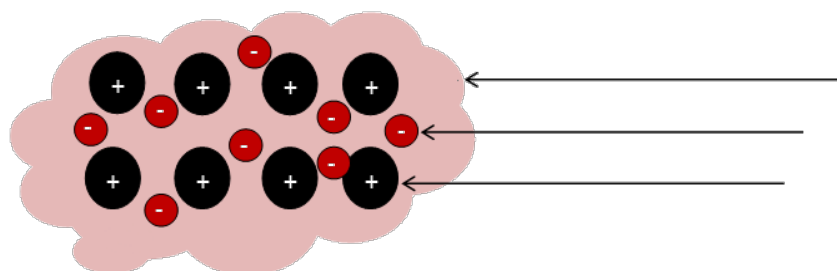
Electrical Conductivity

An electric current is a flow of charged particles. In the case of metals, the charged particles are the delocalized valence electrons, which are free to move through the three-dimensional lattice of metal ions. Connecting a source of electric potential difference (e.g. a battery) across a piece of metal causes the electrons to move. The negative terminal of a battery has a negative potential, which means there is a surplus of electrons. The positive terminal has a positive potential, which means there is a deficit of electrons. Electrons flow through the metal from the negative to the positive terminal.

Advanced Chemistry p. 82

causes	effects

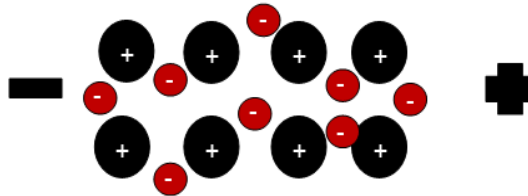
3 Label the diagram with the correct terms.



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - elektrische Leitfähigkeit

- 4 Complete the diagram by adding arrows indicating the electron flow.



- 5 Define the term *electrical conductivity*.

Have a look at the help box on how to write a good definition.

A ...	is a ...	that/ who/ which ...
term to be defined	category/class the term is part of	characteristics which set the term apart from similar concepts of the same category

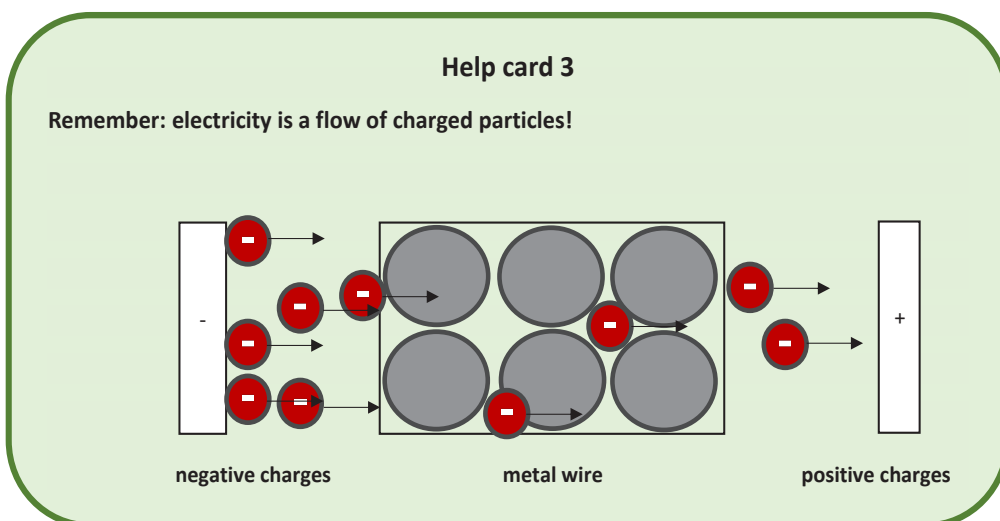
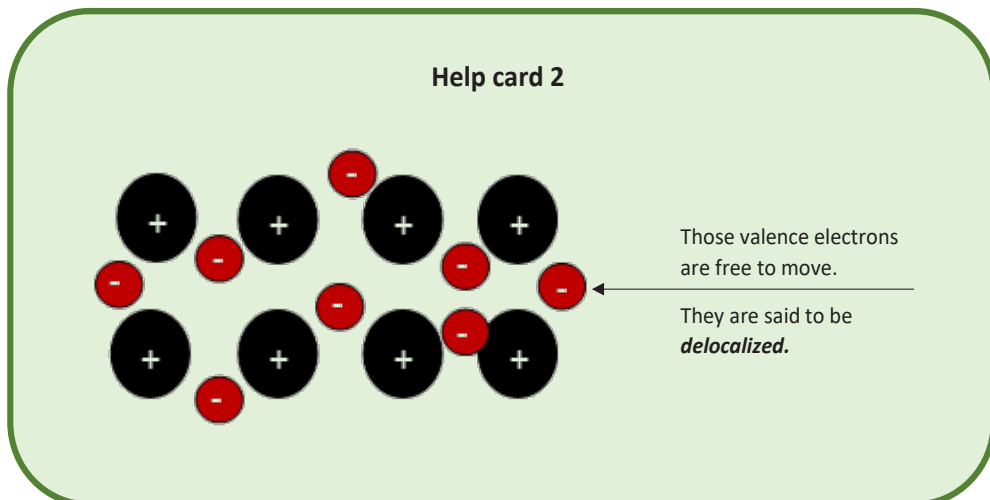
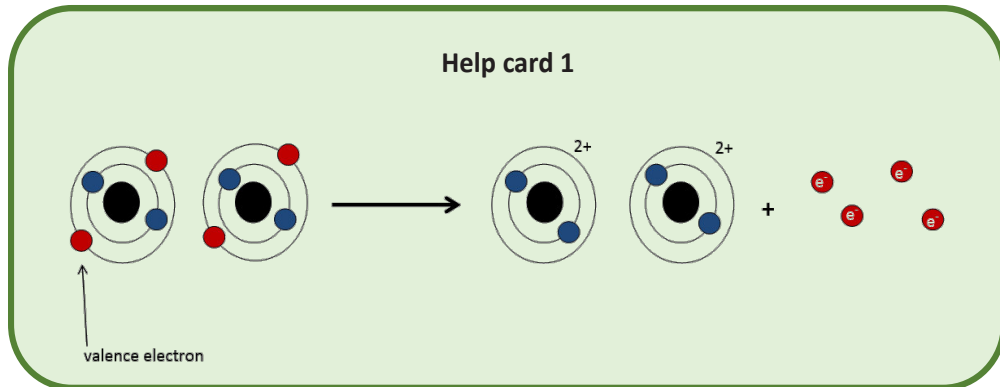
Example:

An arm is a **part of** a human body **which consists of** bones, skin, tissue and arteries. **It can be divided into** the upper arm which is connected to the shoulder and the forearm leading to the hand. An arm **can be used for** ...

- 6 Explain the importance of valence shell electrons for the phenomenon. You may use help cards.

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Hilfekarte - elektrische Leitfähigkeit



1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Legierungen

PROPERTIES OF METALS

ALLOYS



„Making gold out of copper!?”



1 Scan the QR-code(s) below and watch the movie(s).

English version of experiment:

https://www.youtube.com/watch?v=qp_3gY5v2S4



German version of experiment:

https://www.youtube.com/watch?v=_MFIGEj1v8U



2 Describe the procedure. You may use the words in the boxes.

beaker distilled water sodium hydroxide solution ring stand/ tripod
 zinc powder Bunsen burner tongs paper towel copper coin evaporating dish
 first, second, third, while, after that, in the end add, stir, dry, remove, heat, clean

3 Write down your observations.

It was	found shown	that ...
The	experiment investigation study	showed revealed
In the beginning, while, after that, in the end, the product		

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zum Gruppenpuzzle - Legierungen

4 Order the paper snippets in the envelope to explain the experiment. Glue them on a piece of paper for later presentation.

5 Formulate your own explanation using the words in the box.

to cause	verursachen	due to	aufgrund von
to lead to sth.	zu etwas führen	because of	wegen, infolge
to trigger	auslösen	the effect is	der Effekt/ die Wirkung ist
to form	bilden	as a result	demzufolge

6 Would you buy the advertised gold coin? Give at least three reasons. If you cannot decide, use the help cards provided!



**gold coin on sale
only 104,99 €**



diameter: 16,25 mm - height: 1,67 mm - weight: ca. 2,35 g – special property: magnetic

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Hilfekarte - Legierungen

Help card 1

You need to compare the properties of a 1 cent coin made of copper and iron with the properties of a similar coin made out of pure gold.

Help card 2

Properties of the three metals:

	iron	copper	gold
atomic weight	55,845	63,546	196,967
density	7.874 g/cm ³	8.96 g/cm ³	19.30 g/cm ³
melting point	1538 °C	1085 °C	1064.18 °C
magnetism	yes	no	no

Help card 3

Properties of a 1 cent coin:

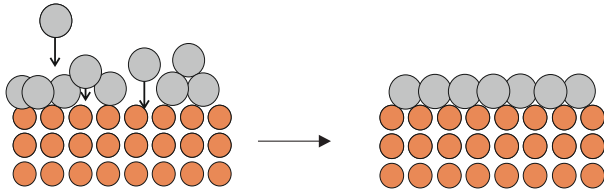
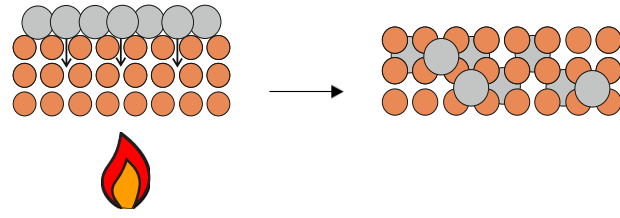
mass: 2,30 g

diameter: 16,25 mm

composition: copper-covered steel = copper + iron

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Hilfekarte - Legierungen

E	When surrounded by oxygen, zinc forms a fine layer of zinc oxide. This layer decreases the reactivity of zinc and needs to be removed. The "activation" of zinc is achieved by a reaction with concentrated sodium hydroxide solution forming zincate.
X	$\text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{NaOH} \longrightarrow 2 \text{Na}^+ + [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$
C	When the copper coin is added to the solution, an electrochemical reaction takes place between the copper and the zinc ions. The effect is that the attracted zinc ions form a fine golden colored coating on the copper surface.
E	
L	$\text{Zn} + \text{Cu} \longrightarrow (\text{Zn-Cu})$
L	If this "silver" coin gets heated up in the Bunsen burner flame, those attached zinc ions furthermore diffuse into the copper to form an alloy called brass.
E	
N	$\text{Zn} + \text{Cu} \longrightarrow \text{Zn}_x\text{Cu}_y$
T	The color of brass depends on the percentage of zinc added to the copper. The more zinc is added, the more golden the brass looks.

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zur Sicherung des Gruppenpuzzles

Properties of metals

1 Share your expert knowledge about the following aspects with the rest of your group:

- Topic of expert group
- Description and procedure of experiment
- Explanation of results
- Any unanswered questions or problems?

2 With the information from all four experts, answer the following questions/tasks:

- Describe the metallic bond and explain how it is formed
- Using the model of the metallic bond, explain why metals
 - are good conductors of electricity
 - are good conductors of heat
 - have a high density
 - have a high melting point
- Predict whether a cold or a hot copper wire will conduct electricity better.
- Take a stance to the statement “alloys ruin the metallic bond”

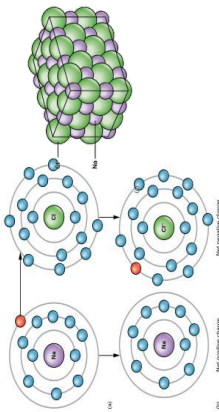
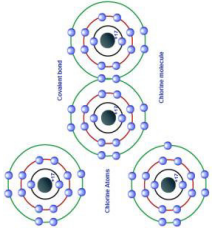
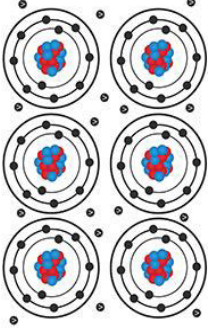
3 Present your results in class. You may use the following phrases:

From the results	it is concluded that . . . is due to . . . a conclusion is made as to . . .		
The results	suggest imply	that the hypothesis/ explanation/theory should be	revised/abandoned. restricted/extended.
The results	(do not) seem to confirm the explanation.		
Our data	seem to support/contradict the hypothesis.		
(Thus,) . . . provides a	reasonable, satisfactory exhaustive, complete adequate, convincing	explanation for . . .	
The findings make it possible to	conclude, explain, confirm suggest, recommend	that... a new model... the existing theory/ hypothesis	
This assumption may also help to explain . . .			
Therefore, Thus,	. . . is clearly not shows that . . . there is no satisfactory/final/convincing evidence that/for . . .		

1. Einheit: Eigenschaften der Metalle (Properties of Metals)

Arbeitsblatt zur Sicherung des Gruppenpuzzles

Comparison of the ionic, covalent and metallic bond

characteristics	ionic bond	covalent bond	metallic bond
formation	 <p>https://opentextbc.ca/anatomyandphysiology/chapter/2-2-chemical-bonds/</p>	 <p>http://chemistry.tutorvista.com/organic-chemistry/carbon-carbon-bond-length.html</p>	 <p>https://www.learner.org/courses/chemistry/images/text_img/metallic_bond.jpg</p>
structure			
electrons			
electronegativity			
melting point			
electrical conductivity			
bond found in			
example			
	<p>non-metal + metal – shared between two atoms – good – Cu – metals – no (except for some elements) – either donated or accepted to form cations (+) and anions (-) – NaCl – salts – atoms have small difference in electronegativity – H₂O – metal lattice – atoms have great difference in electronegativity – when melted – high – valence electrons released to form positive metal cations (+) and delocalized electrons (e⁻) (compare 'sea' of electrons) – liquids, gases, solids – small electronegativity – metal + metal + non-metal + non-metal – low – high – high – crystal lattice</p>		

2. Einheit: Einführung des erweiterten Redox-Begriffs (Extended Redox Definition) Verlaufsplan

The new Redox Definition (2 x 45 min)					
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	L: <i>Today I will show you two different experiments and you have to decide which one is a redox reaction and which one isn't. The first one is the combustion of <u>magnesium</u> in <u>oxygen</u> and the second one is the reaction of <u>magnesium</u> in <u>chlorine</u>.</i>		LV	
15 min	Experiment	Experiment 1 wird durchgeführt und Experiment 2 als Video gezeigt: https://www.youtube.com/watch?v=RuQc0lQQdQA	SuS beobachten die beiden Versuche.	LV	Versuchsmaterial, Fernseher
5 min	Sicherung I	Versuchsbeobachtungen werden mündlich gesammelt. L: <i>What are the <u>differences</u> and <u>similarities</u> of both experiments?</i>	Similarities: both gases, both non-metal with metal reaction, magnesium burns in both experiments, products look very similar Differences: "Not" an oxidation with chlorine, different groups, reaction with oxygen is more intense, flame goes out faster with chlorine.	LSG	
15 min	Erarbeitung I	Ähnlichkeit der beiden Reaktionen wird anhand eines beweglichen Schalenmodells an der Tafel hergeleitet.	SuS besetzen die Schalen mit Elektronen für die Atome vor und nach der Reaktion.	LSG	Tafel, Schalenmodell
15 min	Erarbeitung II	Neue Definition des Redox-Begriffes wird anhand der Aufgaben auf AB 1 hergeleitet.		PA	AB 1
10 min	Sicherung II	AB 1 wird besprochen.		LSG	AB 1
15 min	Erarbeitung III	Neue Definitionen werden anhand des AB 2 vertieft.		EA	AB 2
10 min	Sicherung III	AB 2 wird besprochen.		LSG	AB 2

2. Einheit: Einführung des erweiterten Redox-Begriffs (Extended Redox Definition)

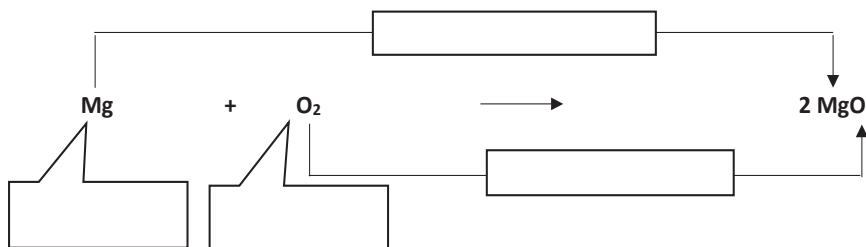
Arbeitsblatt

REDOX

THE NEW REDOX DEFINITION

1 Fill out the gaps in the text and the chemical equations.

Formerly, an oxidation has been defined as a chemical reaction, during which _____ is _____. Since _____ and _____ are chemical opposites, which always take place _____, reduction is defined as _____ of _____. The oxidizing agent _____ its reaction partner and gets itself _____. The reducing agent _____ its reaction partner and gets itself _____.



Because some chemical reactions are very similar to those “oxygen transfer” reactions, the old redox-definition can be extended. Within the new redox definition, an oxidation is defined as _____ of _____. A reduction is defined as _____ of _____. Taken together, those two half-reactions forming a redox-reaction can be defined as _____.

$\text{Mg} + \text{O}_2 \longrightarrow \underbrace{2 \text{Mg}^{2+} + 2 \text{O}^{2-}}_{2 \text{MgO}}$	Magnesium and oxygen react together to form an ionic compound called magnesium oxide.
oxidation: $\text{Mg} \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$	Magnesium donates two valence electrons to reach the noble gas configuration . As a result, positively charged cations are formed.
reduction: $\text{O}_2 + \underline{\quad} \text{e}^- \longrightarrow 2 \text{O}^{2-}$	Each oxygen atom accepts two electrons to _____. As a result _____.
$\text{Mg} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{MgCl}_2$	
oxidation:	
reduction:	

2. Einheit: Einführung des erweiterten Redox-Begriffs (Extended Redox Definition) Arbeitsblatt


REDOX

THE REDOX DEFINITION

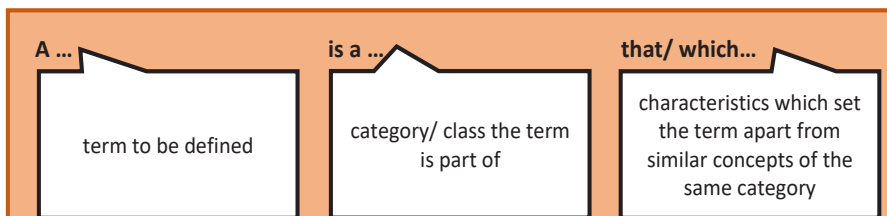
1 Order the text puzzle by drawing lines between the matching parts.

A reducing agent reduces other substances,	are called redox reactions.
A substance which lost oxygen	oxidizes other substances and gets itself reduced.
The term redox is a contraction	of the words reduction and oxidation.
A substance which lost electrons	donates electrons and gets itself oxidized.
An oxidizing agent accept electrons,	got reduced.
Electron transfer reactions	got oxidized.
A substance which gained oxygen	which always take place simultaneously.
Reduction and oxidation are two half reactions	
A substance which gained electrons	

REMEMBER: OILRIG
 Oxidation Is Loss of Electrons
 Reduction Is Gain of Electrons



2 Define the terms in the table. A scientific definition has the following structure:



chemical terms	old redox definition	new redox definition
oxidation		
reduction		
redox reaction	A redox reaction is a chemical reaction during which a transfer of oxygen takes place.	
reducing agent		
oxidizing agent		
example of redox reaction		

3. Einheit: Qualitative Analyse von Eisenionen (Detecting Iron Ions) Verlaufsplan

Detecting Iron Ions (2 x 45 min)						
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material	
10 min	Einstieg	Bilder werden beschrieben und das Problem des hohen Eisengehaltes herausgearbeitet	brown water, might contain iron/iron oxide, maybe not healthy, because ... as a consequence ...	LSG	Folie, OHP	
5 min	Problematisierung I	Wie könnte man die Eisen Ionen aus dem Wasser bekommen?	filter, deposit, chemical reaction, ...	LSG	Folie, OHP	
5 min	Überleitung	<i>There is actually such a thing called the "Iron Zapper" ("Eisenlöscher") which is supposed to free the water from iron ions and other unwanted substances. Do you think this is possible? How could that work? In groups of 4 you will now perform an experiment concerning this issue.</i>		LV	Folie, OHP	
30 min	Experiment	SuS führen Versuch mit Eisenchlorid durch.		GA	Versuchsmaterialien, AB	
15 min	Erarbeitung	SuS bearbeiten Aufgaben zur Auswertung auf dem Arbeitsblatt.		PA	AB	
10 min	Sicherung	Antworten werden verglichen.		LSG	AB	
15 min	Vertiefung	Aus was besteht der Iron Zapper? Zink? Welche Vor- und Nachteile bestehen? Welche Alternativen könnte es geben?	Haltbarkeit Kosten Ressourcen Umweltgefahr	LSG	Folie, OHP, AB	

3. Einheit: Qualitative Analyse von Eisenionen (Detecting Iron Ions)

Bild zum Einstieg

well water in Frankfurt
called „Königsbrunnchen“



Source: <https://tribktla.files.wordpress.com/2016/02/s060338944.jpg?quality=85&strip=all>

tap water in Louisiana



Source: <http://static.panoramio.com/photos/large/50459326.jpg>

because as a consequence
the result is that
as so since
this leads to the fact that
this causes

The Iron Zapper™?



Source: <http://idahowatersolutions.com/residential/home-water-filters-purification-systems/iron-in-well-water-well-water-iron-filters-and-treatment/>

3. Einheit: Qualitative Analyse von Eisenionen (Detecting Iron Ions)

Arbeitsblatt



Student Experiment: detecting iron ions

Chemicals:	iron(III) chloride (aqueous solution)	Material:	3 test tubes
	zinc powder		spatula
	potassium hexacyanoferrate(II) solution		2 pipettes

Procedure:

test tube 1 and 2: fill to 1/3 with iron(III) chloride solution

test tube 2: add a spatula tip of zinc powder and shake carefully
after 1 minute, divide the liquid into **test tube 2 and 3**

test tube 1 and 2: add 1 ml of potassium hexacyanoferrate(II) solution

1 Describe your observations of all three test tubes.

2 Bring the sentence chunks into the correct order and write down the explanation.

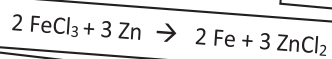
and gets itself oxidized.

the indicator is colored dark blue and

From the experimental observations it can be concluded that

it can function as a reducing agent.

a redox reaction between iron(III) chloride and zinc took place.



The final result is that zinc chloride and elemental iron are formed.

If there are free iron(III) ions in the solution,

As a consequence, zinc reduces iron

Since zinc is a less noble metal than iron,

Potassium hexacyanoferrate (II) is an indicator for Fe^{3+} ions.

in the absence of such cations, it is colorless.

4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers) Verlaufsplan

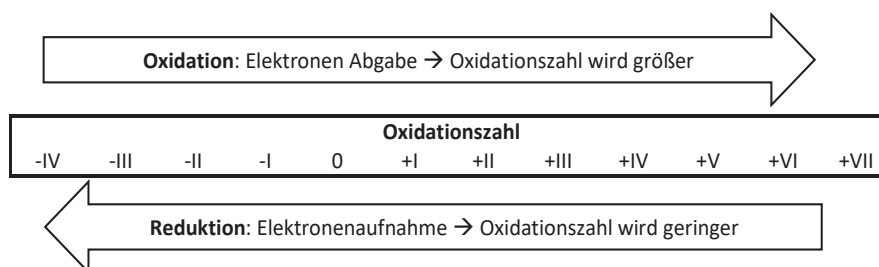
Oxidation Numbers (2 x 45 min)					
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10 min	Einstieg	Wiederholung wichtiger Begriffe der Redox-Reaktion als Klassenquiz (4 Gruppen)	SuS erklären die Begriffe: Oxidation, Reduktion, Reduktions- und Oxidationsmittel nach der alten und neuen Definition.	LSG	
5 min	Problemtisierung	Woher weiß man, welcher der Reaktionspartner reduziert oder oxidiert wird, wenn kein Sauerstoff an der Reaktion beteiligt ist? Kann Sauerstoff auch oxidiert werden? → Die Oxidationszahlen geben Aufschluss darüber.		LV	
20 min	Erarbeitung	<p>Tafelbild</p> $\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$ <p>electronegativity values: H: 2,2 C: 2,5 O: 3,5</p> <p>Oxidationszahlen gemeinsam erarbeitet:</p> <ol style="list-style-type: none"> Jeweils ein Satz der ersten Seite auf dem AB wird von einer Schülerin oder einem Schüler vorgelesen und der entsprechende Teilschritt an der Tafel am Ethanol Molekül ausgeführt. Die Regeln auf Seite 2 zur Bestimmung der Oxidationszahlen werden jeweils vorgelesen und mit den eigenen Worten übersetzt. 		LSG	Tafel AB
20 min	Übung	In Partnerarbeit werden die 4 Aufgaben auf dem Arbeitsblatt gelöst. Es kann dabei zwischen leichten und schweren Aufgaben ausgewählt werden (1-3 Sterne).		EA	AB
15 min	Sicherung	Aufgaben auf dem AB werden besprochen.	SuS müssen ihre Antwort immer anhand einer Regel begründen.	LSG	AB
20 min	Vertiefung	Oxidationszahlen werden zum Versuch der vergangenen Stunde bestimmt und anhand des ABs die Redox-Gleichung aufgestellt. Das Ergebnis wird mit dem Lösungsblatt verglichen.		PA	AB Lösungsblatt

4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers)

Arbeitsblatt

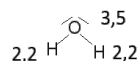
Oxidation number

An oxidation number indicates whether an atom or an ion got oxidized or reduced. If the oxidation number increases, a substance got oxidized. If the oxidation number decreases, a substance got reduced. This is due to the fact that negatively charged electrons are donated during oxidation and accepted during reduction. In other words, the oxidation number describes the relative electron density around an atom or an ion compared to its situation in the pure element.

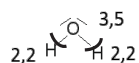


Procedure to determine the oxidation number

1. Assign the correct value of electronegativity to each atom in the compound.



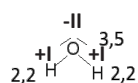
2. Hypothetically regard each atom as ion and assign both bonding electrons to the more electronegative atom. In a bond of two equal electrons, the shared electrons are divided equally.



3. Calculate the difference between the number of electrons in the uncharged element and the valence electrons of hypothetical "ion".

$$\begin{array}{l} \text{Oxygen: } 6 - 8 = -2 \\ \text{Hydrogen: } 1 - 0 = +1 \end{array}$$

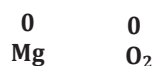
4. Write down the oxidation number above the atom in Roman numbers.



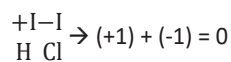
4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers) Arbeitsblatt

Rules to determine the oxidation number

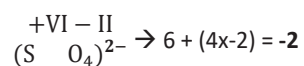
1. The oxidation number of a **pure element** is **0**.
If it is a diatomic molecule, both atoms have the oxidation number of 0.



2. In **neutral molecules** the sum of all oxidation numbers is **0**.



3. The sum of the oxidation numbers of an **ion** equals the **charge of the ion**.



4. In compounds, **fluorine** always has the oxidation number of **-1**.



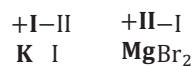
5. In compounds, **hydrogen** always has the oxidation number of **+1**, except for metal hydrides where it is **-1**.



6. In compounds, **oxygen** mostly has the oxidation number of **-2**, but in peroxides it is **-1** and in fluorine compounds it is **+2**.



7. **Metals** have **positive** oxidizing numbers.
Alkaline metals (first group) have the oxidation number of **+1**.
Earth alkaline metals (second group) have the oxidation number of **+2**.



4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers)

Arbeitsblatt

Procedure to balance a redox reaction

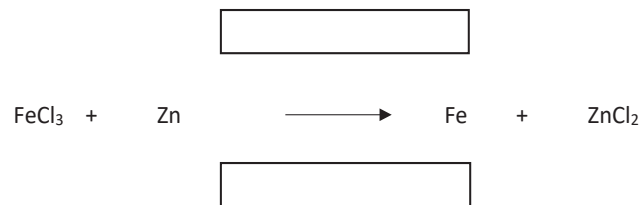
electronegativity:

Fe	1,64
Cl	2,83
Zn	1,66

1. Assign oxidation numbers to all atoms in the equation.



2. Identify which **atom(s)** got **oxidized** and which got reduced. Fill out the blanks and connect the atoms with an arrow.



3. Write down the **half equations** of oxidation and reduction. Insert the correct **coefficients** and balance the charge by adding **electrons**.

oxidation: _____

reduction: _____

4. Balance the **electron transfer** by forming the **least common multiplier**.

oxidation: _____

reduction: _____

5. Add "**spectator ions**" and write down the full equation.

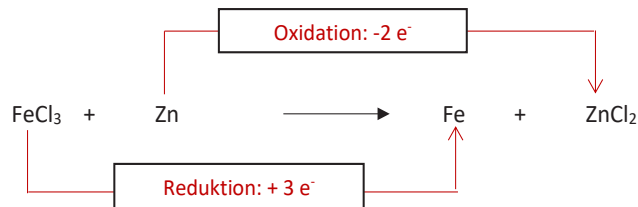
4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers) Arbeitsblatt

Solution sheet: How to balance a redox-equation

1. Assign oxidation numbers to all atoms in the equation.



2. Identify which **atom(s)** got **oxidized** and which got reduced. Fill out the blanks and connect the atoms with an arrow.



3. Write down the **half equations** of oxidation and reduction. Insert the correct **coefficients** and balance the charge by adding **electrons**.



4. **Balance** the **electron transfer** by forming the **least common multiplier**.



5. Add "**spectator ions**" and write down the full equation.



4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers)

Arbeitsblatt

REDOX

THE OXIDATION NUMBER

1 Work out the correct oxidation number of each atom and write it on top of the atoms.

1. identify all **electronegativity values**

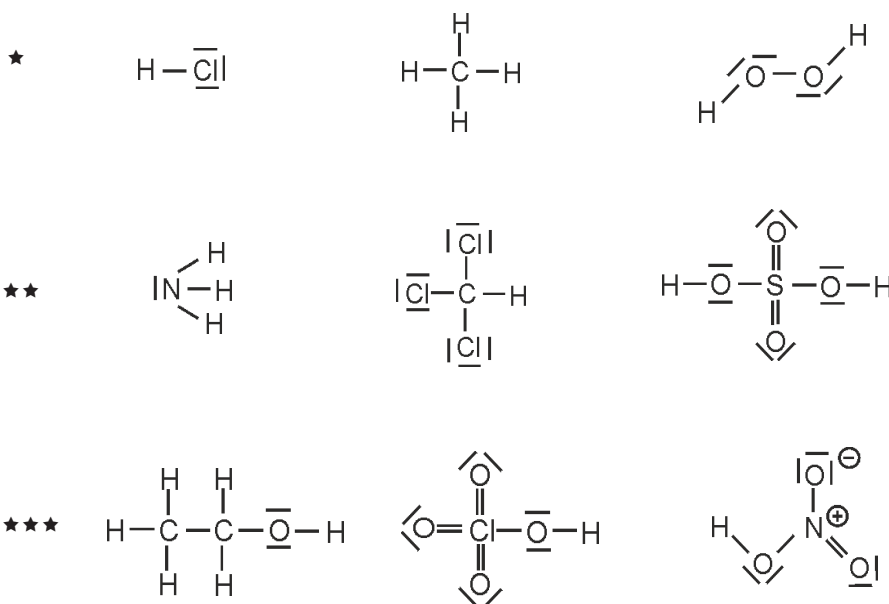
2. assign **bonding electrons** to the more electronegative element (or divide them equally if two atoms are of the same element).

3. write down the **oxidation number in Roman numerals**.

H 2,20 Cl 2,83

C 2,50 O 3,50

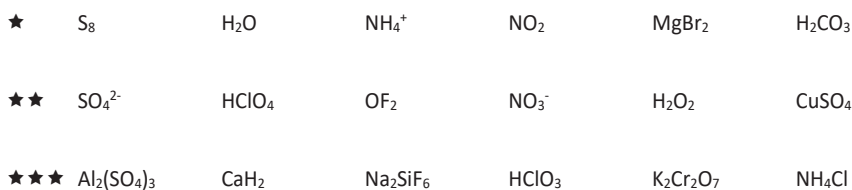
N 3,07 S 2,44



2 Work out the oxidation numbers of the molecules and ions below and write them down in Roman numerals.



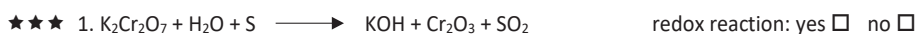
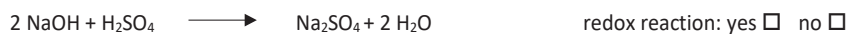
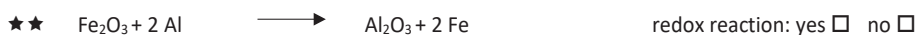
If you don't know what to do keep calm and start with rule number four. The rest is just a routine.



4. Einheit: Einführung der Oxidationszahlen (Oxidation Numbers)

Arbeitsblatt

3 Decide which of the following reactions a redox reaction is.



2. Calcium carbonate and dilute hydrochloric acid react to form carbon dioxide, calcium chloride and one other substance.

_____ redox reaction: yes no

3. Water vapor evolves from a reaction between copper(II) oxide and hydrogen.

_____ redox reaction: yes no

4 Explain one chemical equation from exercise 2. You may use Bob's example.

The reaction of ... and ... is/ is not a redox reaction because an electron transfer takes place/ doesn't take place. This is due to the fact that ... donates electrons and ... accepts electrons. As a consequence of this electron transfer, the oxidation number of ... increases as it changes from ... to ... and the oxidation number of ... decreases from ... to



5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals)

Verlaufsplan

The Reactivity Series of Metals (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10 min	Einstieg	Verschiedene Metalle und Metalloxide werden vorgestellt. SuS sollen sich zu möglichen Reaktionen dieser Stoffe äußern. Manche Metalle und Metalloxide können sie noch nicht zuordnen.	SuS stellen Vermutungen basierend auf ihren Erfahrungen auf, was mit was reagieren könnte.	LSG	Metalle und Metalloxide
5 min	Problematisierung und Überleitung	Wie kann man herausfinden, ob eine Reaktion stattfindet, wenn man weder die Reaktionsgleichung noch die Oxidationszahlen kennt? Genau das sollt ihr heute herausfinden!		LV	
15 min	Erarbeitung I	Der Text auf dem AB wird durchgelesen und die Satzchnipsel in das Diagramm eingetragen.		EA dann PA	AB
5 min	Sicherung I	Die Antworten werden vorgetragen und verglichen.		SV	AB
5 min	Problematisierung II	Als Referenz zum Aufstellen dieser Reaktivitätsleiter wurde Wasserstoff verwendet, da dieser kein Metall ist, aber im Periodensystem auch auf der linken Seite steht. Wie kann man herausfinden, wo der Wasserstoff einzuordnen ist? → Erste Vorschläge werden mündlich gesammelt.		LSG	AB
10 min	Erarbeitung II	In 4er Gruppen wird das Experiment mit den Hilfskarten geplant		GA	AB, Hilfskarten
5 min	Zwischensicherung	Korrekte experimentelle Vorgehensweise wird verglichen.		LSG	AB
30 min	Durchführung	SuS führen das Experiment in 4er Gruppen durch. Erklärung wird nach dem PRO-Model verfasst.		GA	Material zum Experiment
5 min	Sicherung	V Versuchsergebnisse werden verglichen:		EA	AB
				LSG	AB

5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals) Verlaufsplan

1. Versuchsdurchführung

Added diluted hydrochloric acid to 4 different metals in a test

2. Versuchsbeobachtungen

- In some test tubes (magnesium and zinc) hydrogen gas was formed
- The magnesium completely disappeared
- No reaction between hydrochloric acid and copper took place

metals	reaction with dilute hydrochloric acid
magnesium	vigorous, a lot of hydrogen formed metal disappeared during reaction
zinc	intense reaction
iron	slight reaction
HYDROGEN	
copper	no reaction

3. Versuchserklärung anhand des PRO-Modells

Principle:

In general, metals on top of the reactivity series are good reductants and able to reduce metals (or other substances) less reactive than them.

Reason:

In hydrochloric acid, hydrogen has the oxidation number of +1 and can be reduced by a strong reducing agent to form hydrogen gas.

Observation:

Because the ignoble metals magnesium, zinc and iron are good reducing agents and more reactive than hydrogen, they can displace hydrogen ions in the solution. Consequently, hydrogen gas and a solution containing the respective metal cations is formed.

The more reactive the metal, the faster the electron transfer takes place which can be seen in an increasing reactivity from iron to magnesium.

As copper is less reactive than hydrogen, it cannot serve as a reducing agent and no reaction takes place.

5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals)

Arbeitsblatt

REDOX

THE REACTIVITY SERIES OF METALS

1 Read the text and fill out the gaps in the diagram.

The reactivity series of metals

The reactivity series of metals is a list that ranks metals according to their reactivity. The most reactive metals are on top and the least reactive metals on the bottom of the list. Reactive metals are strong reducing agents and cause other substances to get reduced. This means that they give off their valence electrons and get themselves oxidized. Noble metals are less reactive and are found as elements in earth's crust.

The least reactive metals

Some metals have been used since prehistory. They are the ones that are the least reactive. A famous example is gold. Because it is so unreactive, it exists in the environment 'native', which means uncombined with another element. In the previous two hundred years there have been a number of 'gold rushes', as for example in 1849 in California. If fortunate, a prospector could literally pick up a piece of gold. Hence no chemical techniques need to be employed to extract gold.

The fairly reactive metals

When the metal is rather more reactive than gold, it will be found in the environment combined with other elements, most commonly with oxygen. The oxide will then need to be converted to the element. This conversion of an oxide to the element involves reduction. The cheapest and widely available reductant is the element carbon.

The most reactive metals

Despite its abundance, elemental aluminum was not made until the nineteenth century because the temperature needed for extraction by carbon is uneconomically high. The extraction of aluminum, and that of other very reactive metals such as sodium and potassium, had to wait for a new technological advance. This was the discovery of electrolysis, which itself relied on the batteries first made around 1800.

Clugston, 2000: Advanced Chemistry, p.236f., adapted

5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals)

Arbeitsblatt

- _____
- _____
- _____

metals above this line _____

metal oxides above this line _____

- _____
- _____
- _____

Ryan, 2011: New Chemistry for You, p. 70, adapted

most reactive metals

react with acids, displacing hydrogen

good reducing agents

donate electrons easily

hard to extract from their ores

found naturally as elements in earth's crust

fairly reactive metals

least reactive metals

weak reducing agent

cannot be reduced by carbon

easy to extract from their ores

5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals)

Arbeitsblatt

- 2 Plan an experiment to find out the location of hydrogen in the reactivity series. If you need help, use the hints on the bottom of the page.

- 3 Draw the experimental set up and label all chemicals.

test tube – hydrochloric acid – magnesium ribbon – strip of copper foil – iron powder – zinc powder – test tube rack – pipette spatula – lighter

Hint 1:

Metals can be ranked according to their reactivity.

In grade 7, you compared the reactivity with oxygen by burning different metals.

In grade 9, you compared the reactivity with acids.

→ Which of these methods could be used to find the position of “hydrogen” in the reactivity series?

Hint 2:

An acid is a proton donor according to the Brønsted-Lowry theory, which means that H⁺ ions are set free in acidic solutions (actually H₃O⁺ but we can simplify it to H⁺).

A less noble (more reactive partner) donates electrons to the cations of the more noble (less reactive) metal.

→ What would you expect if you place a more reactive metal in a solution of H⁺ ions?

Hint 3:

We can arrange metals according to their reactivity by comparing how quickly hydrogen is given off. Many metals react with dilute hydrochloric acid to form hydrogen gas and a colorless solution of the respective metal chloride.

eg. $\text{Mg} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$

5. Einheit: Vertiefung der Reaktivitätsreihe (The Reactivity Series of Metals)

Arbeitsblatt

4 Write down your observations and order the metals according to their reactivity.

metal	reaction with hydrochloric acid

5 Explain your results. Use the PRO-Model (Principle – Reason – Observation).

Example:

1. Principle	Provide the underlying law, rules or concepts. <i>In general, . . .</i> <i>As the law/ theory of . . .</i>	In general , metals on top of the reactivity series are good reductants and able to reduce metals below them.
2. Reason	Give a reason why this rule applies particularly to your observation and explains it. <i>because/ since/ as . . .</i> <i>due to the fact that . . .</i>	Since magnesium is a more reactive metal than copper, it can displace copper ions from the solution.
3. Observation	Describe your observations. <i>If . . . then . . .</i> <i>. . . causes . . .</i> <i>This leads to the reaction of . . .</i> <i>The effect is that . . .</i> <i>If . . . and . . . react together, . . . is formed</i> <i>(describe the substance with its aggregate state, color, shape, smell, ...)</i>	If magnesium is placed in copper sulphate solution, then the magnesium metal strip disintegrates while solid copper is deposited.

Principle:

Reason:

Observation:

6. Einheit: Thermitreaktion (Thermite Reaction)

Verlaufsplan

Thermite Reaction (2 x 45 min)					
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Problemmatisierung	Eisen/Stahl ist ein wichtiger Rohstoff. Leider liegt er/es in der Natur als Oxid vor. Wie kann man aus Eisenoxid Eisen machen? Verweis auf Aktivitätsreihe.	Reduktion mit unedleren Metallen	LSG	
15 min	Erarbeitung	SuS bearbeiten die erste Aufgabe auf dem AB.		PA	AB Thermit
20 min	Experiment	Der Thermit Versuch wird auf dem Schulhof durchgeführt und die Produkte untersucht. Versuchsbeobachtungen werden mündlich gesammelt.		LV LSG	Materialien zum Versuch
15 min	Sicherung	SuS schreiben in EA eine Erklärung nach dem PRO-Modell.		EA	AB
15 min	Vertiefung	Was passiert mit CuO und Al im Vergleich zu FeO und Al? Läuft die Reaktion heftiger, gleich oder milder ab? Und warum?	SuS stellen eine Hypothese zum Concept Cartoon auf und diskutieren diese in Kleingruppen.	GA	AB
10 min	Überprüfung	Die Hypothese wird mit Hilfe eines Videos überprüft und besprochen.		LSG	Fernseher
10 min	Sicherung	Merkatz in Aufgabe 5 auf dem AB wird ausgefüllt.		EA	AB

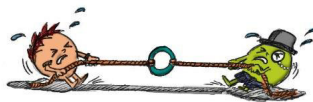
6. Einheit: Thermitreaktion (Thermite Reaction)

Arbeitsblatt

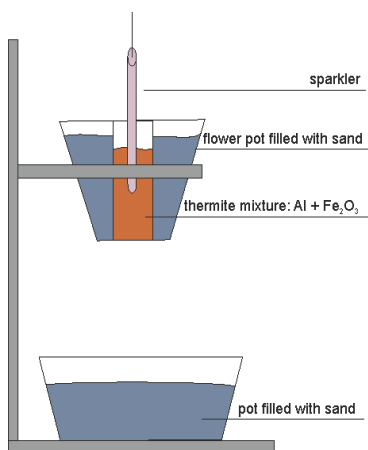
REDOX

THE THERMITE REACTION

Who steals whom the oxygen?



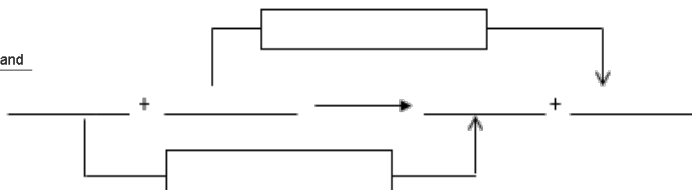
1 Write down a plausible hypothesis and a chemical equation for the thermite reaction.



If iron oxide and aluminum react together,

then _____

because _____



2 Explain your results using the PRO-Model (Principle – Reason – Observation).

Principle:

In general,

*As the law/ theory/
rule of ... says*

Reason:

This means that ...

because/since/ as

*due to the fact
that ...*

Observation:

If ... then ...

... causes ...

The effect is that ...

*If ... and ... react
together, then ... is
formed*

6. Einheit: Thermitreaktion (Thermite Reaction)

Arbeitsblatt

A „thermite reaction“ with copper oxide?



The reaction will be less intense because copper is a more noble metal than iron.



It is easier to extract copper from its oxide because copper stands below iron in the reactivity series.

No reaction will take place, as the intramolecular bonds of copper oxide are too strong.



What do you think?



3 Write down your hypothesis.

Compared to iron oxide, if copper oxide and aluminum react together,

then _____

because _____

4 Fill out the gaps in the diagram and the sentences with the words below.

Al – Al – Fe – Fe – oxygen – less – more – more – more



A _____ reactive metal can displace a _____ reactive metal from its compounds.

The _____ reactive a metal is, the _____ difficult it is to extract from its ore.

Reducing agents take away _____.

7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

Verlaufsplan

The Electrochemical Cell (2 x 45 min)					
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg Problemmatisierung I	Was müsste passieren, wenn ein Kupferblech in eine Lösung mit Zink Ionen getaucht wird bzw. ein Zinkblech in eine Lösung mit Kupfer Ionen? Der Versuchsaufbau wird gezeigt, aber das Experiment noch nicht durchgeführt.		LV	Materialien zum Versuch
10 min	Erarbeitung	SuS begründen ihre Vermutungen anhand der Reaktivitätsreihe und halten ihre Hypothesen auf dem AB fest.		GA	AB
10 min	Experiment I	Versuch wird durchgeführt.		LV	Materialien zum Versuch
10 min	Sicherung	Versuchsergebnisse werden in den Lückentext eingefügt und selbstständig anhand des Lösungsblattes überprüft.		EA	AB Lösungsblatt
10	Problemmatisierung II	Was würde passieren, wenn man die beiden Reaktionsräume miteinander verbindet? Wie läuft die Reaktion genau ab? Fließen dort wirklich Elektronen? Wie könnte man dies überprüfen?	Es fließen Elektronen, eine Art Batterie. Der Elektronenfluss kann mit einem kleinen Propeller überprüft werden.	LSG	
20 min	Experiment II	Versuch zum Daniell Element wird durchgeführt		LV	Materialien zum Versuch
20 min	Erarbeitung II	Prozess der Reaktion wird an der Tafel erarbeitet, nachdem die SuS sich das Infoblatt durchgelesen haben. Neue Begriffe werden eingeführt (Doppelschicht, Elektrolyt, Halbzelle usw.)		LSG	Infoblatt Daniell Element AB Vokabelliste
5 min	Vertiefung	Diskussion mit Partner: Wann stoppt die Reaktion? Kann die Reaktion wieder rückgängig gemacht werden und wenn ja wie?		PA	Infoblatt Daniell Element AB, Vokabelliste

7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

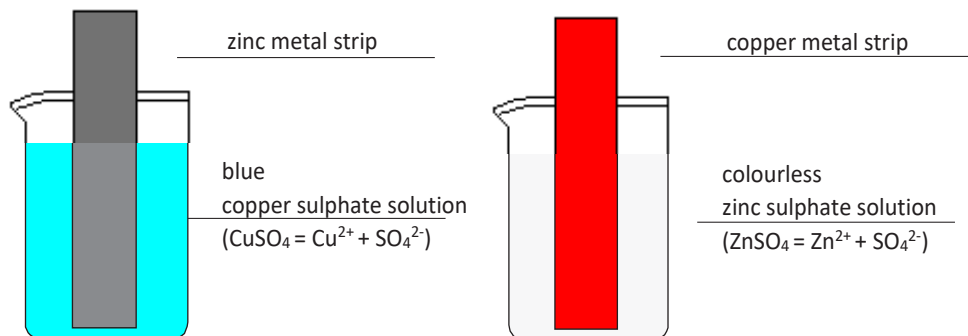
Arbeitsblatt

REDOX

REDOX REACTIONS IN SOLUTIONS

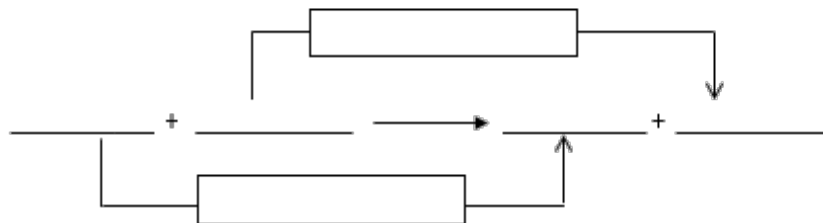
- 1 Have a look at the experiment of zinc and copper ions as well as copper and zinc ions. Write down plausible hypotheses and equations for the reactions.

before the reaction:



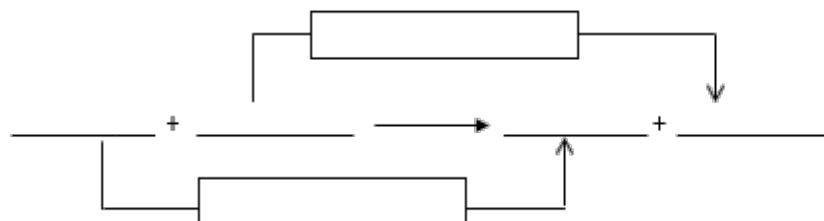
a.) Zinc metal strip in copper sulphate solution.

If _____
then _____



b.) Copper metal strip in zinc sulphate solution.

If _____
then _____



7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

Arbeitsblatt

2 Fill out the gaps in the text to explain the experiment. Use the help box.

In general, the reactivity series ranks metals according to their _____.

This means that a metal can be _____ by any other metal _____ in the reactivity series. The result is a _____ of _____ metals from their compounds by _____ but more _____ metals.

If a piece of solid zinc is placed into a solution of copper sulphate, then the _____ in the solution get displaced by _____ of the metal strip. This is due to the fact that _____ is more reactive and thus a better _____.

As a consequence, the zinc metal strip _____ to form a solution of _____ while _____ is _____ on the metal strip.

Another effect of this _____ is that as the light blue _____ are removed from the solution, which eventually turns the solution _____.

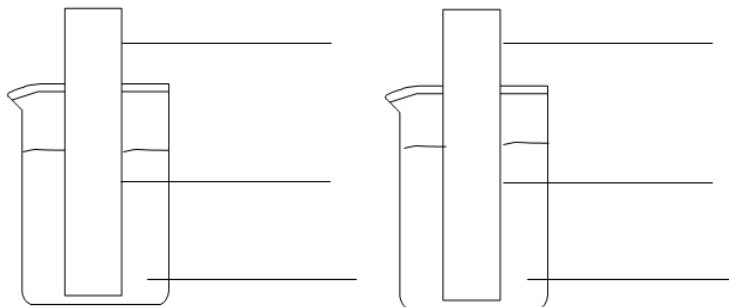
In the second beaker, _____ takes place. This is due to the fact that copper is _____ than zinc and thus cannot function as a _____ for the positively charged _____. The effect is that no layer of _____ is deposited on the _____. Since no _____ are formed, the solution remains _____ as a consequence.



higher – less reactive – reactive – less noble – noble – colorless – colorless – deposited – disintegrates – reducing agent – reducing agent – reduced – strength as a reducing agent – no displacement reaction – displacement reaction – displacement reaction – zinc – zinc – zinc atoms – zinc ions – zinc sulphate – copper strip – light blue copper ions – Cu^{2+} ions – solid copper – copper ions

3 Label the diagram and color the metals and solutions correctly.

after the reaction:



7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

Arbeitsblatt

Solution sheet for the experiment:

copper in zinc sulphate and zinc in copper sulphate

In general, the reactivity series ranks metals according to their **strength as a reducing agent**.

This means that a metal can be **reduced** by any other metal **higher** in the reactivity series. The result is a **displacement reaction** of **noble** metals from their compounds by **less noble** but more **reactive** metals.

If a piece of solid zinc is placed into a solution of copper sulphate, then the **copper ions** in the solution get displaced by **zinc atoms** of the metal strip. This is due to the fact that **zinc** is more reactive and thus a better **reducing agent**.

As a consequence, the zinc metal strip **disintegrates** to form a solution of **zinc sulphate** while **solid copper** is **deposited** on the metal strip.

Another effect of this **displacement reaction** is that as the light blue **Cu²⁺ ions** are removed from the solution, which eventually turns the solution **colorless**.

In the second beaker, **no displacement reaction** takes place. This is due to the fact that copper is **less reactive** than zinc and thus cannot function as a **reducing agent** for the positively charged **zinc ions**. The effect is that no layer of **zinc** is deposited on the **copper strip**. Since **no light blue copper ions** are formed, the solution remains **colorless** as a consequence.

7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

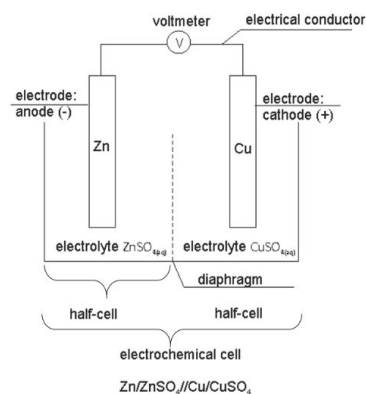
Infotext

REDOX

ELECTROCHEMICAL CELLS

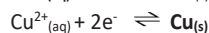
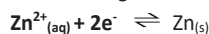
1. The electrochemical cell (Galvanic cell)

An **electrochemical cell** has two separate **half-cells** which are either connected by a **salt bridge** or a **diaphragm**. Each half cell consists of a solid metal rod (**electrode**), which is immersed into an aqueous **electrolyte** solution of its ions (i.e. Cu metal in $\text{CuSO}_{4(\text{aq})}$ solution and Zn metal in $\text{ZnSO}_{4(\text{aq})}$ solution). This set up makes it possible to separate the two **half reactions** of oxidation and reduction locally.

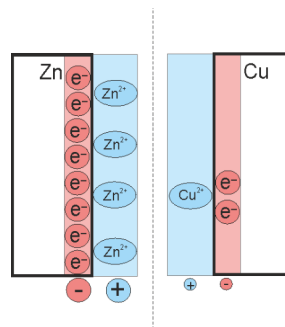


2. Formation of the electrochemical double-layer

Between the metal atoms in the electrode and the ions in the electrolyte, a **dynamic equilibrium** exists. This means that metal atoms turn into ions as well as ions turn into atoms forming an **electrochemical double-layer**.

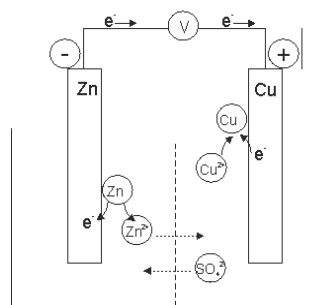


Because **zinc is more reactive than copper**, more **electrons are donated** causing a bigger double-layer of negatively charged electrons and positively charged ions. As a result, the zinc electrode has a more **negative potential** and the **equilibrium** lies further on the **left (ions)**. The **copper equilibrium** lies further on the right (**atoms**).



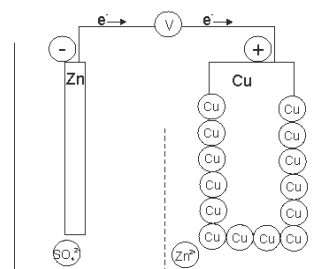
3. a.) Electron transfer

When the two electrodes are connected by an electric wire, an **electron flow** takes place. Due to the **potential difference** between the negatively charged zinc electrode (**anode**) and the positively charged copper electrode (**cathode**), electrons are forced through the conductor to equalize the charges. Those electrons reduce copper ions and **elemental copper is deposited** on the surface of the copper cathode. The constant **electron loss** and formation of **zinc ions** causes the zinc electrode to get **used up**.



b.) Ion transfer

As more and more positively charged copper ions get reduced, **negatively charged sulphate ions** migrate through the diaphragm **into the zinc half-cell** where the positive charges increase due to oxidation of zinc atoms. The generated zinc cations move away from the positive pole towards the negatively charged copper cathode.



7. Einheit: Redox-Reaktionen in Lösungen (Electrochemical Cells)

Vokabelliste

Vocabulary List: Electrochemical Cells

English	German	definition
electrochemical cell Galvanic cell (Voltaic cell)	elektrochemische Zelle Galvanische Zelle	With an electrochemical cell, energy is generated through a spontaneous redox-reaction. Two half cells separate the oxidation and reduction locally.
electrochemical half-cell	elektrochemische Halbzelle	Half cells consist of a metal being immersed (eingetaucht) in an aqueous solution of its ions (Zn/ZnSO ₄).
electrolyte	Elektrolyt	Electrically conducting solution.
electrochemical double-layer	elektrochemische Doppelschicht	Two parallel layers of charged particles (negative electrons in the metal and positively charged ions loosely attached on the metal surface).
diaphragm	Diaphragma/ semipermeable Membran	Stops electrolyte solutions from mixing but allows migration of ions to maintain neutrality.
salt bridge	Salzbrücke/Ionenleiter	Completes the electric circuit by allowing charged particles to flow from one solution to the other (similar to the diaphragm) to ensure electrically neutral solutions in both half cells.
electron pressure	Elektronendruck	Emerges when two metals of different nobility are connected and the electrons flow from the more reactive (ignoble) metal to the less reactive (noble) metal.
displacement reaction	Austauschreaktion	I.e. The thermite reaction during which Al displaces Fe in its oxide ($\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$)
dynamic equilibrium	dynamisches Gleichgewicht	Takes place when a metal is immersed into a solution: atoms turn into ions and ions into atoms forming the electrochemical double-layer ($\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Zn}_{(\text{s})}$).
electrode	Elektrode	Metal rod through which electrons can enter or leave a solution.
electric potential	Elektrodenpotential	Energy of the charged particles (voltage/ Spannung).
electric potential difference	Potentialdifferenz	Energy difference of the two half cells.
electromotive force	elektromotorische Kraft	Maximum voltage a cell can develop.

8. Einheit: Die Bagdad Batterie (The Baghdad Battery) Verlaufsplan

The Baghdad Battery (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	Baghdad Battery: „I have brought you an antique mystery. You are my detectives and need to solve it.“	LV	
15 min	Erarbeitung I	Der Text wird gemeinsam gelesen und anschließend sollen die SuS eine eigene Hypothese formulieren.	SV EA	AB zur Baghdad Battery
25 min	Erarbeitung II	Der Prozess der Reaktion wird an der Tafel erarbeitet und Begriffe werden wiederholt (Doppelschicht, Elektrolyt, usw.). Die Erklärung wird nochmals mündlich zusammengefasst.	LSV	AB Baghdad Battery AB Beschreibung Galvanischer Zelle
10 min	Sicherung	Erklärung wird von den SuS eigenständig schriftlich verfasst.	EA	AB Baghdad Battery AB Beschreibung Galvanischer Zelle Vokabelliste
35 min	Wiederholung	SuS wiederholen mit Hilfe der Checkliste die Inhalte der Reihe. Mögliche Fragen werden geklärt.	EA LSG	AB Recap

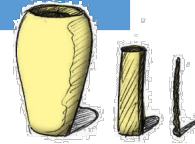
8. Einheit: Die Bagdad Batterie (The Baghdad Battery)

Arbeitsblatt

REDOX

THE BAGHDAD BATTERY

Electricity 2000 years ago? True or false – you decide!



- 1 Read the text and decide whether it would have been possible for people to generate power 2000 years ago or not. Write a plausible hypothesis.

The Mysterious Baghdad Battery

The Baghdad Battery, also known as the Parthian Battery, is a curious artifact that was discovered near Baghdad, Iraq. There is something around a dozen of these artifacts and their purpose is a matter of controversy. However, the most prominent theory regarding their purpose is quite astounding. It is thought by many that the Baghdad Battery is an ancient battery. The amazing thing about this possibility is that if it is in fact, a battery, that would mean that batteries were invented roughly 2,000 years before modern history suggests electricity was discovered by humans.

When it comes to the first discovery of the Baghdad Battery, sources are conflicting. It is said to have been discovered either among other artifacts at the National Museum of Iraq, by archaeologist Wilhelm König in 1938 or it was discovered in the Khujut Rabu ruins near Baghdad, in 1936. Wilhelm König was the first person to study one of the artifacts, which appeared to be a small, clay, vase-shaped pot with some very intriguing contents.

König found the vase was made of yellow clay and he estimated it to be roughly 2,000 years old. The pot itself stands about 6 inches high. Inside of the pot was a copper cylinder that was soldered using 60-40 lead-tin alloy. The bottom was capped with copper and sealed with asphalt. An iron rod was placed in the cylinder and held in place with more asphalt. It is often assumed that an acidic agent, such as vinegar or wine was poured into the device because the iron rods show some signs of having been corroded by such a liquid.

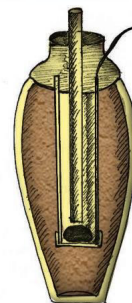
When replicas of the Baghdad Battery were made and tested, it was discovered that...

<http://www.historicmysteries.com/baghdad-battery/>

I think _____

because if _____

then _____

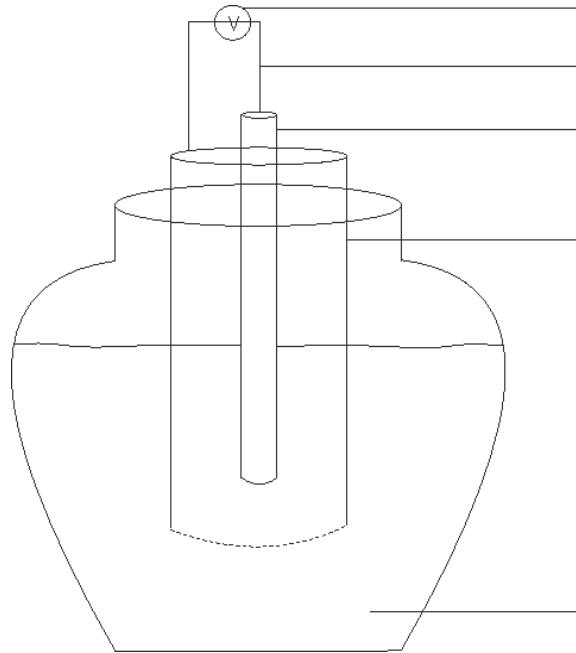


8. Einheit: Die Bagdad Batterie (The Baghdad Battery)

Arbeitsblatt

2 Label the diagram and show the particle movement during reaction.

If you need help, have a look at last week's worksheet about the Galvanic cell!



3 Explain your hypothesis. Use the PRO-Model. (Principle – Reason – Observation).

Principle:

In general, ...

*As the law/theory/
rule of ...says/
states/claims*

Reason:

This means that ...

*because/since/as...
due to the fact
that ...*

Observation:

*If ... then ...
... causes ...*

*The effect is that ...
If ... and ... react
together, then ... is
formed/ generated*

9. Einheit: Wiederholung und Übung

Arbeitsblatt

Exam preparation

Remember:

- OIL RIG: oxidation is loss of electrons, reduction is gain of electrons
- Reducing agents take away oxygen and get themselves oxidized!
- A more reactive metal can displace a less reactive metal in its compounds.
- The more reactive a metal, the more difficult it is to extract it from its ore.
- Ions carry charge through electrolytes. No free electrons pass through the electrolyte, only through electric wires!

Check your knowledge:

I know the properties of metals	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can explain those properties using different particle models , the bonding theory as well as the correct scientific terms.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can explain why some metals can/cannot be used for certain tools.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I know the difference between a metallic, ionic and covalent bond .	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I know the historic and extended redox definition .	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can define the terms reducing agent, oxidizing agent, reduction and oxidation.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I know the rules and exceptions to assign oxidation numbers correctly.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can balance a redox reaction according to the given scheme.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can draw and label the setup of an electrochemical cell	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I can describe the processes of an electrochemical cell.	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I know the difference between the following terms: element, atom, molecule, compound, mixture, solution	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>
I know how to write a good scientific explanation, definition and hypothesis (see language help on worksheets).	yes <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>

9. Einheit: Wiederholung und Übung

Arbeitsblatt

Language help

The following terms are very important for the exam. Try to define and translate them.

ductility	
malleability	
electric conductivity	
thermal conductivity	
alloy	
valence (shell) electron	
metallic bond	
ionic bond	
covalent bond	
metal lattice	
delocalized electrons	
'sea of electrons'	
metal kernels/ metal core	
charged particles	
electrostatic force	
attractive force	
repulsive force	
kinetic energy	
electric current	
electron transfer	
redox reaction (historic)	
redox reaction (extended)	
reducing agent/ reductant	
oxidizing agent/ oxidant	
oxidizing number	
displacement reaction	
reactivity series of metals	
noble metal	

ignoble/ base metal	
anode	
cathode	
surplus of electrons	
deficit of electrons	
voltage	
electric potential	
potential difference	
electrolysis	
electrolyte	
electrochemical double-layer	
diaphragm	
salt bridge	
electron pressure	
dynamic equilibrium	
electrode	
to deposit	
to solidify	
to dissolve	
to transfer	
to immerse	
to increase	
to decrease	
to donate	
to accept	
to transfer	
to indicate	
to extract	

9. Einheit: Wiederholung und Übung

Arbeitsblatt

Definition:

A definition consists of three parts: the term to be defined, the bigger group or category this term belongs to and its special characteristics.

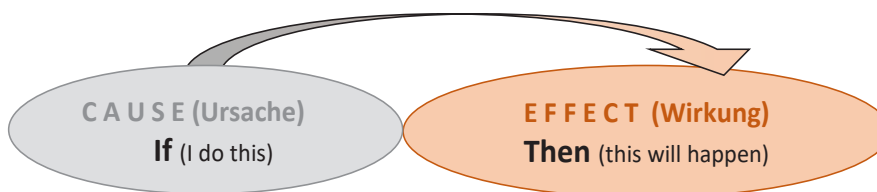
A ...	is a ...	that/ who/ which ...
term to be defined	category/class the term is part of	characteristics which set the term apart from similar concepts of the same category

Example: An arm is a part of a human body which consists of bones, skin, tissue and arteries. It can be divided into the upper arm which is connected to the shoulder and the forearm leading to the hand. An arm can be used for ...

Hypothesis:

A scientific hypothesis (pl. hypotheses) is a temporary answer to a scientific question or a prediction of what will happen during an experiment. It is based on previous knowledge or observations and it needs to be verified (überprüfen) by experiments.

A hypothesis has the following structure: a CAUSE $\xrightarrow{\text{leads to a certain}}$ EFFECT



Example: If I eat 5 kg of chocolate every day $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get fat.

Explanation:

A good scientific explanation is a logical connection between a cause (Ursache) and an effect (Wirkung). It usually consists of the following parts: Principle – Reason – Observation (PRO-Model)

1. Principle	Provide the underlying law, rules or concepts. <i>In general, ... As the law/ theory of ... states/ shows/predicts/...</i>	In general , metals at the top of the reactivity series are good reductants and able to reduce metals below them.
2. Reason	Give a reason why this rule applies particularly to your observation and explains it. <i>because/ since/ as... due to the fact that ...</i>	Since magnesium is a more reactive metal than copper, it can displace copper ions in the solution.
3. Observation	Describe your observations. <i>If ... then ... The effect is that ... This leads to the reaction of causes ... If ... and ... react together, ... is formed (describe the substance with its aggregate state, color, shape, smell, ...)</i>	If a magnesium strip is placed in a copper sulphate solution, then it disintegrates while solid copper is deposited.

Nachttest

NACHTEST

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 60 Minuten Zeit dafür.

Kreiere deinen eigenen Identifikationscode:

ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter Beispiel:		ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters		ersten beiden Buchstaben deines Vornamens		Tag deines Geburtsdatums	
A	N	P	E	A	L	1	2
Anna		Peter		Alex		12. 03. 2004	

Schule: _____

Klasse: _____

Geschlecht: m w

Alter: ____ Jahre ____ Monate

Nationalität: _____

Vielen Dank für deine Unterstützung!
Deine Angaben werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Nachtest

Fragebogen_FI

Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
1 Ich mag Chemie.					
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.					
3 Chemie ist mir gleichgültig.					
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.					
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.					
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.					
7 Chemie hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					
9 Ich mag Englisch.					
10 Es macht mir Spaß, mich mit Englisch zu beschäftigen.					
11 Englisch ist mir gleichgültig.					
12 Ich mag es, in Englisch etwas zu lernen.					
13 Ich mag Englisch vor allem wegen der interessanten Themen.					
14 Es ist mir persönlich sehr wichtig, in Englisch etwas zu lernen.					
15 Englisch hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
16 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Englisch meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					

Nachttest

Fragebogen_S_SR

Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

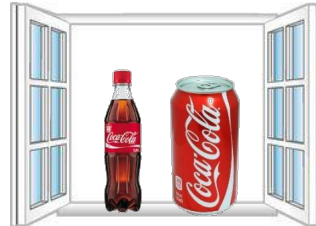
	trifft nicht zu	trifft kaum zu	trifft eher zu	trifft genau zu
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.				
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.				
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.				
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.				
5 Wenn der Lehrer / die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.				
6 Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.				
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.				
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.				
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück				
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.				
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgeregt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.				
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.				
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.				
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.				
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.				
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.				
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.				

Nachtest

Fragebogen_FW_FS

1. Read the experiments and chose the correct answer. Give a short reason for your answer.

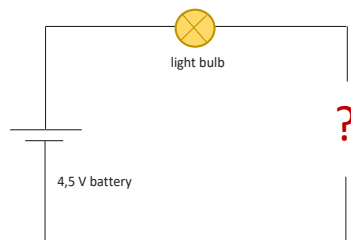
- a) Imagine you want to chill your drinks outside.
Decide, whether the coke in the plastic bottle or
the one in the metal can cools down faster
(if shape and volume are kept equal).



Tick the correct box and give a short reason.

- Plastic bottle, because _____
- Metal can, because _____

- b) A light bulb is connected to a 4,5 Volt battery and one of the chemicals on the right. Decide with
which substances used the light bulb starts to glow.

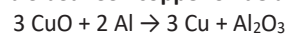


- aluminum foil
- salt (solid)
- salt water
- sugar (solid)
- sugar water
- copper wire

Give a short reason for your answer.

- c) The exothermic thermite reaction of **iron(II) oxide** and aluminum is used to extract iron
from its ore (Erz). $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$

The reaction is also possible between **copper oxide** and aluminum.



Which reaction is more exothermic?

The thermite reaction with...

- iron** is more exothermic because iron is more reactive than copper.
- iron** is less reactive because it has less electrons to be transferred.
- copper** is less reactive because it is the more noble metal.
- copper** is more exothermic, because copper oxide is the stronger oxidizing agent.

Nachtest

2. Decide which of the following statements is true or false and say how sure you are.

	true	false	don't know	How sure are you?		
				not at all	some-what	totally
Corrosion/rusting requires the presence of both oxygen and water.						
Alloys (Legierungen) are softer than the metals they are made out off.						
Calcium can be used for household materials like pots and pans.						
Chemical energy can be transferred into electrical energy and vice versa.						
Iron (II) ions (Fe^{2+}) and manganese (IV) ions (Mn^{4+}) can be used as an oxidizing and reducing agents.						
Ignoble metals are easier to extract from their compounds than noble metals.						
Metals of the first and second group are good reducing agents.						
The more electronegative element in a substance is given a positive oxidation state.						
Electrolysis is the decomposition of a molten or aqueous compound by electricity.						

3. Tick the correct answer(s) and say how sure you are.

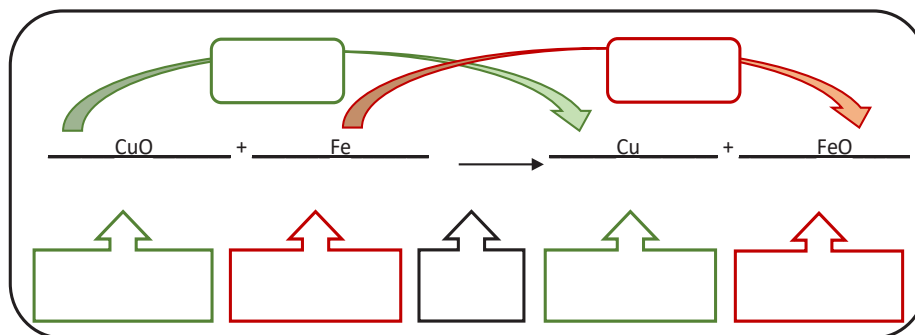
		How sure are you?		
		not at all	some-what	totally
a. About oxidation numbers:	<input type="checkbox"/> Oxidation numbers indicate which substance got reduced/oxidized during a redox reaction. <input type="checkbox"/> Oxidation involves a decrease in oxidation state. <input type="checkbox"/> The oxidation state of an ion is 0. <input type="checkbox"/> The total oxidation state of a molecule is 1.			
b. During oxidation,	<input type="checkbox"/> oxygen is donated. <input type="checkbox"/> electrons are donated. <input type="checkbox"/> the oxidation number decreases. <input type="checkbox"/> the reduction takes place simultaneously.			

Nachtest

c. Metals	<input type="checkbox"/> consist of cations and anions. <input type="checkbox"/> have a 'sea of electrons'. <input type="checkbox"/> are electrical insulators. <input type="checkbox"/> consist of ionic bonds. <input type="checkbox"/> are thermic conductors.			
d. The reaction of sodium and water is a redox reaction because:	<input type="checkbox"/> the electronegativity of sodium is small. <input type="checkbox"/> all reactions between metals and water are redox reactions. <input type="checkbox"/> sodium donates an electron to the hydrogen of the water. <input type="checkbox"/> sodium is an alkali metal.			

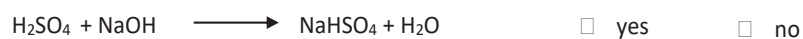
4. a) Assign the correct terms to the reactants and products of the chemical reaction.

oxidation, reduction, got reduced, oxidizing agent, got oxidized, redox-reaction, reducing agent



5. Define the term redox reaction?

6. Which of the following chemical reactions can be classified as a redox reaction?



Nachtest

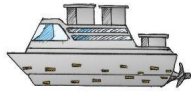
7. Name 5 characteristics of a good scientific explanation.

- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

8. Decide which of the explanations is the best and give a reason for your decision.

- If iron is exposed to water and oxygen, then the metal will corrode because a redox reaction takes place.
- Corrosion happens for example on old cars or fences when they are not painted.
- In our experiment, only the iron nail rusted, which was in the test tube with water and oxygen. If there was no water, nothing happened.

a.) _____

- Magnesium blocks can be used as sacrificial anodes. They are often placed on the bottom of boats to stop them from corroding in the salt water. 
- Magnesium is a sacrificial anode. It stops iron from corroding. Then only the magnesium is used up instead of the iron. The magnesium reacts first and the iron is protected.
- Corrosion can be prevented by the use of a so called sacrificial anode (i.e. magnesium). The higher reactivity of the base metal causes it to get oxidized prior to the favored metal. Since the sacrificial anode donates all its electrons, it dissolves over time.

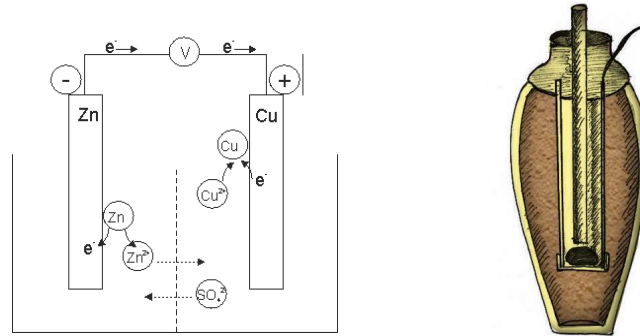
b.) _____

- In winter, salt is put on the road. Then it melts the snow and the salt dissolves in the water. Then the salt water gets on the car which starts to corrode.
- An increased salt usage in winter leads to a rising corrosion rate. The reason for that is that the salt melts snow and ice forming a concentrated electrolyte solution of dissolved ions. The effect is that the electron transfer taking place during the redox reaction is accelerated.
- Rusting happened much faster last winter than the summer before. I think the cold destroyed the top layer of the metal parts in the car. The layers underneath the first rusted layer might be much harder and get destroyed slower.

c.) _____

Nachtest

9. Can electrical energy be generated from chemical energy?



a.) Describe what the Daniell cell and Baghdad battery have in common.
 → What are necessary components of a battery?

b.) Explain the processes during this electro-chemical reaction. Use the terms:
 electrochemical half-cell, electrochemical double-layer, diaphragm/salt bridge,
 electron pressure, electric potential difference, displacement reaction.

c.) Hypothesize what would happen if zinc and silver were connected instead of
 zinc and copper.

Vortest

VORTEST

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 90 Minuten Zeit dafür.

Kreiere deinen eigenen Identifikationscode:

ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter Beispiel:	ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters	ersten beiden Buchstaben deines Vornamens	Tag deines Geburtsdatums
A	N	P	E
<u>Anna</u>	<u>Peter</u>	<u>Alex</u>	<u>12.</u> 03. 2004

Schule: _____

Klasse: _____

Geschlecht: m w

Alter: _____ Jahre _____ Monate

Nationalität: _____

Bist du mehrsprachig aufgewachsen? Wenn ja, mit welchen Sprachen?

nein

ja, und zwar mit _____

Hast du auch privat mit Englisch zu tun z.B. durch Fernsehen, Internet, Freunde, usw.?

nein, ich habe nur in der Schule mit Englisch zu tun

ja, _____

Was war deine letzte Zeugnisnote in ...

Chemie: _____






Englisch: _____

Vielen Dank für deine Unterstützung!
Deine Angaben werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Vortest

Fragebogen_FI





Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
					
1 Ich mag Chemie.					
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.					
3 Chemie ist mir gleichgültig.					
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.					
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.					
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.					
7 Chemie hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					
9 Ich mag Englisch.					
10 Es macht mir Spaß, mich mit Englisch zu beschäftigen.					
11 Englisch ist mir gleichgültig.					
12 Ich mag es, in Englisch etwas zu lernen.					
13 Ich mag Englisch vor allem wegen der interessanten Themen.					
14 Es ist mir persönlich sehr wichtig, in Englisch etwas zu lernen.					
15 Englisch hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
16 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Englisch meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					

Vortest

Fragebogen_S_SR




Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	trifft nicht zu 	trifft kaum zu 	trifft eher zu 	trifft genau zu 
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge.				
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.				
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.				
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.				
5 Wenn der Lehrer / die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.				
6 Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.				
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.				
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.				
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück				
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.				
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgereggt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.				
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.				
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.				
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.				
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.				
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.				
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.				




Vortest

Fragebogen_FW_FS

1. Beurteile die folgenden Aussagen und kreuze an, wie sicher du dir mit deiner Antwort bist.

	wahr	falsch	weiß nicht	Wie sicher bist du?		
				gar nicht 	bisschen 	sehr 
Eine Verbrennung ist eine chemische Reaktion, die Substanzen in andere umwandelt.						
Bei einer Verbrennung wird Energie in Form von Licht und Wärme frei.						
Für eine Verbrennung braucht man immer Hitze.						
Ein großer Holzklotz brennt viel schneller als klein verteilte Sägespäne.						
Wenn man ein Glas über eine Kerze stülpt, geht diese sofort aus.						
Gase können als Löschmittel verwendet werden.						
Jedes Feuer kann mit Wasser gelöscht werden.						
Bei einer Verbrennung werden Stoffe vernichtet.						

2. Kreuze die richtige(n) Antwort(e)n an. Gebe an, wie sicher du dir mit deiner Antwort bist.

		Wie sicher bist du?		
		gar nicht 	bisschen 	sehr 
a. Von einer Kerze verbrennt	<input type="checkbox"/> nur das feste Wachs <input type="checkbox"/> nur das geschmolzene Wachs <input type="checkbox"/> nur das Wachs-Gas <input type="checkbox"/> Wachs, egal in welchem Aggregatzustand			
b. Metalle	<input type="checkbox"/> schmelzen <input type="checkbox"/> verbrennen <input type="checkbox"/> reagieren gar nicht			
c. Die Glimmspanprobe wird zum Nachweis von _____ verwendet	<input type="checkbox"/> Kohlenstoffdioxid <input type="checkbox"/> Stickstoff <input type="checkbox"/> Luft <input type="checkbox"/> Sauerstoff			
d. Kohlenstoffdioxid ist	<input type="checkbox"/> schwerer als Luft <input type="checkbox"/> leichter als Luft <input type="checkbox"/> genauso schwer wie Luft			

Vortest

3. Wähle jeweils die richtige(n) Antwort(en) aus.

An Tankstellen darf man nicht rauchen und telefonieren, weil...



- Zigarettenrauch eine chemische Reaktion mit dem Benzin eingeht und dadurch gefährliche Substanzen entstehen.
- die Ablenkungsgefahr zu groß ist und es zu gefährlichen Benzinunfällen kommt.
- eine Tankstelle ein öffentliches Gebäude mit generellem Rauch- und Handyverbot ist.
- Benzindämpfe leicht entzündlich sind und bereits die kleinste Funkenbildung Explosionen verursachen kann.

Eine Löschdecke wird über brennendes Öl gelegt, um...

- das Löschmittel in der Decke freizusetzen.
- das Feuer zu ersticken.
- die Ausbreitung giftiger Dämpfe zu verhindern.
- das Feuer zu kühlen.



4. Wann hat Lukas mit seiner Lupe Feuer gemacht? Begründe deine Antwort.

morgens um 8 Uhr	mittags um 12 Uhr	nachmittags um 15 Uhr	nachts um 21 Uhr
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
weil:			
• _____			
• _____			
• _____			

5. Erkläre in deinen eigenen Worten, was du unter "Verbrennung" verstehst.

Vortest**6. Nenne 5 Merkmale einer guten Erklärung.**

- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

7. Entscheide, welche der folgenden Erklärungen die beste ist und begründe deine Antwort stichpunktartig.

- If a candle burns, then the wax will melt because a lot of heat is released.
- When you burn a candle, then it will start to melt and then a lot of heat is released.
- Last week, I burned a candle and it melted.

a.) _____

- Fuel, heat and oxygen produce fire, but if one is not there, then nothing happens.
- Fuel, heat and oxygen are necessary causes of combustion reactions. As a consequence, if one is taken away, the reaction stops.
- Fuel, heat and oxygen are good for fires, but if you heat a substance enough, it will also burn.

b.) _____

- In the experiment we saw that if gases are put on a fire, it will extinguish because they are heavier than air.
- Carbon dioxide can be used as a fire extinguisher. The reason for this is its weight. Because the gas is heavier than air, it blocks the oxygen supply necessary for combustion.
- In the end, carbon dioxide was put on a fire and then it stopped burning when no air was there anymore.

c.) _____

Vortest

8. Erkläre, warum Dinge anfangen zu brennen und wie sie gelöscht werden können. Fülle dazu die Schreibvorlage aus. Wenn du es dir zutraust, antworte bitte auf Englisch.

Title			
↓			
question, definition or brief description of the phenomenon to be explained			
↓			
Important points in order to show how the phenomenon is changed by the cause			
How and why does it start?	What happens next?	What happens after?	What happens in the end?
↓			
Conclusion: sum up the findings/ give examples			

Source: <http://de.slideshare.net/sharpjacqui/how-to-write-excellent-explanations>, adapted

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions) Verlaufsplan

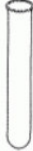





Introduction: What is a combustion Reaction? (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
15 min	Einstieg	Laborgeräte werden von der Lehrkraft in ihrer Funktion und Verwendung vorgestellt und benannt.	SuS werden mit der englischen Arbeitssprache vertraut gemacht.	LV	Laborgeräte
15 min	Übung	Das Domino wird als Wettspiel zur Umwälzung neuer Fachbegriffe gespielt.	In Kleingruppen spielen die SuS das Domino um die Wette. Bei Schwierigkeiten kann das Hilfsblatt verwendet werden.	GA	Domino Hilfsblatt
10 min	Erarbeitung	Auf dem AB werden die Laborgeräte im Wort Salat gesucht, eingekreist und aufgeschrieben.		EA	AB 1
10 min	Sicherung	Die gefundenen Worte werden von den SuS auf der Folie eingetragen. Nachdem alle Worte gefunden wurden, werden sie im Plenum nachgesprochen, um die korrekte Aussprache zu sichern.		SV P	AB 1 Folie
20 min	Einstieg	Vorwissen wird aktiviert, indem Inhalte, Fragen und Beispiele zum Thema der Verbrennung gesammelt werden	SuS sammeln: Verbrennung, Feuer, Streichholz, Feuerlöscher, Sauerstoff, ...	LSG	Folie, OHP
20 min	Erarbeitung	SuS erarbeiten anhand des Hilfsblattes, wie gute wissenschaftliche Fragen formuliert werden. Die Mindmap zum Thema Verbrennung wird mit diesen Fragen erweitert.		LSG	Folie, OHP Hilfsblatt

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)

Domino: Labormaterial

Domino: Common Laboratory Equipment

Bunsen burner		beaker		pipette	
test tube		evaporating dish		mortar and pestle	
utility clamp		Erlenmeyer flask		iron ring	
crucible and cover		watch glass		tongs	
corks		test tube holder		safety goggles	
forceps		graduated cylinder		dropper	
funnel		thermometer		glass bottle	

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)

Domino: Labormaterial


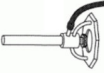


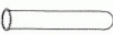



























micro-pipets		pipet		spatula	
buret		test tube rack		ring stand	
wire brush		rubber stoppers		wash bottle	
wire gauze					

Source: <http://wolgemuthe.psd401.net/chemistry/images/LabEquipment.gif>, adaptedHinweis: Geschnitten werden jeweils die gestrichelten Linien.

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)

Domino: Labormaterial

List of common laboratory equipment

	safety goggles	Schutzbrille		Bunsen burner	Bunsenbrenner		tongs	Tiegezange		ring stand	Stativ
	test tube	Reagenzglas		wash bottle	Spritzflasche		test tube holder	Reagenzglas-klammer		utility clamp	Stativmuffe
	test tube rack	Reagenzglas-ständer		glass bottle	Glasflasche		forceps	Pinzette		iron ring	Stativring
	beaker	Becherglas		spatula	Spatel		corks	Korken		mortar and pestle	Mörser mit Pistill
	Erlenmeyer flask	Erlenmeyer-kolben		scoopula	Spatel		rubber stoppers	Gummistopfen		crucible and cover	Porzellan-tiegel
	watch glass	Uhrglas		micro-pipets	Pipetten		graduated cylinder	Messzylinder		wire brush	Reagenzglas-bürste
	evaporating dish	Abdampf-schale		pipet	Pipette		thermometer	Thermometer		wire gauze	Drahtnetz
	funnel	Trichter		dropper	Tropfpipette		buret	Bürette		pipetern triangle	Tondreieck

Source: <http://wojgenmthe.psd401.net/chemistry/images/LabEquipment.gif>, adapted

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)

Arbeitsblatt

COMMON LABORATORY EQUIPMENT

Some laboratory equipment is hidden in the letter-salad. Can you find it?

1 Circle all words that describe laboratory equipment.

E	V	G	U	N	I	K	T	G	E	A	D	I	O	P	L	Ö	Ü	R	B
X	C	B	U	N	S	E	N	B	U	R	N	E	R	F	N	U	T	W	B
W	B	E	V	W	A	V	H	K	N	D	N	K	I	B	H	E	Z	A	T
C	J	A	R	I	T	E	S	T	T	U	B	E	R	A	C	K	F	T	E
V	R	K	T	L	U	E	A	C	O	C	Z	E	O	U	F	Z	V	C	B
T	B	E	S	D	E	K	B	T	N	T	S	V	N	T	M	F	I	H	K
T	M	R	M	U	C	N	T	N	G	N	G	B	R	E	Z	O	L	G	Ö
Z	P	I	P	E	T	E	M	K	S	J	B	A	I	W	I	R	P	L	Z
O	M	N	C	F	U	N	N	E	L	D	C	N	N	S	Ö	C	T	A	H
A	E	G	E	W	B	M	L	U	Y	H	A	L	G	P	O	E	E	S	N
M	B	S	G	R	H	U	K	I	V	E	G	F	U	A	B	P	A	S	X
C	K	T	E	S	T	T	U	B	E	H	R	B	F	T	S	S	C	J	B
O	L	A	V	E	T	N	K	B	A	B	I	F	K	U	I	R	V	N	J
R	P	N	H	F	L	H	K	R	S	G	Z	W	L	L	R	L	B	B	L
K	G	D	R	O	P	P	E	R	K	N	O	R	K	A	B	W	G	F	Ü
S	S	L	S	A	F	E	T	Y	G	O	G	G	L	E	S	G	T	G	U
U	G	A	D	T	Z	N	D	E	V	K	D	K	E	G	A	K	J	A	E
R	T	E	S	T	T	U	B	E	H	O	L	D	E	R	Z	K	L	F	C
B	W	A	S	H	B	O	T	T	L	E	A	T	E	X	I	L	R	H	H
M	G	V	N	D	H	Z	K	L	V	R	V	V	D	Y	N	N	E	B	U

2 Write down all words you have found.

1. _____ 10. _____
2. _____ 11. _____
3. _____ 12. _____
4. _____ 13. _____
5. _____ 14. _____
6. _____ 15. _____
7. _____ 16. _____
8. _____ 17. _____
9. _____ 18. _____

Bunsen burner, beaker, pipet, corks, wash bottle, test tube rack, test tube holder, Erlenmeyer flask, iron ring, tongs, funnel, forceps, watch glass, spatula, dropper, safety goggles, ring stand, test tube



1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions) Arbeitsblatt


COMMON LABORATORY EQUIPMENT

E	V	G	U	N	I	K	T	G	E	A	D	I	O	P	L	Ö	Ü	R	B
X	C	R	U	N	S	E	N	B	U	R	N	E	R	F	N	U	T	W	B
W	B	E	V	W	A	V	H	K	N	D	N	K	I	B	H	E	Z	A	T
C	J	A	R	T	E	S	T	T	U	B	E	R	A	C	K	F	T	E	
V	R	K	T	L	U	E	A	C	O	C	Z	E	O	U	F	Z	V	C	B
T	B	E	S	D	E	K	B	T	N	T	S	V	N	T	M	F	I	H	K
T	M	R	M	U	C	N	T	N	G	N	G	B	R	E	Z	O	L	G	Ö
Z	P	I	P	E	T	E	M	K	S	J	B	A	I	W	I	R	P	L	Z
O	M	N	C	F	U	N	N	E	L	D	C	N	N	S	Ö	C	T	A	H
A	E	G	E	W	B	M	L	U	Y	H	A	L	G	P	O	E	E	S	N
M	B	S	G	R	H	U	K	I	V	E	G	F	U	A	B	P	A	S	X
C	K	T	E	S	T	T	U	B	E	H	R	B	F	T	S	S	C	J	B
O	L	A	V	E	T	N	K	B	A	B	I	F	K	U	I	R	V	N	J
R	P	N	H	F	L	H	K	R	S	G	Z	W	L	L	R	L	B	B	L
K	G	D	R	O	P	P	E	R	K	N	O	R	K	A	B	W	G	F	Ü
S	S	L	S	A	F	E	T	Y	G	O	G	G	L	E	S	G	T	G	U
U	G	A	D	T	Z	N	D	E	V	K	D	K	E	G	A	K	J	A	E
R	T	E	S	T	T	U	B	E	H	O	L	D	E	R	Z	K	L	F	C
B	W	A	S	H	B	O	T	T	L	E	A	T	E	X	I	L	R	H	H
M	G	V	N	D	H	Z	K	L	V	R	V	V	D	Y	N	N	E	B	U

Bunsen burner	beaker	pipet	corks	wash bottle
test tube rack	test tube holder	Erlenmeyer flask	iron ring	tongs
funnel	forceps	watch glass	spatula	dropper
safety goggles	ring stand	test tube		

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)
 Folie zum Einstieg

Our new topic: combustion (burning)



Thought bubbles and associated terms:

- Thought bubble: "What is fire?"**
 - light
 - water
- Thought bubble: "How can we light a fire?"**
 - fire
 - injury
 - Rauchgasvergiftung
 - to burn
- Thought bubble: "Which substances burn?"**
 - candle
- Thought bubble: "How can we extinguish a fire?"**
 - sparks
 - Feuerwehr
 - explosion
 - air/ oxygen
 - heat
 - Feuerlöscher
 - brennbar
 - fire works

1. Einheit: Einführung in das Thema der Verbrennung (Combustion Reactions)

Hilfsblatt: How to write a scientific question

HOW TO WRITE A GOOD SCIENTIFIC QUESTION

A scientific question is a particular question which can be answered by an experiment. Most of the times, it arises from (aus etwas entspringen) a bigger and more complex question, which cannot be answered easily.

Big and complex topic question:

- Why ...?

Why does a candle burn?

Small testable questions:

- What...?
- How...?
- Which...?

What is the effect of a burning candle?

What factors in the air cause a candle to burn?

What is the relationship between the amount (Menge) of oxygen added to a fire and the reaction speed (Reaktionsgeschwindigkeit)?

How high does the temperature need to be to ignite (entzünden) a candle?

What is the difference between a tea candle and the Olympic torch?

A GOOD SCIENTIFIC QUESTION:

1 can be directly answered/ is testable

incorrect	correct
<u>Why</u> do we need water to live?	<u>How long</u> can we live without water?
☹ This is a bigger topic question which would need many experiments to be answered.	☺ This questions could be answered by an experiment.

2 does not depend on the opinion of people

incorrect	correct
Is the Eifel Tower <u>tall</u> ?	<u>Which</u> is the <u>highest</u> building in France?
☹ For somebody who has never seen skyscrapers it might be tall; for people from New York, the tower is rather small. → Do not use words like: big/small, near/far, high/low, hot/cold	☺ Anybody could compare the heights of all buildings in France and come up with the same results.

3 is very precise

incorrect	correct
Can a child lift a <u>lot of weight</u> ?	<u>How many</u> kg can a <u>12 year old student</u> lift?

2. Einheit: Erste notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: "Luft"

Verlaufsplan

Necessary Components for a Fire – Part I: Oxygen (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	Wann brennt eine Kerze? Brennt sie im Wasser, ...?	Wenn man die Kerze erstickt geht sie aus, wie mit einem Feuerlöscher.	LSG	
10 min	Erarbeitung I	Die SuS schauen sich den Versuchsaufbau auf dem Arbeitsblatt an und stellen eine Vermutung auf, was während des Experiments passiert.	SuS äußern sich zunächst mündlich.	SV	AB
15 min	Erarbeitung II	Hilfsblatt zum Schreiben von Hypothesen wird gemeinsam erarbeitet.	SuS stellen beispielhafte Hypothesen auf.	LSG	Hilfsblatt: Hypothesen schreiben
5 min		Die genaue Formulierung der Hypothese erfolgt mit dem Arbeitsblatt „How to write a good scientific hypothesis“	SuS konkretisieren ihre Hypothese.	EA	AB
30 min	Experiment	SuS führen den Versuch in Kleingruppen durch. Sie werden darauf hingewiesen, dass sie jeden Versuchsschritt abhaken müssen, bevor sie mit dem nächsten fortfahren können.		GA	Material zum Versuch AB
5 min	Sicherung I	Beobachtungen werden verglichen.	SuS lesen zunächst die Tabelle vor und fassen dann ihre Beobachtungen nochmal in eigenen Worten zusammen.	SV	AB
10 min	Erarbeitung III	Versuchsbeobachtungen werden anhand des Lückentextes erklärt.		PA	AB
10 min	Sicherung II	Erklärung wird vorgelesen und die fettgedruckten kausalen Konjunktionen thematisiert.	Die SuS übernehmen die kausalen Konjunktionen in ihr Heft und übersetzen diese.	LSG EA	AB

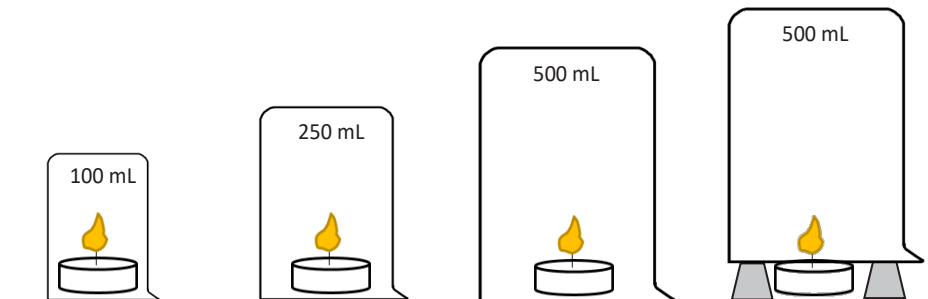
2. Einheit: Erste notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: "Luft"

Arbeitsblatt

COMBUSTION

WHAT DOES FIRE NEED TO BURN? PART I

- 1 Look at the set up and write a hypothesis of what you think will happen during the experiment. Use the help sheet on how to write good scientific hypotheses.



CAUSE (Ursache)

If (I do this) _____
 _____,

EFFECT (Wirkung)

then (this will happen) _____
 _____.

- 2 Carry out the experiment.

Material: 4 beakers (2 x 500 mL, 250 mL, 100 mL), 4 candles, 3 rubber stoppers (of the same size), lighter, stop watch


Chemicals: air

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.


- Put the four candles in a row (in eine Reihe) so you can place a beaker over them.
- Put the three rubber plugs around a candle so you can put the 500 mL beaker on top of them.
- Make sure that the 500 mL beaker stands safely on the stoppers. Then remove it.
- Light all four candles.
- Put beakers over all four candles **at the same time**.
- Stop the time how long each candle burns for.

2. Einheit: Erste notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: "Luft"

Arbeitsblatt

 3 Write down your observations.

	beaker 1: 100 mL	beaker 2: 250 mL	beaker 3: 500 mL	beaker 4: 500 mL (open)
time until the flame goes out				

 4 Fill out the gaps to explain your results. Use the words in the box.

fire air air burn combustion reactions reaction reacts constantly flow
open system 500 mL covered go out (erlischen) 100 mL candles most
100 mL beaker 250 mL beaker 500 mL beaker 500 mL beaker (open)

The experiment showed that _____ needs _____ to _____.

At the beginning of the _____, all _____ burn with the same intensity.

In the course of the reaction, the flames get smaller and smaller until they _____ in the following order: _____, _____, _____, _____.

This order is due to the fact that the _____ beaker has the least amount of air and the 500 mL beaker the _____.

If a candle is lit and _____ with a beaker, then it will go out (erlischen) because the air in the beaker _____ and is no longer available.

But if a candle burns in an _____ like the _____ beaker on the stoppers, then the flames will not extinguish because air can _____ into the beaker. If this happens, it does not matter how much air has reacted and the effect is that the fire will keep burning.

As a result, it could be shown that _____ is a necessary component for _____.

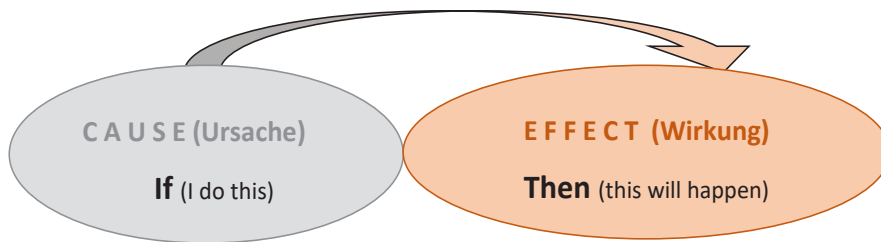
2. Einheit: Erste notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: "Luft"

Hilfsblatt: How to write a scientific hypothesis

HOW TO WRITE A GOOD SCIENTIFIC HYPOTHESIS

A scientific hypothesis (pl. hypotheses) is a temporary answer to a scientific question or a prediction (Vorhersage) of what will happen during an experiment. It is based on previous knowledge (Vorwissen) or observations and it needs to be verified (überprüfen) by experiments.

A hypothesis has the following structure: a **CAUSE** $\xrightarrow{\text{leads to a certain}}$ **EFFECT**



Example: If I eat 5 kg of chocolate every day $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get fat.

A GOOD HYPOTHESIS:

1 is testable

incorrect	correct
<p><i>If I <u>get lucky</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get strong muscles.</i></p> <p>☹ You cannot measure "getting lucky"</p>	<p><i>If I <u>exercise</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will get strong muscles.</i></p> <p>☺ Good, you can test this hypothesis.</p>

2 predicts something

incorrect	correct
<p><i>If I <u>had taken</u> the bike to school this morning, $\xrightarrow{\text{then}}$ I would have been on time</i></p> <p>☹ "This morning" is already over</p>	<p><i>If I <u>take</u> the bike to school tomorrow, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will be faster than if I walk to school.</i></p> <p>☺ Good, you can try tomorrow morning.</p>

3 has a cause and an effect

incorrect	correct
<p><i>If I <u>do my homework</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will <u>go shopping</u>.</i></p> <p>☹ This is a sequence of unconnected events but not a hypothesis with a causal relation.</p>	<p><i>If I do my homework in the <u>rain</u>, $\xrightarrow{\text{then}}$ I will <u>get wet</u>.</i></p> <p>☺ You can set up an experiment whether rain <u>causes</u> things to get wet.</p>

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft

Verlaufsplan

Examining Gases in the Air (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10 min	Einstieg	<i>Letzte Stunde habt ihr herausgefunden, dass eine Kerzenflamme Luft zum brennen braucht. Heute wollen wir herausfinden was genau die Kerze aus der Luft braucht, um brennen zu können.</i>		LV	
5 min	Überleitung	<i>Dazu müsst ihr zunächst einige Nachweise kennen lernen, wie man die Gase in der Luft nachweisen kann.</i>		LV	
50 min	Experiment	Die SuS führen unter Anleitung/ Beaufsichtigung die vier beschriebenen Versuche für jeweils eins der Gase durch. Anschließend füllen sie dazu jeweils auf den Arbeitsblätter ihre Beobachtungen und Erklärungen aus.		GA	ABs Materialien zu den Versuchen
25 min	Sicherung	Gallery Walk	SuS tragen die Ergebnisse der Experimentierphase mit Hilfe der Satzbausteine vor und übernehmen die Ergebnisse der anderen Gruppen in die Tabelle auf dem AB mit auf.	SV	AB

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft

Arbeitsblatt

COMBUSTION

EXAMINING GASES IN THE AIR

In this experiment, you will examine gases. First, you have to learn how to fill a test tube with a gas.



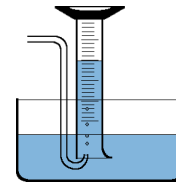
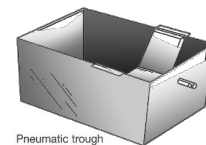
Student experiment 1: filling a test tube with gas

Material: pneumatic trough, 5 test tubes, 5 plugs for test tubes

Chemicals: water, gas for testing (oxygen, nitrogen or carbon dioxide)

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Fill a *pneumatic trough* with water.
- Put a test tube into the *pneumatic trough* and fill it with water.
- Hold the test tube upside down so that its opening is **in the water**.
- Prepare the gas bottle **with your teacher**.
- Put the opening of the gas tube under your test tube.
- Open the gas bottle **carefully**.
- Wait until there is no water left in the test tube.
- Close the gas bottle.
- Put a plug into the test tube.
- Take out the test tube.
- Fill 5 test tubes like this.



🔍 1 Write down your observations.

🗨️ 2 Explain why the test tube needs to be filled upside down and in water.

Use the word rail to form at least three sentences.

1. **The first reason is that** – gas – test tube – to effuse (ausströmen) – air
2. **If** – gas bubbles – to stream in (einströmen) – water – **then** – to thrust aside/push away (verdrängen) – water – **because** – lighter/less dense (geringere Dichte) - **the effect is that** air – to rise
3. **The second reason is that** – transparent gas – water – to become – visible – to rise (aufsteigen) – **as a result** – water level – to indicate (anzeigen) – full

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft

Arbeitsblatt



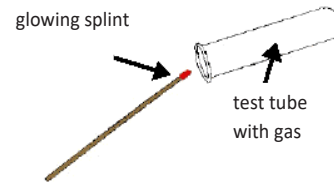
Student experiment 2: glowing splint test

Material: test tube with gas, wooden splint, lighter

Chemicals: gas for testing (oxygen, nitrogen or carbon dioxide)

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Ignite a wooden splint.
- Shake it until it only glows.
- Take a test tube with the gas you want to test.
- Hold it horizontally (waagrecht).
- Pull out the plug and **quickly** put in the splint.



🔍 **1 Write down your observations.**

2 Describe what the glowing splint test looks like when it is

positive: _____

negative: _____

3 Explain why the glowing splint test was positive/ negative for your examined gas. If you need help, order and fill out the sentence chunks at the bottom of the page.

In the following, it will be explained why _____

If _____

then _____

This proves that _____

 the glowing splint test is negative/ positive for _____
 _____ is/ is not a necessary requirement (notwendige Voraussetzung) for combustion.

 it starts to burn again/ does not start to burn again

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft Arbeitsblatt



Student experiment 3: lime water test

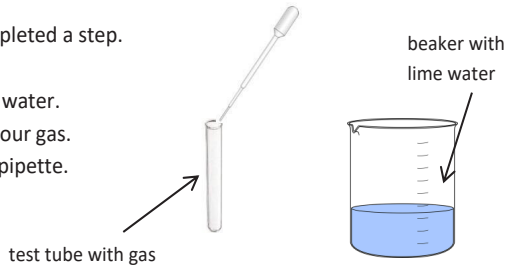
Material: test tube with gas, beaker (50 mL), pipette

Chemicals: gas for testing (oxygen, nitrogen or carbon dioxide), lime water

Careful! Lime water is harmful. If you get lime water on your hands WASH THEM IMMEDIATELY. Always wear your safety goggles and avoid eye contact.

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Fill a beaker with some of the lime water.
- Open one of your test tubes with your gas.
- Add 10 drops of lime water with a pipette.
- Put the plug back on and shake.



🔍 **1 Write down your observations.**

2 Describe what the lime water test looks like when it is

positive: _____

negative: _____

🗨️ **3 Explain why the lime water test was positive/ negative for your examined gas.**

In the following, it will be explained why _____

If _____

then _____

This shows that _____

the colorless lime water turns milky/ does not change its colour
the lime water test is negative/ positive for _____
_____ can/ cannot be identified with the lime water test.
_____ lime water is added to a test tube filled with _____

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft

Arbeitsblatt



Student experiment 4: density of gases

In this experiment you can find out the density of a gas. A gas with a higher density than air sinks to the ground. A gas with a lower density than air floats upwards.

You already know how to test for your gas. In your group, think about what happens when you do

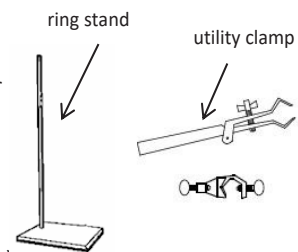
- the wooden splint test
- the lime water test.

Material: 2 test tubes with gas and plugs, ring stand, 2 utility clamps

Chemicals: gas for testing (oxygen, nitrogen or carbon dioxide), lime water

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Put the ring stand on the table.
- Fix both utility clamps on the ring stand.
- Put one test tube into a utility clamp (opening shows to the top).
- Put the other test tube into the other utility clamp upside down (opening shows to the floor).
- Remove both plugs from the test tubes.
- Wait a minute.
- Now test for the gas.



Fill out the gaps to explain your results.

The experiment showed that _____ (gas) is _____ (heavier/ lighter) than air.

_____ (gas) can be identified with the _____ test.



If _____
then _____
because _____



If _____
then _____
because _____

3. Einheit: Untersuchung der Gase in der Luft

Arbeitsblatt



Summary: observations about air

You have done a lot of experiments to identify your gas. Now it is time to find out more about the other components of air, which your fellow students have investigated (untersucht).

① Use the sentences to present your findings. You may take notes before you start talking.

It was	found shown	that ...	oxygen (Sauerstoff)	burns/ does not burn
			nitrogen (Stickstoff)	colors transparent lime water
			carbon dioxide (Kohlenstoffdioxid)	milky
			the investigated gas	does not show a positive result for the glowing splint test/ lime water test
			the glowing splint test is	negative for
			the lime water test is	positive for
				does not work for
				oxygen
				nitrogen
				carbon dioxide
The	experiment (Experiment)	investigation (Untersuchung)	study (Studie)	revealed (aufdecken)
				showed (zeigen)
				proved (beweisen)
				indicated (anzeigen)
				investigated (untersuchen)
				that ...
				how ...
				why ...
				when ...
				which/ what ...
				the effect of ...
				the source of ...

② Listen to the other presentations and  tick the box when the test is positive.

Put an  when the test is negative.

gas	glowing splint test	lime water test	density compared to air
oxygen			
carbon dioxide			
nitrogen			

4. Einheit: Zweite notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Temperatur Verlaufsplan

Necessary Components for a Fire – part II: Ignition Temperature (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
10 min	Einstieg	<i>Letzte Woche haben wir gelernt, dass Feuer Sauerstoff zum Brennen braucht. Heute habe ich euch eine Kerze mitgebracht, die aber einfach nicht brennen will, obwohl hier ganz viel Sauerstoff in der Luft ist.</i>	SuS stellen Hypothesen auf, was eine weitere wichtige Voraussetzung für Verbrennungsreaktionen sein kann. <i>Man muss die Kerze auch erstmal anzünden.</i>	LSG	Teelicht
5 min	Problematisierung	<i>Heute sollt ihr herausfinden, ob eine Kerze wirklich nur dann brennt, wenn sie mit einem Feuerzeug angezündet wurde.</i>		LV	
	Überleitung	<i>Dazu führt ihr den Versuch auf eurem AB durch.</i>		LV	
30 min	Experiment	SuS führen das Experiment wie auf dem AB beschrieben durch.		GA	AB Material zum Versuch
10 min	Sicherung I	Die Versuchsdurchführung wird von den SuS auf Englisch wiedergegeben. Anschließend werden die Beobachtungen verglichen.		SV LSG	AB
20 min	Erarbeitung I	Das Hilfsblatt zum Schreiben von Erklärungen wird eingeführt und die SuS sollen in kurzen Sätzen die „Wenn..., dann..., weil...“ Struktur einer monokausalen Erklärung anwenden.		LSG	Hilfsblatt Erklärungen schreiben
10 min	Erarbeitung II	Die SuS bearbeiten Aufgabe 3 auf dem AB und erklären ihre Versuchsbeobachtungen.		EA	AB Hilfsblatt Erklärungen schreiben
5 min	Sicherung II	Die SuS vergleichen den Lückentext mit ihrem Tischnachbarn.		PA	AB

4. Einheit: Zweite notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Temperatur Arbeitsblatt

COMBUSTION

WHAT DOES FIRE NEED TO BURN? PART II

Student experiment: igniting matches (Streichhölzer entzünden)



1 Read the experimental set up and write down a hypothesis of what you think will happen during the experiment.

Material: ring stand and iron ring, strip of copper, Bunsen burner

Chemicals: matches

Procedure: ✓ Tick each box when the step is completed.

- Fasten the iron ring to the ring stand.
- Put the strip of copper on the ring.
- Put 5 matches onto the strip of copper with 1 cm distance to each other.
- Light the Bunsen burner.
- Put the Bunsen burner under one end of the strip of copper.



If the Bunsen burner heats up the copper strip,

then (this will happen) _____.



2 Write down your observations.

At the beginning of the reaction, all matches are _____.

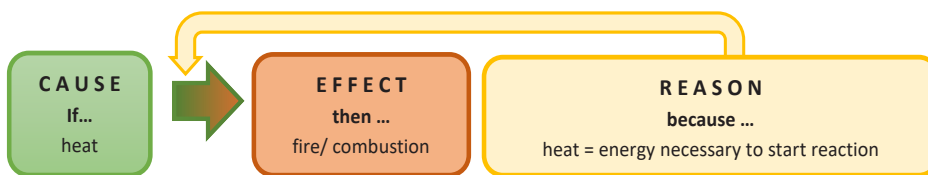
When the Bunsen burner heats the copper strip, _____.

The match which is the closest to the burner _____.

The match which is the furthest from the burner _____.



3 Explain your results. Use the diagram.



copper – heat – ignition temperature (Entzündungstemperatur) – to reach (erreichen) – catches fire (sich entzünden) – distanced/ closest – to burn – heat – to ignite (entzünden) – heat – ignition temperature

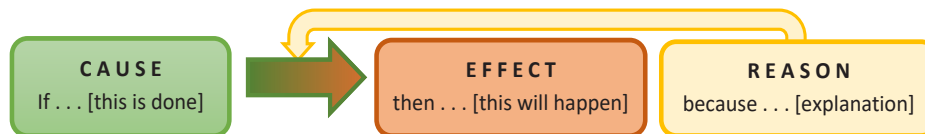
If a match (Streichholz) _____ its _____, then it _____
because a fire needs enough _____ to start burning. Metals like _____ conduct (weitergeben)
_____ very well. The match _____ to the Bunsen burner _____ first because
it gets the most _____. It reaches its _____ first.

4. Einheit: Zweite notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Temperatur

Hilfsblatt: How to write a scientific explanation

HOW TO WRITE A GOOD EXPLANATION

An explanation is an answer to a scientific question based on facts, concepts or rules. It explains why things happen, what they are made up of or how they work. In general, a causal explanation has the following structure:



Example: If I eat too much chocolate, I will get fat because chocolate contains lots of unhealthy ingredients (Zutaten) responsible (verantwortlich) for weight gain.

A GOOD CAUSAL EXPLANATION HAS:

① ideas connected with causal links

incorrect	correct
If I get in pool then I will get wet and <u>then</u> I will get cold. ⊗ This is just a chronological order of steps.	If I get in the pool, I will get cold because water has a higher thermal conductivity than air. As a result , I lose heat much quicker and consequently feel cold.

② ideas ordered chronologically and linked by sequential connectives

incorrect	correct
<u>At the end</u> I got in the pool <u>before</u> I got cold.	First I got in the pool, then I got wet, after that I got cooler, in the end I was freezing.

③ reasons based on relevant rules, concepts and definitions

incorrect	correct
If water is heated up to 100°C, it boils <u>because I say so</u> .	If water is heated up to 100°C it boils because it has reached its boiling point.

④ experimental data like observations and measurements as back up

incorrect	correct
... because <u>my father once told me so</u>	The experiment showed that water boils at exactly 100°C.

⑤ present tense

incorrect	correct
Head <u>caused</u> the water to boil.	Heat <u>causes</u> water to boil.

⑥ scientific terms

incorrect	correct
bubbling point, burning, glass mug	boiling point, combustion, beaker

5. Einheit: Dritte notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Brennstoff

Verlaufsplan

Necessary Components for a Fire – part III: Fuel (2 x 45 min)					
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	<i>Letzte Woche haben wir gelernt, dass Feuer Sauerstoff und Hitze zum Brennen braucht. Warum fängt dann an einem heißen Sommertag die Luft nicht plötzlich an zu brennen?</i>	SuS stellen Hypothesen auf, was eine weitere wichtige Voraussetzung für Verbrennungsreaktionen sein kann. <i>Die Luft fängt nicht spontan an zu brennen, weil man sie nur braucht, um etwas Anderes zu verbrennen.</i>	LSG	
10 min	Problematisierung	<i>Das bedeutet, wenn ich diesen Stein hier an der Luft erhitze, fängt er an zu brennen? Wird das Metallstück oder der Holzklötz anfangen zu brennen?</i>	<i>Nein, der Stein wird nicht brennen. Aber das Holz brennt irgendwann. Darüber, ob das Metallstück brennt sind sich die SuS uneinig. Wenn keine Uneinigkeit aufkommt, werden die Funken beim Schneiden von Metall im Vergleich zu einer feuerfesten Metallschale als kognitiver Konflikt zur Diskussion gestellt.</i>	LSG	Teelicht Stein Metallstück Holzklötz
	Überleitung	<i>Eure Aufgabe ist es heute, herauszufinden, welche Stoffe Brennstoffe sind und welche nicht. Dazu führt ihr den Versuch auf eurem AB durch.</i>		LV	
30 min	Experiment		SuS führen das Experiment wie auf dem AB beschrieben durch und tragen ihre Beobachtungen in der Tabelle auf dem AB ein.	GA	AB Material zum Versuch
10 min	Erarbeitung I		Die Ergebnisse werden in Kleingruppen (andere Konstellation als die Versuchsgruppen) verglichen. Somit ist der Redeanteil höher, die Ergebnisse werden stärker gewürdigt und es kommt eine Diskussion über die Ergebnisse auf. Da SuS vermutlich unterschiedlich große Mengen an Brennstoff verwendet haben, erkennen sie, dass es nicht nur am Brennstoff, sondern auch am Verteilungsgrad dessen liegt, wann er sich entzündet. Außerdem werden die Versuchsergebnisse anhand der Aufgabe auf dem AB erklärt.	SV in Kleingruppen	AB
10 min	Sicherung I		Die Ergebnisse und die Erklärung werden im Plenum verglichen. Eine Definition des Begriffs <i>Brennstoff</i> wird gemeinsam formuliert.	LSG	AB
20 min	Erarbeitung II		Nachdem alle 3 Voraussetzungen der Verbrennungsreaktion erforscht wurden, wird das Fachvokabular gesichert. Die SuS übersetzen dazu die Begriffe auf dem Vokabelblatt ins Deutsche und füllen zur Übung das Kreuzworträtsel aus.	EA	Vokabelblatt
5 min	Sicherung II		Die Ergebnisse werden mit dem Tischnachbarn verglichen.	PA	Vokabelblatt

5. Einheit: Dritte notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Brennstoff Arbeitsblatt

COMBUSTION

WHAT DOES FIRE NEED TO BURN? PART III



Student experiment: burning different materials

Material: tripod, wire gauze, Bunsen burner, stop watch

Chemicals: tissue (Taschentuch), iron wool, marble (Marmor), wood sticks (various diameters [verschiedene Durchmesser]), cork, coal (Kohle), a stone, piece of magnesium, paper, chalk, wool, card board, glass, ... (what else can you think of?)

Procedure: Tick the boxes when you have completed a step.

- Put the gauze mat on the tripod.
- Arrange bits **of the same size** of every substance on the gauze mat (if possible, they should all have the same distance to the centre of the gauze mat).
- Light the Bunsen burner.
- Put the Bunsen Burner underneath the gauze mat (right in the middle).
- Measure the time until things start to burn.



1 Collect your observations in the table on page 2.

2 What does fire need to burn? Fill out the diagram and answer the question using the words in the language help.

CAUSES	→	EFFECT	<p style="text-align: center; margin: 0;">language help: explanations</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">If... then ... because</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">to cause</td> <td style="width: 50%;">verursachen</td> </tr> <tr> <td>to lead to sth.</td> <td>zu etwas führen</td> </tr> <tr> <td>to trigger</td> <td>auslösen</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px 0 0 0;">the effect is</td> <td>der Effekt/ die Wirkung ist</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px 0 0 0;">as a result</td> <td>demzufolge</td> </tr> </table> </div>	to cause	verursachen	to lead to sth.	zu etwas führen	to trigger	auslösen	the effect is		der Effekt/ die Wirkung ist	as a result		demzufolge
to cause	verursachen														
to lead to sth.	zu etwas führen														
to trigger	auslösen														
the effect is		der Effekt/ die Wirkung ist													
as a result		demzufolge													
	→														
	→	↓													
	→	↓													
	→	↓													

If an item (ein Gegenstand) gets too warm, _____ (ist die Wirkung) that it can start to burn. But not all items burn. The item has to be a _____. Heating a _____ will _____ (verursachen) a fire. The fire can only burn if there is enough _____, because fire needs _____ to burn. _____ (Demzufolge) if there are _____, _____ and _____ in one place, this can _____ (verursachen) a fire.

5. Einheit: Dritte notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Brennstoff Arbeitsblatt

Observations : How and when chemicals start to burn

change + time chemicals	melting	glowing	smoking	burning	color of flame	smell
tissue						
iron wool						
brick						
wood sticks (thin)						
wood sticks (medium)						
woold sticks (thick)						
cork						
coal						
stone						
magnesium						
paper						
chalk						
wool						
card board						
glass						

A substance which burns is called **fuel (Brennstoff)**. Which of the substances you have examined are **fuels**?



_____ are fuels.

5. Einheit: Dritte notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Brennstoff

Vokabelblatt

SCIENTIFIC TERMS FOR COMBUSTION REACTIONS

1 Fill out the left column with the German translations of the English scientific terms.
If you need help, use the words at the bottom of the page.

2 Memorize the terms and definitions.

English	Definition	German
chemical reaction	A process during which substances change their properties (Eigenschaften).	
combustion	A chemical reaction of burning a fuel with oxygen during which heat is released (freigesetzt).	
combustion heat	Energy released during burning.	
oxidation	Chemical reaction with oxygen, for example a combustion reaction.	
oxide	Substance formed during combustion when a fuel reacts with oxygen. carbon + oxygen → carbon dioxide	
exothermic reactions	Chemical reactions which release heat.	
fire triangle	Diagram showing the three necessities to start a fire.	
fuels	Substances which store chemical energy. When they are burnt, they release energy (mostly heat and light)	
ignition temperature	Temperature necessary to start a combustion reaction.	
degree of dispersion	A measure telling how well a substance can mix with oxygen. The more contact a substance has with oxygen, the better it burns; for example wood dust burns better than a big solid block of wood.	
flammable	Substances burning under normal conditions.	
non-flammable	Substances not burning under normal circumstances.	
fire extinguisher	Substance/tool which blocks one part of the fire triangle; for example carbon dioxide stops oxygen from reaching the fire and thus stops the combustion.	
glowing splint test	Method to identify oxygen.	
lime water test	Method to identify carbon dioxide.	

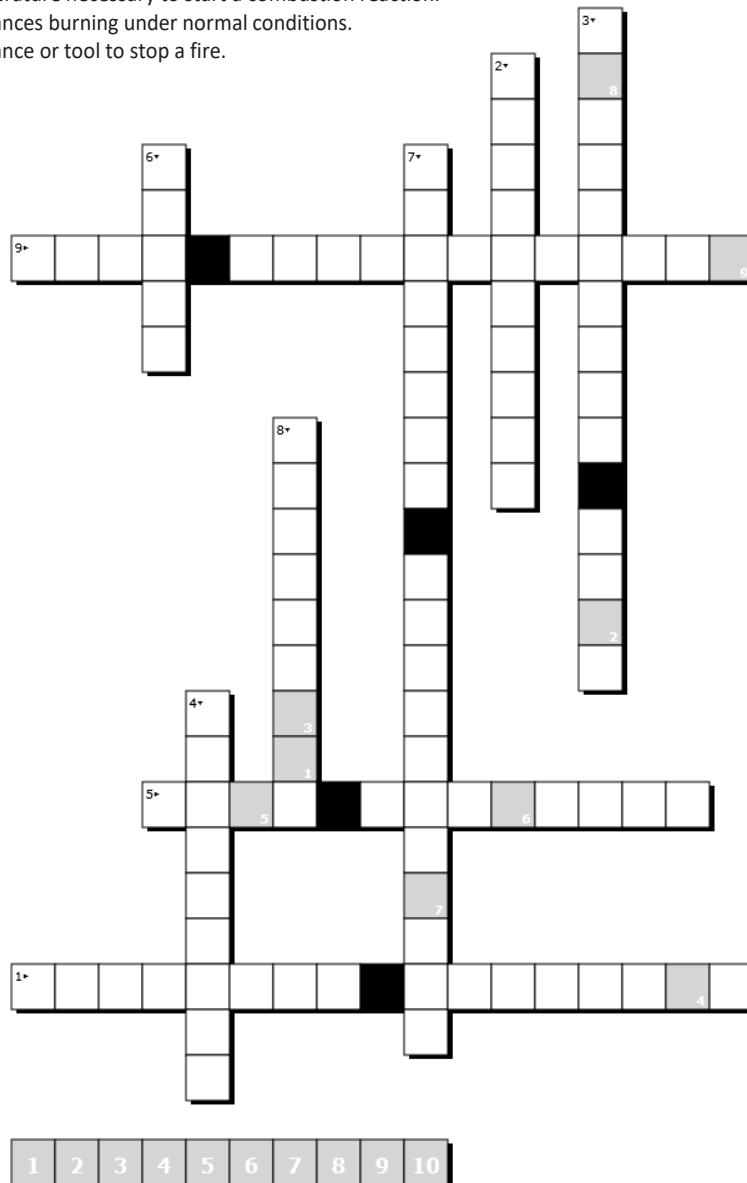
Kalkwasserprobe – chemische Reaktion – Oxidation – Verteilungsgrad – Entzündungstemperatur –
Feuerlöscher – Glimmspanprobe – nicht brennbar – Verbrennungsdreieck – exotherme Reaktion –
Oxid – Verbrennungswärme – Verbrennung – Brennstoff

5. Einheit: Dritte notwendige Voraussetzung für die Verbrennung: Brennstoff

Vokabelblatt

3 Fill out the crossword with the scientific terms that you have learned before.

1. A process during which substances change their properties.
2. A chemical reaction of burning a fuel with oxygen during which heat is released.
3. Energy released during burning.
4. Chemical reaction with oxygen, for example a combustion reaction.
5. Diagram showing the three necessities to start a fire.
6. Substances which store chemical energy. When they are burnt, they release energy (heat and light)
7. Temperature necessary to start a combustion reaction.
8. Substances burning under normal conditions.
9. Substance or tool to stop a fire.



6. Einheit: In welchem Aggregatzustand verbrennen Stoffe? Verlaufsplan

When do Substances Burn? (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	<i>Ihr habt gelernt, unter welchen Umständen es zu einer Verbrennungsreaktion kommt. Welche waren das nochmal?</i>	SuS nennen die drei Voraussetzungen für eine Verbrennungsreaktion: <i>Sauerstoff, Brennstoff und Entzündungstemperatur.</i>	LSG	
10 min	Problemmatisierung	<i>Warum hat es so lange gedauert, bis das Stück Holz angefangen hat zu brennen im Vergleich zum Wachs?</i>	<i>Das Wachs ist schnell geschmolzen und hat sich dann entzündet.</i>	LSG	
	Überleitung	<i>Eure Aufgabe ist es heute, herauszufinden, warum sich das Wachs schneller entzündet hat, als das Stück Holz.</i>		LV	
30 min	Experiment	SuS führen das Experiment wie auf dem AB beschrieben durch und sichern ihre Beobachtungen anhand des Lückentextes auf dem AB.		GA	AB Material zum Versuch
10 min	Sicherung I	Die Durchführung wird von den SuS auf Englisch wiedergegeben und die Ergebnisse werden im Plenum verglichen.		SV LSG	AB
15 min	Erarbeitung I	Dazu wird die Infobox gelesen und die SuS formulieren mit ihrem Nachbarn Beispiele auf Deutsch und auf Englisch und stellen diese anschließend vor.		LSG PA	AB
15 min	Erarbeitung II	Die Erklärung des Versuches wird auf dem AB gelesen und Aufgabe 3 erledigt. Dazu werden Nominalisierungen gebildet, bzw. entsprechende Verben, Adjektive und Adverbien zu den Nominalisierungen im Text gefunden.		EA	AB Wörterbuch
5 min	Sicherung II	Die Ergebnisse werden im Plenum verglichen.		LSG	AB

6. Einheit: In welchem Aggregatzustand verbrennen Stoffe?

Arbeitsblatt

COMBUSTION

WHEN DO SUBSTANCES BURN?

Material: 2 test tubes , Bunsen burner, test tube holder, lighter

Chemicals: piece of wood, piece of wax

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Put the piece of wood in one test tube, the piece of wax into the other.
- First, heat the test tube with the piece of wood for 2 minutes.
- Try to light the gas which is released (freisetzen).
- Second, heat the test tube with the piece of wax for 1 minute.
- Try to light the gas which is released.

Disposal: Put the **cooled down**, left-over chemicals into the bin. Rinse (ausspülen) the test tubes.

🔍 **1 Write down your observations:**

If a piece of _____ is heated for two minutes, then _____.

The _____ which was _____ during the heating process could _____.

If a piece of _____ is heated for two minutes, then _____.

The _____ which was _____ during the heating process could _____.

📖 **2 Read the info box about nominalizations.**



Wissenschaftler benutzen einen ganz bestimmten Trick, ihre Experimente kurz und knapp zu beschreiben. Sie verwenden Fachbegriffe, die häufig aus **Nominalisierungen** entstanden sind. Nominalisierungen werden gebildet, indem an ein Verb oder Adjektiv eine Endung drangehängt wird. Schau dir dazu die Beispiele an.

-tion: *to suggest* → *the suggestion*
-ing: *to sing* → *the singing*
-ment: *to achieve* → *achievement*
- / : *to play* → *the play*

-ness: *lonely* → *loneliness*
-ance: *relevant* → *relevance*

Want to sound like a chemist?
Use nominalizations!



Example: If I ignite a candle, then it starts to combust.

→ Ignition causes the combustion of a candle.

7. Einheit: Die Gefahr von Feuer (Explosion einer Dose)

Verlaufsplan

Fire Danger – Glue Can Explosion (2 x 45 min)

Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	<i>Gestern hat mein Nachbar Paul ganz verwirrt bei mir an der Haustür geklingelt und mir seine hübsch verzierte Spardose gezeigt. Jetzt hat er aber Angst vor ihr, weil er meint, ein Geist wohnt darin.</i>	SuS nennen ganz offen Vermutungen, wer oder was dieser Geist sein könnte.	LSG	verzierte Spardose mit viel Klebstoff innen und außen
10 min	Problematisierung	Hinweis zur Eingrenzung der SuS Antworten: <i>Er meinte, er habe die Spardose auf den Kamin gestellt und plötzlich sei der Deckel abgefliegen und die Dose hat von innen heraus gebrannt.</i>	<i>Vielleicht hat sich die Dose von der Hitze ausgedehnt, der Kleber ist geschmolzen, verbrannt, ...</i>	LSG	
	Überleitung	<i>Weil ihr nun die Experten seid, habe ich euch die Dose mal mitgebracht. Eure Aufgabe ist es heute, dem Dosegeist auf die Spur zu kommen.</i>		LV	
20 min	Experiment	SuS führen die ersten Versuchsschritte durch und die Lehrkraft platziert die Kerze neben dem Schlitz der Spardose.		S/L Exp.	AB Material zum Versuch
10 min	Erarbeitung I	Das Hilfsblatt zum Schreiben von Versuchsdurchführungen wird gemeinsam gelesen und Nachfragen werden geklärt.		LSG	Hilfsblatt Versuchsdurchführungen schreiben
15 min		Die Versuchsdurchführung von Paul wird anhand des Hilfsblattes verbessert.	PA	AB, Hilfsblatt Versuchsdurchführungen schreiben	
5 min	Sicherung I	Mehrere korrigierte Versuchsdurchführungen werden vorgelesen.		SV	AB
20 min	Erarbeitung II	Die Lücken in der Versuchsbeobachtung werden ausgefüllt und die Erklärung ins Deutsche übersetzt.		EA	AB
5 min	Sicherung II	Die Ergebnisse werden im Plenum verglichen. In eigenen Worten wird die Forschungsfrage beantwortet, wer oder was genau der Dosegeist ist.		LSG	AB

7. Einheit: Die Gefahr von Feuer (Explosion einer Dose)

Arbeitsblatt

COMBUSTION

THE DANGER OF FIRE



Teacher experiment: glue can explosion

SAFETY: have a **fire extinguisher** near by and ready to use
stay at **safe distance** to the experimental set up

Material: Candle, matches, can with lid, piece of cardboard

Chemicals: glue (with highly volatile solvents [flüchtigen Lösungsmitteln])

Disposal: Put the leftover chemicals into the bin.

Procedure: ✓ Tick the boxes when you have completed a step.

- Make a hole in the can.
- Put some glue on the cardboard.
- Put the cardboard into the can.
- Put the lid on the can.**
- Light the candle.
- Put the candle **carefully** close to the hole in the can.
- Stand in a safe distance to your can.**

- 1 Paul carried out the experiment and took some notes. He wants to sound like a real chemist, but does not know how. Help Paul to correct his procedure using the help sheet. There might be more than one mistake in each sentence!

Procedure:

1. First you put some glue on the cardboard.
2. Then, we have to put the glue into the can that our teacher gave us.
3. Before that, I closed the can with the lid.
4. Then Mark lighted the candle and put it on the hole in the can.
5. In the end, after five minutes or so, the can exploded with a massive bright sparks and we all scream.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

7. Einheit: Die Gefahr von Feuer (Explosion einer Dose)

Arbeitsblatt

COMBUSTION

THE DANGER OF FIRE

- 2 Paul forgot to take notes of his observations. Please help him fill out this section.

Observations:

When the candle is lit and put close to the hole in the can
 _____ . Suddenly, after _____ minutes, an
 _____ takes place (findet statt) and the _____ of the
 _____ bursts open with a _____ noise. The _____ keeps
 burning until it is fully used up (verbraucht).

- 3 Paul wants to explain the experiment to his friend Martin who does not speak any English. Help Paul to translate his explanation.

After the glue has been put on the cardboard, it started to smell. This is due to (aufgrund von) the fact that highly volatile (flüchtig) substances go over into the gaseous state and spread (verteilen) in the _____ can. Once (sobald) heat in form of fire comes close to the can, a chemical _____ reaction takes place (statt finden) and the gas particles combust (verbrennen) to form carbon dioxide (Kohlenstoffdioxid) and water vapor (Wasserdampf). Because the products need more room than the glue, the exhaust (Abgase, hier: Verbrennungsprodukte) forces the lid to pop open. The glue and the paper keep burning because all three necessary (notwendig) components of the fire triangle are still present.

7. Einheit: Die Gefahr von Feuer (Explosion einer Dose)

Hilfsblatt: How to write a scientific procedure

HOW TO WRITE A GOOD PROCEDURE/ DESCRIPTION

In chemistry, a procedure is a detailed and chronological description of each step carried out during the experiment. It needs to be very precise and easy to understand.

① Order your steps chronologically.

What did I do first, second, third?

incorrect	correct
at the end ..., then..., at the beginning...	first, second, third, then, next

② Omit standard procedures.

What do I not have to mention because my reader already knows?

incorrect	correct
Put the beaker on the hotplate and turn on the switch. Wait until the water starts to boil.	Water is heated up until it boils.

③ Use the impersonal 3rd person singular.

Even though you or your group carried out the experiment, do not say *I* or *we*.

incorrect	correct
I, we, my friend, Paul	it or agentless when written in the passive voice

④ Write concisely.

Say exactly how many grams and which tools and chemicals you used that somebody else could perform the experiment following your description.

incorrect	correct
well under 20 grams, for a few minutes, some black powder	5 to 10 grams, for 3 minutes, copper oxide powder

⑤ Use the passive voice.

It does not matter to the reader who performed the experiment.

incorrect	correct
I heated up the liquid.	The liquid was heated up.

⑥ Do not write any observations or conclusions yet.

Follow the correct order of a protocol: procedure, observations, and conclusion!

incorrect	correct
... and then I saw bubbles. It was oxygen.	Write nothing, it's part of the result section!

8.-9. Einheit: Hypothetisches Löschen eines Fettbrandes Verlaufsplan

Extinguishing a Fat Fire – Building your own Fire Extinguisher (2 x 45 min)

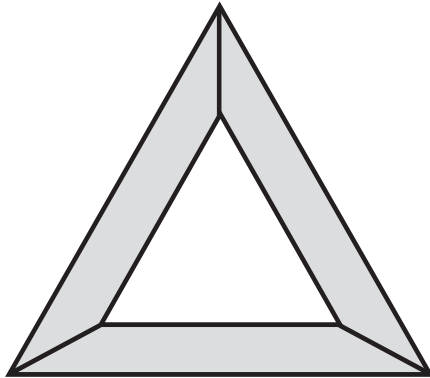
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material
5 min	Einstieg	<i>Heute wollen wir unser gesamtes Wissen zum Thema der Verbrennung in einem Diagramm festhalten, dem sogenannten Verbrennungsdreieck.</i>		LV	
10 min	Erarbeitung		Das Verbrennungsdreieck und das Gedicht werden mit dem Nachbarn erarbeitet.	PA	AB
10 min	Vertiefung		Die SuS diskutieren anhand des Concept Cartoons, ob jedes Feuer mit Wasser gelöscht werden kann.	GA	AB
10 min	Sicherung		Es wird ein Video geschaut, was passiert, wenn ein Fettbrand mit Wasser versucht wird zu löschen. Anschließend werden die Ideen aus dem Concept Cartoon mit dem Video verglichen.	LSG	Fernseher AB
	Problematisierung		<i>Wenn man Fettbrände nicht mit Wasser löschen kann, womit den sonst?</i>	LV	
5 min	Überleitung	<i>Überlegt euch mit Hilfe des Verbrennungsdreiecks Möglichkeiten, wie Fettbrände gelöscht werden können.</i> Eventuelle Hilfe: Ein Feuer kommt zum Erliegen, wenn ein Bestandteil des Verbrennungsdreiecks entfernt wird.			
10 min	Erarbeitung II		SuS erarbeiten Möglichkeiten zum Löschen eines Fettbrandes. Think – Pair – Share	EA PA LSG	AB
30 min	Experiment		SuS entwickeln im Experiment eigenständig mögliche Feuerlöscher.	GA	AB, Material zum Versuch
10 min	Sicherung II		Die Feuerlöscher werden vorgestellt. Die Klasse wählt den besten Feuerlöscher anhand seiner Effektivität und seines Namens.	SV LSG	AB gebaute Feuerlöscher

8.-9. Einheit: Hypothetisches Löschen eines Fettbrandes
Arbeitsblatt

COMBUSTION

THE FIRE TRIANGLE

1 What do you need to make a fire? Fill out the fire triangle and the poem.



Whenever you come across _____,
And _____ and _____ meet,
You're sure to get fire,
The flames will lick hire –
The _____ is complete!

2 Discuss the statements in small groups. Which one is correct?

Water can extinguish every fire!

I think as long as you have enough water to cover the fire, it will go out.

Last time I had to use a fire extinguisher in the kitchen

Water can also feed a fire or not affect (beeinflussen) it at all.

3 Watch the following video and compare your results.

<https://www.youtube.com/watch?v=eDKD9LUER7A>

8.-9. Einheit: Hypothetisches Löschen eines Fettbrandes

Arbeitsblatt

4 Brainstorm ideas about what to do in case of a fire.

You can extinguish a fire if you use _____

You can extinguish a fire if you take away _____

You can take _____ with _____ away.

You can extinguish a fire if you add _____

Try to assign the methods of extinguishing a fire to the matching side of the fire triangle.

I think ... belongs to the category ... because it cools the fire.

because it takes away the fuel.

because it takes away the oxygen.

I think _____

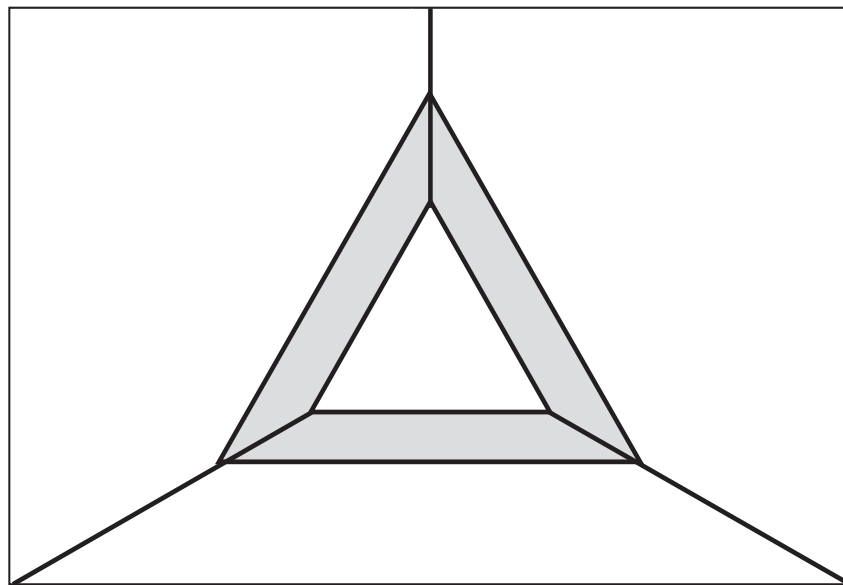
belong to the category _____ because they **cool down the fire.**

I think _____

belong to the category _____ because they **take away the fuel.**

I think _____

belong to the category _____ because they **take away the oxygen.**



8.-9. Einheit: Hypothetisches Löschen eines Fettbrandes

Arbeitsblatt

COMBUSTION

THE FIRE EXTINGUISHER

Egg Race: Who can build the best fire extinguisher?

Task: Develop a fire extinguisher, which can extinguish a fat fire using only the material and chemicals listed below. You do not have to use all of the material if you do not need it.



Wear safety goggles at all times!

Material:

beaker (all sizes), Erlenmeyer flask, pneumatic tub, test tubes, plugs for test tubes, plugs for Erlenmeyer flask, plugs with glass tubes, wooden splints, spatula, stirring rod

Chemicals:

baking powder, washing soda, salt, sherbet powder, sugar, flour, vinegar, lemon essence, limewater (only with teacher!)

Procedure:

Test your fire extinguisher: Can you extinguish the fire on the teacher's desk **without** blowing directly into the flames?

Observation:

Explanation:

★ Does your extinguisher work? Give it a cool name! _____


10. Einheit: Wiederholung und Übung

Verlaufsplan

When do Substances Burn? (2 x 45 min)						
Zeit	Unterrichtsphase	Inhalt	erwartete Schülerhandlung	Sozialform	Material	
5 min	Einstieg	<i>Letzte Woche haben wir uns das Löschen eines Fettbrandes abgeschaut. Heute lernen wir noch etwas über das „Löschen“ von Wachs und Magnesium mit Wasser.</i>		LV		
	Überleitung	<i>Dazu stellt ihr Hypothesen auf und vergleicht diese anschließend mit eurem Nachbarn und stellt sie dann der Klasse vor.</i>		LV		
20 min	Erarbeitung I	Anhand des Hilfsblattes zum Schreiben von Hypothesen werden drei Hypothesen formuliert.	Think – Pair - Share	EA PA LSG	AB Hilfsblatt Hypothesen schreiben	
20 min	Sicherung	Hypothesen werden überprüft, indem die drei Filme geschaut werden.	Nach jedem Film wird eine mündliche Zusammenfassung des Filmes gegeben (wenn möglich in Englisch). Anschließend werden die Hypothesen begründend verifiziert/ falsifiziert.	SV LSG	Fernseher AB	
15 min	Erarbeitung II	Die Experimente 2 und 3 werden genauer betrachtet und erklärt.	Dazu füllen die SuS die Aufgaben 2 bis 4 auf dem AB in Einzel- bzw. Partnerarbeit aus.	EA/PA	AB	
20 min	Übung	Anhand der Aufgabe 5 auf dem Arbeitsblatt wird das schriftliche Verfassen von Erklärungen geübt. Dazu ist es wichtig, dass sowohl die Verbindungen zwischen allen drei Begriffen hergestellt werden, als auch zur Verbindung dieser, kausale Konjunktionen verwendet werden.		LSG EA	AB	
10 min	Sicherung II	Die Erklärungen werden besprochen.		LSG	AB	

10. Einheit: Wiederholung und Übung Arbeitsblatt

COMBUSTION **WHEN DO SUBSTANCES BURN?**

 **1** What do you think will happen during the experiments? Write down three hypotheses.

1. Water is put on burning fat.

If _____
then _____
because _____



<https://www.youtube.com/watch?v=AggMPFg82U0>

2. Boiling wax is put into cold water.

If _____
then _____
because _____



<https://www.youtube.com/watch?v=3sZbB3Sa15s>

3. Water is put on burning magnesium

If _____
then _____
because _____



<https://www.youtube.com/watch?v=TOpsB5n9DZ8>

1.	if	water is put on	burning fat boiling wax burning magnesium
2.	then	the water the fire the fat the wax the magnesium	will extinguish (slowly/quickly) keep burning get bigger/smaller explode burn with a big/small/bright (hell) flame

10. Einheit: Wiederholung und Übung

Arbeitsblatt

 **2** Write down your observations for the second experiment.

During the experiment

After the reaction...

The flame got extinguished

The wax melted

An explosive flame (Stichflamme) formed

As soon as the water was poured onto the ...

The flame/fire increased (größer werden)

The flame/fire decreased (kleiner werden)



3 Explain the experiments. Fill out the gaps.

The _____ of fat is above 350° C. As a result, _____ fat is very _____. The boiling point of water is _____ °C. The boiling point of water is _____ than the ignition temperature of _____. Consequently, the _____ vaporises (verdampft) before it touches the oil. As a result, water _____ a fat fire.

burning

fat

lower

ignition temperature

hot

100

water

can/ cannot cool



4 Lisa is making popcorn and suddenly the fat catches on fire. What should she do? Explain.

1. Pour (schütten) a full container of table salt into the pan.
2. Fill the pan with cold water to take away the heat.
3. Open the window to let some fresh air in.

Lisa should/ should not _____
because _____


Lisa should/ should not _____
because _____

Lisa should/ should not _____
because _____

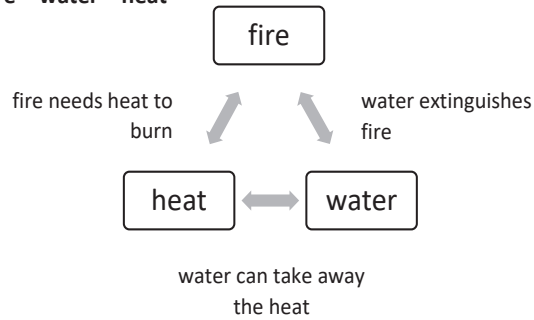


Salt is a solid (fest) substance like sand.

10. Einheit: Wiederholung und Übung
Arbeitsblatt

 **5** Write two more explanations. Use causal conjunctions and the words listed below.

a.) fire – water – heat

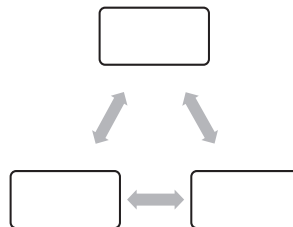


word box for explanations

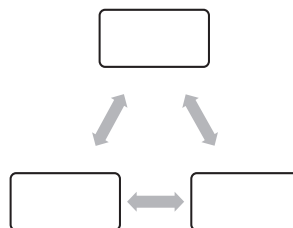
to cause	verursachen
to lead to sth.	zu etwas führen
due to	aufgrund von
because of	wegen, infolge
the effect is	der Effekt/ die Wirkung ist
as a result	demzufolge

Fire needs heat to burn. If this heat is taken away, the fire will stop burning.
Because water can reduce the heat, it can be used to extinguish fire.

b.) candle – oxygen – beaker (Becherglas)



c.) blanket – oxygen – fire extinguisher



Nachtest

Nachtest

Bitte fülle die folgenden Fragebögen sorgfältig aus. Du hast 60 Minuten Zeit dafür.

Kreiere deinen eigenen Identifikationscode:




ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter Beispiel:		ersten beiden Buchstaben des Vornamens deines Vaters		ersten beiden Buchstaben deines Vornamens		Tag deines Geburtsdatums	
A	N	P	E	A	L	1	2
<u>Anna</u>		<u>Peter</u>		<u>Alex</u>		<u>12.</u> 03. 2004	

Vielen Dank für deine Unterstützung!
Deine Angaben werden anonymisiert und vertraulich behandelt.




Nachtest

Fragebogen_FW_FS

1. Beurteile die folgenden Aussagen und kreuze an, wie sicher du dir mit deiner Antwort bist.

	wahr	falsch	weiß nicht	Wie sicher bist du?		
				gar nicht 	bisschen 	sehr 
Eine Verbrennung ist eine chemische Reaktion, die Substanzen in andere umwandelt.						
Bei einer Verbrennung wird Energie in Form von Licht und Wärme frei.						
Für eine Verbrennung braucht man immer Hitze.						
Ein großer Holzklotz brennt viel schneller als klein verteilte Sägespäne.						
Wenn man ein Glas über eine Kerze stülpt, geht diese sofort aus.						
Gase können als Löschmittel verwendet werden.						
Jedes Feuer kann mit Wasser gelöscht werden.						
Bei einer Verbrennung werden Stoffe vernichtet.						

2. Kreuze die richtige(n) Antwort(e)n an. Gebe an, wie sicher du dir mit deiner Antwort bist.

		Wie sicher bist du?		
		gar nicht 	bisschen 	sehr 
a. Von einer Kerze verbrennt	<input type="checkbox"/> nur das feste Wachs <input type="checkbox"/> nur das geschmolzene Wachs <input type="checkbox"/> nur das Wachs-Gas <input type="checkbox"/> Wachs, egal in welchem Aggregatzustand			
b. Metalle	<input type="checkbox"/> schmelzen <input type="checkbox"/> verbrennen <input type="checkbox"/> reagieren gar nicht			
c. Die Glimmspanprobe wird zum Nachweis von _____ verwendet	<input type="checkbox"/> Kohlenstoffdioxid <input type="checkbox"/> Stickstoff <input type="checkbox"/> Luft <input type="checkbox"/> Sauerstoff			
d. Kohlenstoffdioxid ist	<input type="checkbox"/> schwerer als Luft <input type="checkbox"/> leichter als Luft <input type="checkbox"/> genauso schwer wie Luft			

Nachtest

3. Wähle jeweils die richtige(n) Antwort(en) aus.

An Tankstellen darf man nicht rauchen und telefonieren, weil...



- Zigarettenrauch eine chemische Reaktion mit dem Benzin eingeht und dadurch gefährliche Substanzen entstehen.
- die Ablenkungsgefahr zu groß ist und es zu gefährlichen Benzinunfällen kommt.
- eine Tankstelle ein öffentliches Gebäude mit generellem Rauch- und Handyverbot ist.
- Benzindämpfe leicht entzündlich sind und bereits die kleinste Funkenbildung Explosionen verursachen kann.

Eine Löschdecke wird über brennendes Öl gelegt, um...

- das Löschmittel in der Decke freizusetzen.
- das Feuer zu ersticken.
- die Ausbreitung giftiger Dämpfe zu verhindern.
- das Feuer zu kühlen.



4. Wann hat Lukas mit seiner Lupe Feuer gemacht? Begründe deine Antwort.

morgens um 8 Uhr	mittags um 12 Uhr	nachmittags um 15 Uhr	nachts um 21 Uhr
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein

weil:

- _____
- _____
- _____

5. Explain what you need to start a fire and how you can extinguish it.

Nachtest**6. Name 5 characteristics (Merkmale) of a good scientific explanation.**

- a.) _____
- b.) _____
- c.) _____
- d.) _____
- e.) _____

7. Decide which explanation is best and give a short reason. Circle important words of a good explanation.

- If a candle burns, then the wax will melt because a lot of heat is released.
- When you burn a candle, then it will start to melt and then a lot of heat is released.
- Last week, I burned a candle and it melted.

a.) _____

- Fuel, heat and oxygen produce fire, but if one is not there, then nothing happens.
- Fuel, heat and oxygen are necessary causes of combustion reactions. As a consequence, if one is taken away, the reaction stops.
- Fuel, heat and oxygen are good for fires, but if you heat a substance enough, it will also burn.

b.) _____

- In the experiment we saw that if gases are put on a fire, it will extinguish because they are heavier than air.
- Carbon dioxide can be used as a fire extinguisher. The reason for this is its weight. Because the gas is heavier than air, it blocks the oxygen supply necessary for combustion.
- In the end, carbon dioxide was put on a fire and then it stopped burning when no air was there anymore.

c.) _____

Nachtest**8. Fill out the gaps in the texts.**

_____ a fire blanket is put on a fire, _____ the fire will extinguish _____
the blanket takes away the oxygen from the fire. _____ the fire lacks
(fehlen) one necessary substance of the fire triangle and cannot burn any longer.
_____ any substance could be used to extinguish a fire as long as it does not
react as a fuel itself.

_____, fire needs the following three ingredients: oxygen, fuel and heat.
_____ one ingredient is taken away, _____ the fire will be extinguished. For example, if a
book is on fire and water poured (schütten) over the book, then the fire will extinguish _____
the water takes away the heat and oxygen, which are necessary for combustion (Verbrennung).

9. Connect the following three words in a short sentence.






a.) fire – water – heat

b.) candle – oxygen – beaker (Becherglas)

c.) blanket – oxygen – extinguisher

Nachtest






Fragebogen_B

Kreuze bitte immer nur <u>ein</u> Kästchen pro Zeile an!		stimmt gar nicht	stimmt eher nicht	teils teils	stimmt eher	stimmt genau
						
1	Das Thema <i>Verbrennung</i> hat mir Spaß gemacht.					
2	Ich habe mich auch in meiner Freizeit mit dem Thema beschäftigt.					
3	Die Arbeitsblätter haben mir gut gefallen.					
4	Ich würde mir wünschen, solche Arbeitsblätter auch für andere Themen zu bekommen.					
5	Ohne die Sprachhilfen hätte ich nichts verstanden.					
6	Ich wusste immer was wir tun sollen.					
7	Oft habe ich etwas verstanden, konnte es aber nicht auf Englisch ausdrücken.					
8	Die sprachliche Unterstützung hat mir geholfen, mich besser auf Englisch auszudrücken.					
9	Ich kann jetzt besser Erklärungen schreiben.					
10	Ich kann jetzt besser Versuchsprotokolle schreiben.					
11	Wenn ich mich besser ausdrücken könnte, wären meine Noten in Chemie auch besser.					
12	Ich habe keinen Unterschied zu den Unterrichtsstunden zuvor festgestellt.					
13	Sprachhilfen gehören nicht in den Chemieunterricht.					
14	Besonders gut gefallen hat mir an dem Thema:					
15	Besonders gut gefallen hat mir an den Arbeitsblättern:					
16	Ich gebe der gesamten Unterrichtsreihe über das Thema <i>Verbrennung</i> die Note:					

Nachttest

Fragebogen_FI





Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
					
1 Ich mag Chemie.					
2 Es macht mir Spaß, mich mit Chemie zu beschäftigen.					
3 Chemie ist mir gleichgültig.					
4 Ich mag es, in Chemie etwas zu lernen.					
5 Ich mag Chemie vor allem wegen der interessanten Themen.					
6 Es ist für mich persönlich sehr wichtig, in Chemie etwas zu lernen.					
7 Chemie hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
8 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Chemie meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					
9 Ich mag Englisch.					
10 Es macht mir Spaß, mich mit Englisch zu beschäftigen.					
11 Englisch ist mir gleichgültig.					
12 Ich mag es, in Englisch etwas zu lernen.					
13 Ich mag Englisch vor allem wegen der interessanten Themen.					
14 Es ist mir persönlich sehr wichtig, in Englisch etwas zu lernen.					
15 Englisch hilft mir, mich als Person weiter zu entwickeln.					
16 Ich glaube, dass die Beschäftigung mit Englisch meine Persönlichkeit positiv beeinflusst.					

Nachttest

Fragebogen_S_SR

Lese die folgenden Aussagen gründlich durch und entscheide, wie sehr sie auf dich zutreffen. Es gibt dabei keine richtigen oder falschen Antworten. Kreuze bitte immer nur ein Kästchen pro Zeile an!

	trifft nicht zu 	trifft kaum zu 	trifft eher zu 	trifft genau zu 
1 Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrengte.				
2 Es fällt mir leicht, neuen Unterrichtsstoff zu verstehen.				
3 Wenn ich eine schwierige Aufgabe an der Tafel lösen soll, glaube ich, dass ich das schaffen werde.				
4 Selbst wenn ich mal längere Zeit krank sein sollte, kann ich immer noch gute Leistungen erzielen.				
5 Wenn der Lehrer / die Lehrerin das Tempo noch mehr anzieht, werde ich die geforderten Leistungen kaum noch schaffen können.				
6 Auch wenn der Lehrer / die Lehrerin an meinen Fähigkeiten zweifelt, bin ich mir sicher, dass ich gute Leistungen erzielen kann.				
7 Ich bin mir sicher, dass ich auch dann noch meine gewünschten Leistungen erreichen kann, wenn ich mal eine schlechte Note bekommen habe.				
8 Ich kann mich lange Zeit auf eine Sache konzentrieren, wenn es nötig ist.				
9 Wenn ich von einer Sache abgelenkt werde, komme ich schnell wieder zum Thema zurück				
10 Wenn bei einer Tätigkeit eine sachliche Haltung nötig ist, kann ich meine Gefühle unter Kontrolle bringen.				
11 Wenn ich bei einer Tätigkeit zu aufgereggt werde, kann ich mich so beruhigen, dass ich bald wieder weitermachen kann.				
12 Wenn störende Gedanken auftreten, kann ich sie nur schwer von mir wegschieben.				
13 Ich kann es verhindern, dass die Gedanken ständig von meiner Aufgabe abschweifen.				
14 Wenn ich Sorgen habe, kann ich mich nicht auf eine Tätigkeit konzentrieren.				
15 Nach einer Unterbrechung finde ich problemlos zu einer konzentrierten Arbeitsweise zurück.				
16 Alle möglichen Gedanken oder Gefühle lassen mir einfach keine Ruhe zum Arbeiten.				
17 Ich behalte mein Ziel im Auge und lasse mich nicht vom Weg abbringen.				

Erklärungen gemäß § 6 der Promotionsordnung

Hiermit erkläre ich,

dass ich im Fach

keine Prüfung an einer Universität oder einer gleichgestellten Hochschule in Deutschland endgültig nicht bestanden habe und mich nicht an einer Universität oder an einer gleichgestellten Hochschule in Deutschland in einem Prüfungsverfahren befinde.

Hiermit erkläre ich, dass die Dissertation selbständig, ohne fremde Hilfe und mit keinen anderen als den darin angegebenen Hilfsmitteln angefertigt wurde, dass die wörtlichen oder dem Inhalt nach aus fremden Arbeiten entnommenen Stellen, Zeichnungen, Skizzen, bildlichen Darstellungen und dergleichen als solche genau kenntlich gemacht sind.

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit noch nicht in gleicher oder anderer Form an irgendeiner Stelle als Prüfungsleistung vorgelegt worden ist.

Datum:

.....

Unterschrift

Curriculum Vitae

Teresa Connolly



Persönliche Daten

Geburtsdatum 08.04.1988

Geburtsort Mainz

Ausbildung

Seit August 2018 Studienreferendarin f. d. Lehramt an Gymnasien
Staatliches Studienseminar Bad Kreuznach

Seit August 2015 Promotion (Englisch Fachdidaktik)
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

April 2013 – März 2015 Master of Education (Chemie und Englisch)
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Oktober 2008 – September 2013 Bachelor of Education (Chemie und Englisch)
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

September 1998 – März 2007 Gymnasium an der Stadtmauer, Bad Kreuznach

September 1994 – August 1998 Grundschule, Guldental