

Naturwissenschaftliches Experimentieren im Förderschwerpunkt geistige
Entwicklung

Eine Design-Based Research-Studie zur Ermittlung von Gestaltungskriterien für
adressatengerechte Experimentiermaterialien sowie zur Erfassung der experimentellen
Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern

von

Lara-Sophie Klein

aus Neuwied

Angenommene Dissertation zur
Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften
Universität Koblenz-Landau

Berichtersteller:

Prof. Dr. Björn Risch, Universität Koblenz-Landau

Prof. Dr. Markus Scholz, PH Ludwigsburg

Tag der Disputation: 23.08.2022

Zusammenfassung

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sind die für das Unterrichtsfach Sachunterricht benannten drei zentralen Probleme ebenfalls zutreffend: schlechte Materialausstattung, fachfremd unterrichtende Lehrkräfte und ausfallender Sachunterricht. Auch der Bereich der Diagnostik zeigt sich als Herausforderung (Blaseio, 2014, S. 29–31; Blaseio & Westphal, 2019, S. 505). Es braucht geeignete Materialien, damit auch fachfremde Lehrkräfte einen angemessenen naturwissenschaftlichen Unterricht in einer Klasse mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung halten können. Dazu zählen auch Lernmaterialien zur Durchführung von Experimenten. Denn die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens gilt als zentral für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn (Koenen, 2014). Im Bereich der Diagnostik ließe sich zwar beim Experimentieren beispielsweise die experimentelle Kompetenz der Schülerinnen und Schüler erfassen, allerdings gibt es keine geeigneten Instrumente, mit denen sich die prozessbezogenen experimentellen Fähigkeiten ohne inhaltlichen Bezug feststellen lassen (Bauer, Reinhold & Sacher, 2018). Zudem handelt es sich meist um Paper-Pencil-Tests, die für die meisten Schülerinnen und Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ungeeignet sind (Theyßen, Schecker, Neumann, Eickhorst & Dickmann, 2016). Diesem Desiderat des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung nimmt sich die vorliegende Studie an.

Das Ziel der Forschung besteht darin, Materialien zu entwickeln, mit denen Schülerinnen und Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung an die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens herangeführt werden können. Dafür werden zu Beginn Experimente konzipiert und in verschiedenen Phasen erprobt. Aus den Evaluationen werden allgemeine Gestaltungskriterien für die Erstellung von Experimenten und Lernmaterialien speziell für diesen Förderbereich abgeleitet. Der zweite Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Betreuung von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung über ein Schuljahr. In dieser Zeit sollen die Schülerinnen und Schüler den Forscherkreislauf kennen und nach ihren individuellen Möglichkeiten verstehen lernen. Zudem wird versucht, die Schülerinnen und Schüler vom kochrezeptartigen Durchführen der Experimente loszulösen. Das Ziel ist nicht, dass sich die Schülerinnen und Schüler ein gesamtes Experiment mit all seinen Phasen eigenständig erarbeiten können, sondern dass sie den Ablauf eines Experiments bestmöglich verstehen und sich in den einzelnen Phasen individuell entwickeln. In jeder Experimentierstunde werden die Schülerinnen und Schüler mit einem eigens, in Anlehnung an die Offenheitsgrade nach Baur, Ehrenfeld, Emden, Hummel und Krieg (2017a), entwickelten Beobachtungsbogen von den Lehrerinnen und Lehrern sowie Pädagogischen Fachkräften beobachtet. Mithilfe dieses Beobachtungsbogens wird die Entwicklung ihrer experimentellen Kompetenz dokumentiert.

Danksagung

Von Herzen möchte ich mich bei den Personen bedanken, die mich im Laufe meiner Forschungsarbeit begleitet und unterstützt haben.

Mein Dank geht an meinen Erstbetreuer Herrn Prof. Dr. Björn Risch für die Betreuung und Begutachtung der Arbeit. Du warst immer ansprechbar, hast mir mit inhaltlichen und organisatorischen Ratschlägen zur Seite gestanden und konstruktive Diskussionen geführt. Vielen Dank für die gemeinsame Zeit und für alles, was ich von dir lernen durfte.

Mein Dank geht auch an meinen Zweitbetreuer Herrn Prof. Dr. Markus Scholz für die konstruktiven Rückmeldungen und die Übernahme des Zweitgutachtens.

Ein weiterer Dank geht an die Arbeitsgruppe Chemiedidaktik. Danke euch für die lehrreiche und wertvolle Zeit. Es war stets eine gute Stimmung und ich konnte mich auf eure hilfreichen Rückmeldungen verlassen. Auch den wissenschaftlichen Hilfskräften möchte ich für die Unterstützung bei den zahlreichen Laminier- und Transkriptionsarbeiten sowie der Mitarbeit an einzelnen Analysen danken. Ein besonderer Dank geht an Jasmin Hirtl, die nach meinen Vorstellungen die Zeichnungen für die Experimentieranleitungen angefertigt hat.

Vielen Dank an Carolin Dohms, Katharina Köppen und Janina Klein, die sich bereit erklärt haben, diese Arbeit Korrektur zu lesen.

Weiterhin danke ich der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die finanzielle Unterstützung durch das Projekt BNEx, in dessen Rahmen die Lernstationen größtenteils entwickelt wurden.

Ein riesengroßes Dankeschön geht an die Landesschule für Blinde und Sehbehinderte in Neuwied, an der die meisten Erhebungen stattgefunden haben. Trotz der schwierigen Covid-19-Lage habt ihr es möglich gemacht, dass ich die Studie durchführen konnte. Ein besonderes Dankeschön geht an Carolin Dohms und Ursula Heinz-Zirbes mit ihren beiden Klassenteams, in deren Klassen ich über ein gesamtes Schuljahr die naturwissenschaftlichen Experimente gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern durchführen durfte. In der ganzen Zeit habt ihr mich sehr unterstützt und mir immer neue Wege eröffnet, damit der Unterricht stattfinden kann. Nicht nur bei den Lehrerinnen, Lehrern und Pädagogischen Fachkräften, sondern auch bei den Schülerinnen und Schülern möchte ich mich für die tolle Mitarbeit, das Interesse und die vielen schönen gemeinsamen Stunden bedanken.

Ein weiteres herzliches Dankeschön geht an meine Eltern, meine Schwester, meinen Partner und meine Freunde. Über die gesamte Zeit konnte ich mich auf euch verlassen. Ihr habt mir den Rücken gestärkt, mir Mut gemacht, mich die Arbeit mal kurz vergessen lassen und mich auf verschiedensten Wegen unterstützt.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Studie die gewohnte maskuline Sprachform bei personenbezogenen Substantiven und Pronomen verwendet. Dies soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein und keine Benachteiligung der anderen Geschlechter implizieren.

Die Namen der Lehrer, Pädagogischen Fachkräfte und Schüler sind anonymisiert.

Inhaltsverzeichnis

A	Ausgangslage und Problemstellung.....	1
B	Theoretischer Bezugsrahmen	5
1	Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Begriffsbestimmung	5
2	Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	13
2.1	Begriffsdefinition Experiment	15
2.2	Kompetenzmodelle und Experimentierprozess.....	19
2.3	Anforderungen und Kriterien an Experimente	30
2.4	Instrumente zur Messung experimenteller Kompetenz	43
3	Gestaltung von Lernmaterialien für das naturwissenschaftliche Experimentieren	49
3.1	Verschiedene Aneignungswege	52
3.2	Sprachliche Gestaltung	58
3.3	Visuelle Gestaltung	66
3.4	Kognitive Gestaltung	69
4	Zusammenführung: Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und naturwissenschaftliches Experimentieren	77
4.1	Gestaltung der Lernumgebung für das naturwissenschaftliche Experimentieren von Schülern im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung	77
4.2	Stand der Forschung zum Experimentieren von förderpunktspezifischen und inklusiven Lerngruppen	87
C	Methodisches Vorgehen	97
5	Methodischer Bezugsrahmen.....	97
5.1	Design-Based Research-Ansatz (DBR).....	97
5.2	Methoden der Datenerhebung.....	100
5.3	Methoden der Datenauswertung	105
5.4	Gütekriterien und Methodenkritik.....	108
5.5	Design der Studie.....	111
5.5.1	Ablaufmodell	111
5.5.2	Ablauf der Framing-Phase	114
5.5.3	Forschungsfragen und Leitfragen	118
5.5.4	Ablauf des Design-Experiments und Datenüberblick.....	120
6	Design-Experiment.....	125
6.1	Entwicklung der Lernmaterialien und Erprobung der Praxistauglichkeit (Mesozyklus 1)	126
6.1.1	Analyse und Vorbereitung.....	126
6.1.2	Konstruktion und Durchführung.....	127
6.1.3	Evaluation und Reflexion	133
6.2	Überarbeitung der Lernmaterialien in der Differenzierungsform Vereinfachte Sprache (Mesozyklus 2 und 3)	144
6.2.1	Analyse und Vorbereitung.....	144

6.2.2	Konstruktion und Durchführung.....	145
6.2.3	Evaluation und Reflexion	147
6.3	Überarbeitung der Lernmaterialien in der Differenzierungsform Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf (Mesozyklus 4 und 5)	159
6.3.1	Analyse und Vorbereitung.....	159
6.3.2	Konstruktion und Durchführung.....	161
6.3.3	Evaluation und Reflexion	163
6.4	Entwicklung des Erhebungsinstruments – Beobachtungsbogen (Mesozyklus 6) .	174
6.4.1	Analyse und Vorbereitung.....	174
6.4.2	Konstruktion und Durchführung.....	176
6.4.3	Evaluation und Reflexion	179
6.5	Entwicklung der experimentellen Kompetenz und eines Verständnisses des Forscherkreislaufs in Bezug auf die einzelnen Teilkompetenzen aller Schüler (Mesozyklus 7)	187
6.5.1	Analyse und Vorbereitung.....	187
6.5.2	Konstruktion und Durchführung.....	189
6.5.3	Evaluation und Reflexion	199
6.6	Fallbeschreibungen (Mesozyklus 8)	217
6.6.1	Analyse und Vorbereitung.....	218
6.6.2	Konstruktion und Durchführung.....	219
6.6.3	Evaluation und Reflexion	220
6.6.3.1	Ergebnisse der Klasse 8	223
6.6.3.2	Fallbeschreibung von Dirk.....	225
6.6.3.3	Fallbeschreibung von Sina	234
6.6.3.4	Fallbeschreibung von Tom.....	243
6.6.3.5	Fallbeschreibung von Viktor	248
6.6.3.6	Fallbeschreibung von Wolfgang	257
6.6.3.7	Ergebnisse der Klasse 8-9.....	266
6.6.3.8	Fallbeschreibung von Gabriel.....	268
6.6.3.9	Fallbeschreibung von Jan	277
6.6.3.10	Fallbeschreibung von Nina.....	286
6.6.3.11	Fallbeschreibung von Sven.....	294
6.6.3.12	Reflexion.....	301
6.7	Kriterien für die Gestaltung von Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten (Mesozyklus 9)	303
6.7.1	Analyse und Vorbereitung.....	303
6.7.2	Konstruktion und Durchführung.....	304
6.7.3	Evaluation und Reflexion	304
D	Re-Framing.....	317
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	317
E	Verzeichnisse.....	327
8	Literaturverzeichnis	327
9	Abkürzungsverzeichnis	367
10	Abbildungsverzeichnis	369
11	Animationsverzeichnis	375
12	Tabellenverzeichnis	377
Anhang.	381

A Ausgangslage und Problemstellung

Eine exemplarische Studie aus Hessen zeigt, dass an Förderschulen nur selten Chemieunterricht stattfindet (Wagner & Bader 2005, S. 206). In 27 % der Förderschulen gibt es sogar keinen Chemieunterricht. Zudem wird der Chemieunterricht in Förderschulen überwiegend von fachfremden Lehrern gehalten (Bolte & Behrens, 2004, S. 319; Yahya & Bader, 2008, S. 171). Auch ein eigens entwickelter Fragebogen, der sich an Förderschullehrkräfte im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung richtet, zeigt, dass selbst im Jahr 2020 in der Schule kaum naturwissenschaftliche Experimente durchgeführt werden. Der Hauptgrund dafür sind fehlende adressatengerechte Materialien (Klein, Scholz & Risch, 2022). Zur Unterstützung der Lehrkräfte bedarf es daher Konzepte für den Chemieunterricht in Förderschulen.

Im Zuge der Diskussion rund um das Thema Inklusion werden verstärkt Studien zum Unterricht von Schülern mit Behinderung und Schülern ohne Behinderung angefertigt, auch in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht. Damit wird dem Auftrag im Rahmen der Novellierung des Schulgesetzes vom 1. August 2013 nachgekommen. Das Gesetz verpflichtet die Schulen zu einem inklusiven schulischen System, „das gemeinsamen Unterricht von behinderten und nicht behinderten Schülerinnen und Schülern ermöglicht“ (Noky-Weber, 2018). Bei genauerer Betrachtung beschränken sich die meisten Studien auf die Förderschwerpunkte Lernen, Sprache sowie emotionale und soziale Entwicklung. Dabei gleicht der Anteil an Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung mit etwa 17 % dem Anteil der Schüler mit dem Förderschwerpunkt emotionale und soziale Entwicklung ([KMK], 2020b, XV). Außerdem haben alle Schüler das Recht auf Bildung und sollten eine naturwissenschaftliche Grundbildung erfahren (Langermann, 2006, S. 6; Sommer & Pfeifer, 2018b, S. 139).

Die derzeitig vorliegenden Forschungsergebnisse reichen nicht aus, um Lernumgebungen im Chemieunterricht für die Teilhabe aller Schüler mit ihren individuellen Bedürfnissen zu entwickeln (Adesokan, 2015). Gerade für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung fehlen noch Forschungsergebnisse. Es lassen sich von der Verfasserin kaum geeignete Praxisbeispiele und Untersuchungen finden, die sich mit einem naturwissenschaftlichen Unterricht von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung befassen. Aus diesem Grund nimmt die vorliegende Studie speziell diese Schülerschaft in den Blick. Dazu sind spezifische Unterstützungsbedarfe von Lernenden mit dem Förderbedarf geistige Entwicklung im Unterricht zu identifizieren und geeignete Lernmaterialien zu erstellen.

Ziel dieser Studie ist es, Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung an die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens heranzuführen. Dafür müssen

zunächst Lernstationen, die sich aus einem Experiment und den zugehörigen Lernmaterialien zusammensetzen, für die Schülerschaft konzipiert und erprobt werden. Um auch Schüler mit diesem Förderschwerpunkt an nachhaltigkeitsrelevanten Bildungsangeboten partizipieren zu lassen, bilden die Sustainable Development Goals (SDGs) den inhaltlichen Kontext der Experimente (Vierbuchen & Rieckmann, 2020). Auf der Grundlage der Sustainable Development Goals (SDGs) ist der Nationale Aktionsplan BNE entwickelt ([Nationale Plattform BNE/BMBF], 2017). Darin kommt dem SDG4 eine besondere Bedeutung zu: „Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern“. Die Inhalte der Experimente beziehen sich auf die Sustainable Development Goals 6, 14 und 15 (6: „Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“, 14: „Leben unter Wasser“, 15: „Leben an Land“). Im Anschluss an die Konzeption der naturwissenschaftlichen Experimente liegt der Fokus auf der Durchführung der Experimente mit zwei Klassen im Laufe eines Schuljahres. In diesem Zeitraum werden die Schüler mithilfe eines eigens erstellten Beobachtungsbogens zur experimentellen Kompetenz beim Experimentieren von den Lehrkräften beobachtet. Zusätzlich wird in regelmäßigen Abständen ihr Wissen über die Experimentierphasen erhoben. So lässt sich die Entwicklung der experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung über ein Schuljahr erfassen.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in acht weitere Kapitel, die drei Bereichen zugeordnet werden. Der erste Bereich umfasst den theoretischen Bezugsrahmen dieser Studie (Kapitel B). Dort richtet sich der Blick auf die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (Kapitel 1) und das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht (Kapitel 2). Zum Durchführen der Experimente sind nicht nur spezielle Anforderungen bei deren Auswahl zu beachten, sondern auch geeignete Lernmaterialien bereitzustellen. Diese Lernmaterialien können auf der Grundlage des UDL-Prinzips und weiterer Gestaltungsmerkmale erstellt werden (Kapitel 3). Neben der Gestaltung der Lernmaterialien gibt es weitere Faktoren, die Einfluss auf die Wirkungsweise von Unterricht nehmen können und daher einzeln betrachtet werden (Kapitel 4). Im gleichen Kapitel ist ein grober Überblick über bereits bestehende Studien auf diesem Gebiet gegeben. Obwohl vereinzelt Konzeptionen und Lernmaterialien für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung existieren, erfolgt kaum eine weiterführende Systematisierung, Erprobung oder empirische Evaluation. Die fehlende Forschung dazu bildet also ein bestehendes Desiderat. Insbesondere mit Blick auf Lernmaterialien zu BNE-Themen sind zwar ebenfalls einige wenige Materialien für den inklusiven Unterricht entworfen, allerdings ist die Auswahl für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sehr unbefriedigend (Westphal, 2019). Die Arbeit verfolgt daher die übergeordneten Fragestellungen:

- 1) *Wie müssen Lernmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestaltet sein, um ihnen die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente zu ermöglichen?*
- 2) *Ermöglichen die Lernmaterialien bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung einen Aufbau und die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenz?*

Der nächste Bereich widmet sich dem methodischen Vorgehen (Kapitel C). Zunächst wird der methodische Bezugsrahmen mit dem Design-Based Research-Ansatz, den Erhebungsmethoden, Auswertungsmethoden, Gütekriterien und dem Design der Studie gegeben (Kapitel 5). Bei dem Design der Studie wird der gesamte Ablauf dieser Untersuchung inklusive Framing-Phase und Überblick des gesamten Design-Experiments dargestellt. An dieser Stelle werden zudem alle Fragstellungen und Zielsetzungen genannt. Das anschließende Kapitel des Design-Experiments unterteilt sich in die einzelnen Zyklen (Kapitel 6). Zunächst werden die Lernstationen mit ihren Lernmaterialien und Experimenten konzipiert und mit verschiedenen Expertengruppen evaluiert (Kapitel 6.1 bis 6.3). Um die zweite Forschungsfrage beantworten zu können, wird ein Erhebungsinstrument in Form eines Beobachtungsbogens erstellt (Kapitel 6.4). Mithilfe des auf Grundlage der Offenheitsgrade von Baur et al. (2017a) entwickelten Beobachtungsbogens lässt sich die experimentelle Kompetenz als Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung erfassen. Damit sind das Verständnis und die Fähigkeit zur Durchführung eigenständiger naturwissenschaftlicher Experimente gemeint. Über ein Schuljahr können die Schüler auf Basis dieses Beobachtungsbogens hinsichtlich ihrer experimentellen Kompetenz beobachtet werden. Neben der Entwicklung der experimentellen Kompetenz werden auch das Verständnis des Forscherkreislaufs, die Erinnerungsfähigkeit an die Ergebnisse der Experimente und die Motivation der Schüler erhoben. Einerseits wird eine schülerübergreifende Auswertung vorgenommen (Kapitel 6.5), andererseits eine individuelle Betrachtung der einzelnen Schüler in Form von Fallbeschreibungen vorgestellt (Kapitel 6.6). Abschließend wird aus den Erfahrungen aller Zyklen ein Kriterien-Katalog entwickelt, den Lehrkräfte zur Erstellung eigener Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten heranziehen können (Kapitel 6.7). Der letzte Bereich beinhaltet das Re-Framing, bei dem ein Rückblick auf das gesamte Projekt gezogen wird (Kapitel D). Zunächst findet eine Reflexion der Studie statt. Darauf aufbauend wird eine allgemeine Zusammenfassung mit Blick auf die übergeordneten Fragestellungen und Zielsetzung vorgenommen sowie ein Ausblick auf in dieser Studie entstandene Forschungsdesiderate gegeben.

B Theoretischer Bezugsrahmen

1 Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Begriffsbestimmung

In dieser Forschungsarbeit liegt der Fokus auf dem naturwissenschaftlichen Experimentieren von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Aus diesem Grund muss zunächst die Schülergruppe definiert werden. Um die Schülerschaft einordnen zu können beginnt das Kapitel mit einer allgemeinen Definition von Behinderung und richtet dann den Blick auf die verschiedenen Förderschwerpunkte sowie vertiefend auf den konkreten Förderschwerpunkt geistige Entwicklung.

In anfänglichen Klassifikationen sieht die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine Behinderung ausgehend von einer Krankheit und der Person selbst. Die Gleichsetzung der Behinderung mit Krankheit und die Definition der Behinderung als Defizit geraten zunehmend in die Kritik (Dederich, 2016). Infolgedessen entsteht ein Modell, welches das medizinische Modell um eine soziale Komponente ergänzt, das sogenannte ICF-Modell (International Classification of Functioning, Disability and Health, deutsch: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit). Das in Abbildung 1 dargestellte ICF-Modell bezieht die Wechselwirkung zwischen Gesundheitsproblem und den personalen und sozialen Kontextfaktoren in die Entstehung von Behinderung ein ([DIMDI], 2005). Nach Klauß (2011) entsteht nach der ICF eine Behinderung, wenn sich aus der Beziehung eines Individuums, dessen Schädigung und aus den Kontextfaktoren, eine Einschränkung in Aktivität und Partizipation ergibt. Auch die UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) definiert Behinderung mit einer Verbindung zur gesellschaftlichen Teilhabe.

Zu den Menschen mit Behinderung zählen Menschen, die langfristige körperliche, seelische, geistige oder Sinnesbeeinträchtigungen haben, welche sie in Wechselwirkung mit verschiedenen Barrieren an der vollen, wirksamen und gleichberechtigten Teilhabe an der Gesellschaft hindern können (Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen, 2017, Artikel 1).



Abbildung 1: Wechselwirkungen zwischen den Komponenten der ICF ([DIMDI], 2005, S. 23)

Um den Menschen mit Behinderung die Teilhabe an der Gesellschaft zu erleichtern, wird im Schulkontext von sonderpädagogischem Förderbedarf gesprochen. Darunter versteht sich die Förderung eines Individuums in seiner Entwicklung und die benötigte Unterstützung in den eigenen Handlungsmöglichkeiten in Lern- und Lebensgemeinschaften (Schuck, 2016).

Schüler mit Förderbedarf

Häufig wird allgemein von Schülern mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gesprochen. Die Schülerschaft mit sonderpädagogischem Förderbedarf ist aber keineswegs eine homogene Gruppe, sondern unterteilt sich in sieben Förderschwerpunkte: Lernen, Sprache, emotionale und soziale Entwicklung, körperliche und motorische Entwicklung, geistige Entwicklung, Hören sowie Sehen ([KMK], 2020b, XIII). Die prozentuale Verteilung der Förderschwerpunkte zeigt Abbildung 2.

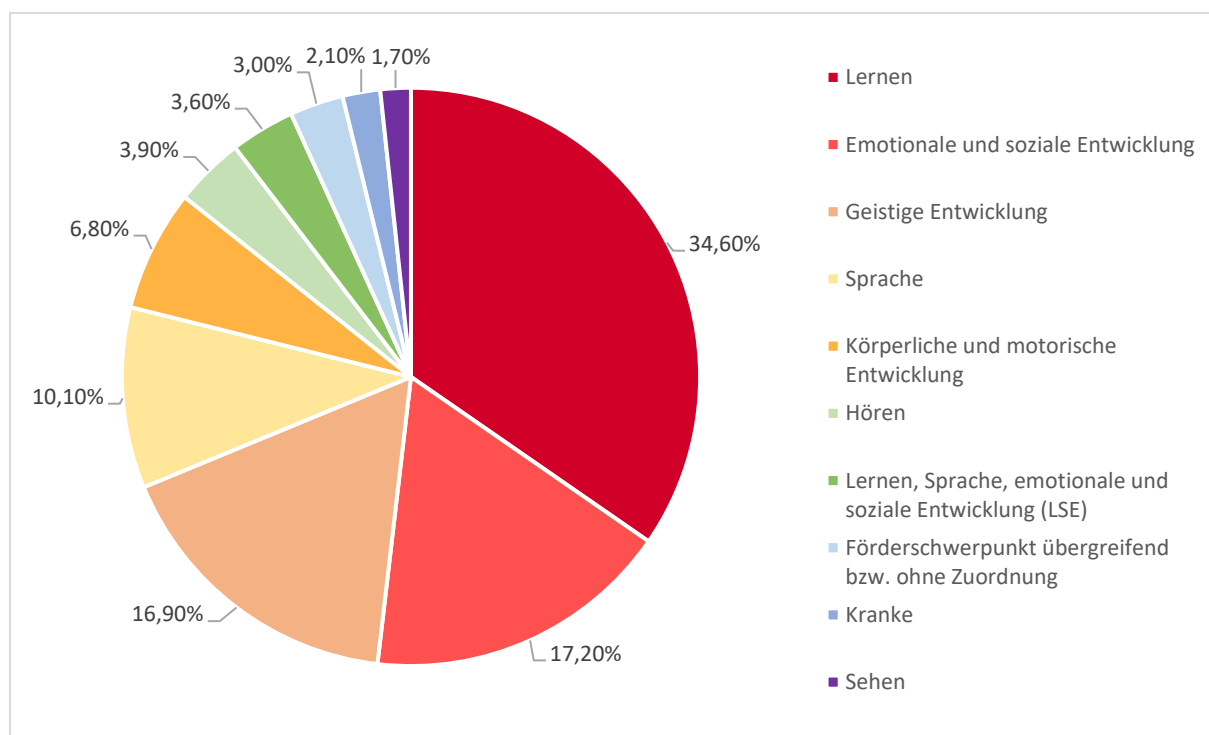


Abbildung 2: Sonderpädagogisch geförderte Schüler an Schulen – Verteilung nach Förderschwerpunkten (in Anlehnung an [KMK], 2020b, XV)

Auch die Personengruppen der einzelnen Förderschwerpunkte sind sehr heterogen, trotzdem lassen sich allgemeine Tendenzen und Merkmale beschreiben. Die Förderschwerpunkte der Schüler, mit denen in dieser Studie gearbeitet wird, sind nachfolgend kurz skizziert ([KMK], 1994; [KMK], 2020b; Daut, Lelgemann & Walter-Klose 2016; Reiners & Adesokan, 2018; Stinkes, 2016; Walthes, 2016; Wember & Heimlich, 2016):

Schüler mit dem **Förderschwerpunkt Lernen** zeigen häufig Schwierigkeiten in der Merkfähigkeit, Ausdrucksfähigkeit, Motorik und Aufmerksamkeit. Ferner weisen sie ein vermindertes Lerntempo auf. Dafür werden verschiedene Ursachen angegeben, die meist in geringerer Ausprägung vorliegen: Basisfähigkeiten, Vorwissen, begriffliche Schemata, Verfügbarkeit metakognitiver Strategien und Motivation. Aus diesem Grund sollten im Unterricht, als Voraussetzung für das Lernen, anregende Erfahrungsräume bereitgestellt werden. Weiterhin ist auf die Prinzipien der Strukturierung, der Handlungsorientierung, des Lernens mit konkreten Anschauungsmaterialien und allen Sinnen sowie vielfältiges Üben zu achten. Eine Beeinträchtigung des Lernens erfolgt also nicht, wie häufig erlebt, alleine durch die individuellen Voraussetzungen der Schüler, sondern durch eine mangelnde Passung der individuellen Voraussetzungen mit schulischen Leistungserwartungen und Lernangeboten.

Schüler mit dem **Förderschwerpunkt Sehen** haben aufgrund einer Schädigung des visuellen Systems unterschiedliche Ausprägungen und Arten von Sehschädigungen. Daher benötigen sie Unterstützung in der Sehfähigkeit, Orientierungsfähigkeit, Mobilität, Kommunikation und der Bewältigung lebenspraktischer Fähigkeiten. Als Hilfsmittel kommen häufig Brillen, Lupen und Bildschirmlesegeräte zum Einsatz.

Schüler mit dem **Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung** haben häufig Einschränkungen in der Bewegungsfähigkeit und Körperkontrolle infolge einer Schädigung des Bewegungs- und Stützapparates, einer organischen Schädigung oder einer chronischen Erkrankung. Hauptziel der Förderung ist die Ausweitung von Wahrnehmungs- und Erlebnisfähigkeiten und die Erweiterung der Selbstständigkeit, die mit dem Erkennen eigener Handlungsmöglichkeiten und der Verbesserung der motorischen und koordinativen Fähigkeiten erreicht werden kann. Verschiedene therapeutische Hilfsmittel zur möglichst selbstständigen Bewältigung des alltäglichen Lebens sind in den Unterricht einzubinden.

Schüler mit dem **Förderschwerpunkt geistige Entwicklung** haben durch biologisch und genetisch bedingte Faktoren eine veränderte geistige Entwicklung. Sie benötigen Unterstützung in allen Entwicklungsbereichen, besonders bei der Entwicklung von Kognition, Sprache, der motorischen und sozialen Fähigkeiten, der selbstständigen Lebensführung sowie der Entwicklung und Entfaltung ihrer Persönlichkeit. Im Unterricht sollte auf die Prinzipien der Lebensnähe, Anschaulichkeit und Elementarisierung sowie spezielle Lern- und Strukturierungshilfen für eine eigenständige aktive Lebensbewältigung geachtet werden.

Alle Beschreibungen haben gemeinsam, dass der sonderpädagogische Förderbedarf nicht alleine durch die organischen und individuellen Voraussetzungen, sondern durch deren Wechselwirkung mit umweltbezogenen Faktoren und der Schulgestaltung entsteht.

Geistige Entwicklung

Der Fokus der Studie liegt auf dem naturwissenschaftlichen Experimentieren von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Von den insgesamt 97.181 Schülern mit sonderpädagogischer Förderung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung besuchten im Schuljahr 2019/2020 86 % der Schüler Förderschulen und 14 % allgemeine Schulen ([KMK], 2021, S. 5). Derzeit werden Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung also eher selten an allgemeinen Schulen unterrichtet (Markowetz, 2019). In Rheinland-Pfalz, dem Bundesland der Studien-Erhebung, wird statt von dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung von dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung gesprochen (Ministerium für Bildung des Landes Rheinland-Pfalz, 2021). In dieser Studie wird der Begriff geistige Entwicklung wegen dessen Bekanntheit über alle Bundesländer hinweg verwendet, in Kooperation mit den Lehrkräften aus Rheinland-Pfalz wird der Begriff ganzheitliche Entwicklung gebraucht.

Die Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist sehr heterogen (Speck, 2016). Seit seiner Einführung verweist der Begriff *Förderschwerpunkt geistige Entwicklung* auf Schüler mit einer geistigen Behinderung (Biewer & Koenig, 2019). Heute wird in der Geistigbehindertenpädagogik davon ausgegangen, dass jeder geistigen Behinderung eine organische Schädigung zugrunde liegt (Dworschak & Ratz, 2014, S. 27). Aber nicht nur die organischen Schäden und deren Folgen zählen zur geistigen Behinderung. Auch die „Bewertung der eigenen Lebenssituation durch die Person selbst sowie die Ein- und Wertschätzung der Person durch die Familie und Umwelt“ (Fornefeld, 2016, S. 48) gehören zur Behinderung. Zudem ist die Teilhabe der Menschen mit geistiger Behinderung an der Gemeinschaft und deren Unterstützung ein Einflussfaktor auf die Behinderung (ebd., S.48). Es existiert keine einheitliche Definition von geistiger Behinderung. Schon der Begriff an sich ist umstritten, da er den Anschein erweckt, dass es sich ausschließlich um eine auf Intelligenzminderung zurückzuführende Beeinträchtigung handelt (Theunissen, 2021). Aus Ermangelung eines zufriedenstellenden Alternativbegriffs wird der Begriff der geistigen Behinderung bis heute noch als Umschreibung der Personengruppe verwendet (Haveman & Stöppler, 2014). Exemplarisch werden verschiedene Definitionen der geistigen Behinderung aufgelistet:

Geistige Behinderung ist ein Sammelbegriff für ein Phänomen mit oft lebenslangen, aber verschiedenen Äußerungsformen einer unterdurchschnittlichen Verarbeitung kognitiver Prozesse und Probleme mit der sozialen Adaption (Haveman & Stöppler, 2010, S. 22).

Unter „geistiger Behinderung“ lässt sich eine Erscheinungsform menschlicher Eigenart verstehen, bei der als Folge bio-organischer Schädigungen lebenslang ein erheblicher Rückstand der mentalen (geistigen oder intellektuellen) Entwicklung zu beobachten ist. Dieser wirkt sich verschiedenartig auf das Verhalten aus und manifestiert sich in einer erheblichen beeinträchtigten Lernfähigkeit, so dass eine spezialisierte pädagogische Förderung notwendig wird (Speck, 2016, S. 51).

*Intellectual disability is a disability characterized by significant limitations in both **intellectual functioning** and in **adaptive behavior**, which covers many everyday social and practical skills. This disability originates **before the age of 22** ([AAIDD], 2021, Hervorhebungen im Original).*

Nach der ICD-10 (International Statistic Classification of Diseases and Related Health Problems, deutsch: Internationale statistische Klassifikation von Krankheiten) liegt eine geistige Behinderung bei einer Intelligenzminderung vor. Diese Intelligenzminderung unterschreitet einen IQ-Wert von 70. Dabei wird zwischen vier verschiedenen Schweregraden der Intelligenzminderung unterschieden (siehe Tabelle 1). Auch nach dem DSM-IV (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, deutsch: Diagnostisches und Statistisches Handbuch Psychischer Störungen) ist die intellektuelle Beeinträchtigung in vier Schweregraden unterteilt. Die IQ-Werte von ICD-10 und DSM-IV sind ähnlich. Bei dem DSM-IV wird allerdings von leichter, mittelschwerer, schwerer und schwerster geistiger Behinderung gesprochen. Der Schweregrad der geistigen Behinderung wird neben der unterdurchschnittlichen intellektuellen Leistungsfähigkeit weiter definiert. Zum einen liegen gleichzeitige Defizite in mindestens zwei der Bereiche vor: Kommunikation, eigenständige Versorgung, häusliches Leben, soziale/zwischenmenschliche Fertigkeiten, Nutzung öffentlicher Einrichtungen, Selbstbestimmtheit, funktionale schulische Leistungen (Kulturtechniken), Arbeit, Freizeit, Gesundheit und Sicherheit. Zum anderen liegt der Beginn der Störung vor der Vollendung des 18. Lebensjahres (Saß, Wittchen, Zaudig & Houben, 2003, S. 73). Bei der Erneuerung zum DSM-V wird nicht mehr von geistiger Behinderung, sondern von intellektuellen Beeinträchtigungen oder Entwicklungsstörungen gesprochen (Falkai & Döpfner, 2015).

Tabelle 1: Intelligenzminderung nach ICD-10 (nach [DIMDI], 2019)

Codierung der ICD-10	Grad der Intelligenzminderung	IQ-Wert bei Erwachsenen Intelligenzalter (IA)
F 70	Leichte Intelligenzminderung	50-69 (IA von 9 bis unter 12 Jahren)
F 71	Mittelgradige Intelligenzminderung	35-49 (IA von 6 bis unter 9 Jahren)
F 72	Schwere Intelligenzminderung	20-34 (IA von 3 bis unter 6 Jahren)
F 73	Schwerste Intelligenzminderung	unter 20 (IA unter 3 Jahren)

Anhand der unterschiedlichen Schweregrade lässt sich ebenfalls die Vielfalt der Menschen mit einer geistigen Behinderung ablesen. Bei der Bewältigung von kognitiven Aufgaben sind somit geringe, mäßige bis große Probleme möglich (Stöppler, 2017). Auf der einen Seite liegt die Grenze zur Lernbehinderung, mit einer weitgehenden Selbstständigkeit im lebenspraktischen Bereich, auf der anderen Seite die Grenze zur Komplexen Behinderung (Haveman & Stöppler, 2014). Schüler mit einer Komplexen Behinderung werden nicht als eigenständige Gruppe gesehen, sondern meist der Gruppe der Menschen mit geistiger Behinderung zugeordnet. Zusätzlich zu einer geistigen Beeinträchtigung haben die Schüler weitere schwerwiegende Sinnesbeeinträchtigungen, Sprachbeeinträchtigungen oder körperliche Beeinträchtigungen (Mühl, 2000). Der Begriff der Komplexen Behinderung wird als solcher verwendet, da diese Bezeichnung als eine Schutzfunktion der Personengruppe dient (Fornefeld, 2009).

Alle neueren Definitionen der geistigen Behinderung haben neben dem komplexen Phänomen gemeinsam, dass nicht alleine die Schädigung, sondern das Zusammenspiel der Person mit der Umwelt eine Zuordnung in die Personengruppe ausmacht. Dieser Partizipationsbezug hat sich also, ebenso wie bei der Definition des übergeordneten Behinderungsbegriffs, durchgesetzt.

Der Schule kommt die Aufgabe zu, die Schüler auf das Leben vorzubereiten, indem sie ihnen vielfältige Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten vermittelt, die sie zur kulturellen und sozialen Teilhabe befähigen (Fornefeld, 2013). Unabhängig von Schweregrad und Umfang der Beeinträchtigung werden Schüler durch individuelle Hilfen der sonderpädagogischen Förderung unterstützt und begleitet ([KMK], 1998). Im Allgemeinen werden dabei verschiedene Entwicklungsbereiche betrachtet: Kognition, Motorik, Sprache/Kommunikation, Sozialverhalten, Wahrnehmung, Lern- und Arbeitsverhalten (u. a. Lelgemann, 2010). Auch bei der Diagnose und Feststellung des sonderpädagogischen Förderbedarfs sowie der Formulierung von Förderplänen wird diese Unterteilung herangezogen (Bergeest, Boenisch & Daut, 2015; Fleckenstein, Jankuhn, Meiering & Scholz, 2017; Heuer, 1997). Dabei wird immer davon ausgegangen, dass alle Entwicklungsbereiche von Beginn an miteinander vernetzt sind (Haupt, 2011). Darüber hinaus sollten grundsätzlich auch das soziale Umfeld und die biografischen Daten der Schüler berücksichtigt werden. Die Entwicklungsbereiche, inklusive des sozialen Umfelds, werden häufig als förderliche Ausgangsbedingungen für die Entwicklung und das Lernen gesehen (Fischer, 2008). Auch nach der KMK (1998) ist für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung diese Unterteilung als Grundsatz für eine Unterrichtsgestaltung zu beachten. Dort wird als weiterer Grundsatz die Handlungsorientierung genannt. Weiterhin sollten die verschiedenen Unterrichtsprinzipien umgesetzt werden: (Lehrziel-)Strukturierung, Individualisierung/Differenzierung, Aktivierung/Handlungsorientierung, Ganzheitlichkeit, Anschaulichkeit und Übertragung,

aktionsbegleitendes Sprechen, Rhythmisierung, Entwicklungsgemäßheit, soziale Lernmotivation (Häußler, 2015; Speck, 2016). So erfolgt durch verschiedene Anknüpfungspunkte ein Lernen der Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Auf einzelne Prinzipien wird genauer bei der Gestaltung der Lernmaterialien eingegangen (siehe Kapitel 3.4). Häufig werden zudem therapeutische Hilfsmittel als Unterstützung herangezogen, wie beispielsweise Rollstühle, Gehhilfen, Orthesen, Hörgeräte, Brillen oder Kommunikationshilfen (Haveman & Stöppler, 2014).

Es erfolgt verstärkt die Forderung nach Inklusion. Inklusion schließt dabei alle Schüler und alle Unterrichtsfächer ein. Somit muss sich auch im Bereich des Chemieunterrichts mit Vielfalt auseinandergesetzt sowie das Lehren und Lernen von Chemie an die Bedürfnisse aller Schüler angepasst werden (Reiners & Adesokan, 2018). Damit alle Schüler an einem inklusiven Chemieunterricht partizipieren können, bedarf es zunächst geeigneter Lernmaterialien. Bisher lassen sich kaum Studien finden, die sich mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung befassen. Doch erst wenn Lernmaterialien für die Schüler zur Verfügung stehen, können diese in inklusive Settings überführt werden. Der Fokus dieser Studie liegt daher auf der Erstellung von Experimenten und geeigneten Lernmaterialien zu diesen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Dazu richtet sich der Blick zunächst auf die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens und anschließend auf die Gestaltung der Lernmaterialien.

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

In Förderschulen werden Schüler mit verschiedenen Förderschwerpunkten unterrichtet. Die Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung wird in dieser Forschungsarbeit fokussiert in den Blick genommen, da für diese Schülergruppe wenige bis keine Lernmaterialien für das naturwissenschaftliche Experimentieren zur Verfügung stehen. Allerdings nehmen aufgrund der großen Heterogenität der Schülerschaft im Förderschwerpunkt nicht alle Schüler an der Studie teil. Die Forschungsarbeit wird unter Ausschluss der Schülergruppe mit komplexer Behinderung durchgeführt.

2 Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht ist ein zentrales Element dieser Studie. Zunächst wird der naturwissenschaftliche Unterricht im Allgemeinen betrachtet und das Experimentieren als naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise verortet. Die weiteren Unterkapitel konzentrieren sich auf verschiedene Aspekte des naturwissenschaftlichen Experimentierens. Eine Präzisierung des Begriffs Experiment und eine Begründung für dessen Auswahl gibt Kapitel 2.1. Nicht nur das Experiment selbst wird unterschiedlich definiert, sondern auch seine Phasen variieren je nach Autor. Einen Überblick verschiedener Kompetenzmodelle mit den einzelnen Experimentierphasen zeigt Kapitel 2.2 auf. Bei der Konzeption von Experimenten müssen zusätzlich zum Ablauf der jeweiligen Phasen weitere Kriterien erfüllt werden (siehe Kapitel 2.3). Abschließend werden verschiedene Instrumente vorgestellt, mit denen sich die experimentelle Kompetenz messen lässt, und begründet, weshalb von den vorhandenen Instrumenten im Rahmen dieser Studie keines anwendbar ist (siehe Kapitel 2.4).

Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen (Deutsches PISA Konsortium in Gräber & Nentwig, 2002, S. 13).

Das übergeordnete Ziel eines naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, die Schüler durch eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu einer Teilhabe an und Meinungsbildung zu der Technik und den naturwissenschaftlichen Aspekten der Welt zu befähigen. Zu dieser Grundbildung und als Voraussetzung zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen zählen nicht nur der Wissenserwerb, sondern auch Bereitschaft, Interesse und Selbstvertrauen der Schüler (Möller, Bohrmann, Hirschmann, Wilke & Wyssen, 2013). Bei den Konzeptionen von naturwissenschaftlicher Grundbildung unterscheiden Duit, Häußler und Prenzel (2014, S. 172) vier verschiedene naturwissenschaftliche Wissensbereiche:

- *Naturwissenschaftliche Begriffe und Prinzipien (Konzepte)*
- *Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und Denkweisen (Prozesse)*
- *Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften*
- *Vorstellungen und Einstellungen zur Relevanz der Naturwissenschaften in Gesellschaft und Technik.*

Der naturwissenschaftliche Unterricht im deutschen Raum hat bisher meist die Konzeptorientierung (naturwissenschaftliches, inhaltsbezogenes Wissen) fokussiert. Zusätzlich zu der konzeptuellen Komponente wird u. a. in der PISA 2006-Studie das Wissen über naturwissenschaftliche Methoden (prozessbezogenes Wissen, Wissen über die Naturwissenschaften) ebenfalls in den Blick genommen (Prenzel, Artelt, Baumert, Blum, Hammann, Klieme & Pekrun, 2007). Auf der Seite des inhaltsbezogenen Wissens erlangen Schüler naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fertigkeiten, die den Aufbau eines Verständnisses grundlegender naturwissenschaftlicher Konzepte, wie beispielsweise Nachhaltigkeit oder Reaktionsgeschwindigkeiten, beinhalten. Bei dem prozessbezogenen Wissen erlernen die Schüler die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen und ihre einzelnen Elemente anzuwenden und zu reflektieren (Möller et al., 2013; [OECD], 2002). Ein wesentliches Merkmal einer naturwissenschaftlichen Bildung ist die Verknüpfung des inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Wissens. Beide Wissensbereiche sind untrennbar miteinander verwoben (Ropohl & Emden, 2017). Im schulischen Kontext wird die naturwissenschaftliche Grundbildung auch als *Scientific Literacy* bezeichnet (Schiepe-Tiska, Rönnebeck, Schöps, Neumann, Schmidtner, Parchmann & Prenzel, 2016). Es geht also darum, den Schülern grundlegendes naturwissenschaftliches Faktenwissen und elementare Fertigkeiten zu vermitteln, um damit die naturwissenschaftlich geprägte Welt zu verstehen und zu erklären sowie an gesellschaftlichen Entscheidungen teilzunehmen (Duit et al., 2014). Abbildung 3 zeigt eine grafische Zusammenfassung der naturwissenschaftlichen Grundbildung mit dem Zusammenspiel seiner Komponenten.

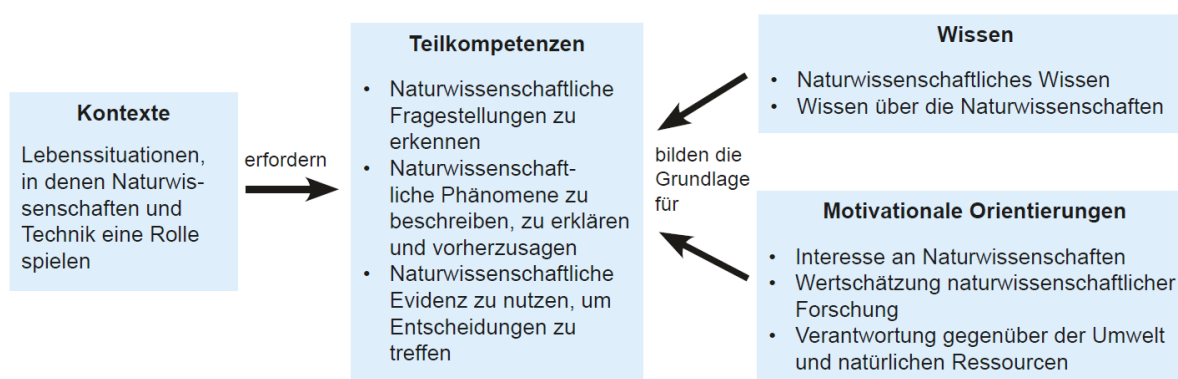


Abbildung 3: Die PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung (Schiepe-Tiska, Schöps, Rönnebeck, Köller & Prenzel, 2013, S. 193)

In dieser Arbeit wird der Fokus auf naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden, Denk- und Arbeitsweisen gelegt. Dieser Bereich wird auch als *Scientific Inquiry* bezeichnet (Labudde & Möller, 2012; Stiller, 2015; Wahser & Sumfleth, 2008). Das Betrachten von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen wird für ein fortschreitendes Lernen

innerhalb des Fachs als notwendige Voraussetzung gesehen (Prenzel & Parchmann, 2003). Eine Auflistung verschiedener Denk- und Arbeitsweisen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, zeigt die nachfolgende Tabelle 2.

Tabelle 2: *Scientific Inquiry / Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen*

Wissenschaftliches Untersuchen (Scientific Inquiry) (nach Mayer 2007, S. 178)	Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden (nach Bohrmann, 2017, S. 11f. in Anlehnung an NRC 2008; Eshach 2006; Bybee 1997)	Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (nach Steffensky, 2017, S. 16f.)
<ul style="list-style-type: none"> • naturwissenschaftliche Fragen/Hypothesen formulieren • Untersuchungen planen und durchführen • Daten auswerten, Mathematisierung • empirische Daten interpretieren • Beobachten, Untersuchen, Beschreiben, Vergleichen, Bestimmen, Experimentieren • Modelle zur Erkenntnisgewinnung nutzen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beobachten • Fragen stellen • Hypothesen formulieren • Entwicklung, Durchführung und Auswertung (kontrollierbarer) Experimente • sachgerechter Umgang mit Materialien, Untersuchungsobjekten und -anlagen • Messen • Modellieren • Aufzeichnen von Daten • Auswertung und Präsentation von Daten in geeigneter Form • kritische Bewertung von Ergebnissen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, Experimenten, Beobachtungen, theoretischen Modellen und Erklärungen sowie Interpretation anderer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler • Austausch mit anderen • Arbeit mit (wissenschaftlicher) Literatur oder anderen Informationsquellen • Aufstellen evidenzbasierter Erklärungsansätze 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragen stellen • Vermuten • Beobachten • Messen • Untersuchungen planen und durchführen • Vergleichen, Ordnen, Klassifizieren • Daten analysieren, interpretieren, schlussfolgern, generalisieren • Argumentieren • Modelle nutzen • Dokumentieren

Der Schwerpunkt im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen liegt in der vorliegenden Arbeit auf dem Experiment und der dazugehörigen Planung (inklusive Fragestellung und Hypothese), Durchführung, Beobachtung und Auswertung. Aus diesem Grund wird in den weiteren Unterkapiteln das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht genauer charakterisiert.

2.1 Begriffsdefinition Experiment

*Ein **Experiment** ist ein planmäßig ausgelöster und durchgeführter Vorgang zum Zweck der Beobachtung. Es soll eine Antwort auf eine gezielte Frage geben: Es ist letztlich eine ‚Frage an die Natur‘. Dabei müssen alle Parameter, die den Ablauf des Vorgangs*

*beeinflussen, kontrolliert werden können. Wichtig ist die **Genauigkeit der gewonnenen Ergebnisse** und die **Reproduzierbarkeit aller Effekte** (Pfeifer, 2002, 90, Hervorhebungen im Original).*

Es werden verschiedene naturwissenschaftliche Erkenntnisweisen im Unterricht unterschieden. Auch der Experimentierbegriff wird sowohl im Unterricht, als auch von verschiedenen Autoren unterschiedlich verstanden, von anderen Begrifflichkeiten abgegrenzt oder synonym zu ihnen verwendet. Für Lehrkräfte ist es wichtig zu wissen, welche unterschiedlichen Aktivitäten unter einem „Experiment“ gefasst werden und welche Lehr- und Lernziele diese Experimente unterstützen. Nachfolgend ist zunächst eine Auswahl der Begriffe aufgelistet, die anschließend für die letzten drei Unterscheidungen noch einmal exemplarisch erläutert werden:

- Beobachten/Messen/Untersuchen, Experimentieren, Modellieren/Mathematisieren, Ordnen/Vergleichen als die vier Grundformen des Erkundens (Nerdel, 2017)
- Beobachten und Messen, Vergleichen und Ordnen, Erkunden und Experimentieren, Vermuten und Prüfen, Diskutieren und Interpretieren, Modellieren und Mathematisieren, Recherchieren und Kommunizieren (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2007)
- Betrachten, Untersuchen, Beobachten, Experimentieren (Uhlig et al., 1962 nach Gropengießer, 2013a)
- Beobachten, Untersuchen, Experimentieren (Gropengießer, 2013b; Häußler, 2019)
- Beobachten, Vergleichen, Experimentieren (Mayer, 2013)
- Beobachten, Versuchen, Experimentieren (Barzel, Reinhoffer & Schrenk, 2012; Schulz, Wirtz & Starauschek, 2012)
- Versuch, Experiment (Schulz et al., 2012)
- Laborieren, Versuch durchführen, Experimentieren, Explorieren (Grygier & Hartinger, 2012)

Beobachten, Versuchen und Experimentieren

Die wichtigsten Methoden, um Merkmalszusammenhänge in der Wissenschaft, aber auch im Unterricht zu untersuchen, sind nach Schulz et al. (2012) Beobachten, Versuchen und Experimentieren. Diese drei Methoden unterscheiden sich in ihrer Komplexität. Von der Beobachtung hin zum Versuch bis zum Experimentieren kommen immer mehr charakteristische Merkmale hinzu. Als Basis der Unterscheidung werden die vier Kriterien Untersuchungsgegenstand (z. B. statisches Objekt, Zusammenhang), Untersuchungsziel (z. B. Entwicklung einer Fragestellung, Überprüfen einer Hypothese), bewusstes Eingreifen in

das Geschehen und Variablenkontrolle unterteilt (Barzel et al., 2012). Mit diesem Wissen können Lehrkräfte ihren Unterricht bewusst unterscheiden und ausrichten.

Versuch und Experiment

Häufig werden die Begriffe Versuch und Experiment synonym gebraucht, weshalb eine Präzisierung der beiden Bezeichnungen für eine Abgrenzung nötig ist. Wie im vorherigen Absatz wird zusätzlich eine Unterscheidung zur Beobachtung vorgenommen. Bei der Beobachtung wird ein Aspekt zielgerichtet betrachtet, um daraus mögliche Merkmalszusammenhänge herauszuarbeiten. Ein verlässlicher Nachweis zu kausalen Beziehungen kann dabei nicht getroffen werden. Ebenso wie bei der Beobachtung werden auch bei dem Versuch empirische Zusammenhänge festgestellt, allerdings wird dabei in die Strukturen oder Prozesse systematisch eingegriffen. Dem Experiment geht eine aus einem Wirkungsmodell oder einer Theorie abgeleitete Vermutung oder Hypothese voraus. Infolgedessen müssen differenzierbare Aspekte eines Phänomens als Variable zunächst identifiziert, anschließend operationalisiert und zum Schluss beobachtet bzw. gemessen werden. Der Übergang vom Versuch zum Experiment ist in der Regel fließend und unterscheidet sich hauptsächlich im Ausmaß der Variablenkontrolle (Schulz et al., 2012).

Laborieren, Versuch durchführen, Experimentieren, Explorieren

Grygier und Hartinger (2012) haben eine begriffliche Differenzierung von vier Stufen vorgenommen: Experimentieren, Versuch durchführen, Laborieren und Explorieren. Die nachfolgende Tabelle 3 gibt einen groben und vereinfacht dargestellten Überblick der Begrifflichkeiten in einer Vier-Felder-Tafel. Diese Unterscheidung sollte allerdings nur als Orientierung und nicht als festes System gesehen werden.

Tabelle 3: Begriffliche Differenzierung verschiedener Experimente (in Anlehnung an Grygier & Hartinger, 2012)

	Fragestellung vorhanden	Fragestellung nicht vorhanden
Vorgehensweise vorgegeben	Laborieren	Versuch durchführen
Vorgehensweise nicht vorgegeben	Experimentieren	Explorieren

Beim **Laborieren** steht zu Beginn eine Fragestellung, die im Normalfall durch ein Phänomen angeregt wird. Die Lehrperson gibt bei der Klärung der Frage eine Hilfestellung, indem sie einen geeigneten Versuch zeigt, mit dem sich die Fragestellung bearbeiten lässt. Zudem leitet sie die Datenmessung, Auswertung und Anwendung auf die Fragestellung an oder gibt sie vor. Im Zentrum des Laborierens steht also eine Fragestellung oder Hypothese, die vor der Handlungsanweisung gegeben wird, wobei sowohl Fragestellung als auch Vorgehensweise feststehen. Im Unterschied dazu sind beim **Versuch** zwar ebenfalls die Versuchsschritte

vorgegeben, allerdings entdecken die Schüler die Fragestellung selbstständig. Damit wird kein eigenständiges Problemlösen gefördert, sondern stattdessen werden die Schüler durch verblüffende Phänomene zur Entwicklung eigener Fragestellungen angeregt. So können sie eine allgemeine Struktur zum Ablauf der Versuchsschritte erlernen. Genau umgekehrt ist es beim **Experiment**. Zu Beginn steht eine Fragestellung und/oder Vermutung, die von den Schülern selbst hervorgerufen wird. Sie müssen sich überlegen, wie sie die Fragestellung beantworten können. Ausgehend von einer Fragestellung entwickeln sie ein eigenes Experiment, das durch einen allgemeinen Ablauf von der Lehrkraft strukturiert werden kann: Frage/Vermutung, Überlegen wie Frage beantwortet werden kann, Planung ausführen, Beobachten der Ergebnisse, Frage mithilfe der Ergebnisse beantworten. Beim **(freien) Explorieren** können die Schüler sich frei mit den Materialien und/oder Themen beschäftigen. Sie können Versuchsanleitungen nutzen oder ihre eigenen Ideen entwickeln. Es ist nicht nur möglich, Schüler durch das Explorieren zum Experimentieren anzuregen, sondern auch das Interesse und die Kreativität durch eigenständige Erfahrungen mit naturwissenschaftlichen Gegenständen zu fördern (Grygier & Hartinger, 2009).

Für Grundschüler wird als Ausgangspunkt meist das Explorieren vorgeschlagen. Darauf aufbauend kann entweder direkt experimentiert werden oder es wird zunächst ein Versuch durchgeführt, laboriert und anschließend experimentiert. Sobald die Schüler nach einer freien Erprobung, alleine oder gemeinsam mit der Lehrkraft, die Beobachtungen gezielt hinterfragen und untersuchen können, schließt sich an das Explorieren das Experimentieren an. Dieser „längere Weg“ bietet den Vorteil, dass die Lehrkraft bei Versuch und Laborieren viele Teiltätigkeiten mit den Schülern thematisieren und gezielt üben kann. Für beide Wege bringt der Übergang zum Experimentieren viele Herausforderungen für die Schüler mit (Windt, 2017). Peschel (2009b) hingegen wählt bei seinen Grundschullaboren ein anderes Vorgehen. Dort wird mit dem Durchführen angeleiteter Versuche gestartet, die über ein freies Explorieren hin zu einem Experimentieren führen, wobei es sich um ein möglichst offenes Experimentieren handeln sollte. Weitere Literatur legt sich weniger auf einen bestimmten Ablauf der verschiedenen Differenzierungsmöglichkeiten fest, sodass keine eindeutige Aussage zu einer bestmöglichen Reihenfolge gemacht werden kann.

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Es gibt eine Vielzahl von Begriffsunterscheidungen und Bedeutungen rund um das Experimentieren. Um die Schüler nicht zu irritieren, wird im Unterricht keine begriffliche Unterscheidung vorgenommen. Der Begriff „Experiment“ ist bei Schülern weitläufig eingeführt und meist positiv besetzt, weshalb im Klassenzimmer dieser Begriff verwendet wird (Hartinger, Grygier, Tretter & Ziegler, 2013, S. 7). Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Studie einheitlich der Begriff „Experiment“ verwendet.

Um den Experimentierbegriff noch weiter zu charakterisieren, zeigt das nächste Kapitel verschiedene Kompetenzmodelle und den zyklischen Ablauf eines Experiments auf, der in allen Naturwissenschaften ähnlich ist.

2.2 Kompetenzmodelle und Experimentierprozess

Unter **Kompetenzen** versteht Weinert (2014, S. 27f.) „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. Auch in den nationalen Bildungsstandards für das Fach Chemie (2020a) wird der Begriff der Kompetenzen verwendet. Die Bildungsstandards legen fest, welche fachbezogenen Kompetenzen ein Lernender bis zu einem bestimmten Schulabschnitt entwickelt haben soll. Unter Kompetenz versteht sich dabei die Fähigkeit, „Wissen und Können in den jeweiligen Fächern zur Lösung von Problemen anzuwenden“ ([KMK], 2020a, S. 3). Die Naturwissenschaften bestimmen mit ihren Denk- und Arbeitsweisen und Erkenntnissen sowie den daraus folgenden Anwendungen unsere Gesellschaft. Denn für eine gesellschaftlich verantwortungsvolle Teilhabe ist ein Verständnis unserer Welt durch das „Erkennen, Einordnen, Bewerten und Berücksichtigen möglicher Folgen für ökologische, ökonomische und soziale Systeme“ (ebd., S. 9) relevant. Nur so können Menschen einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten. Der Aufbau einer naturwissenschaftlichen Kompetenz ist dafür grundlegend.

Naturwissenschaftliche Kompetenz bedeutet Vertiefung, Erweiterung und Vernetzung der vorhandenen Kompetenzen der Lernenden und eine Metaperspektive auf die Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften (ebd., S. 9).

Die naturwissenschaftliche Kompetenz umfasst nicht nur das systematische Erfassen, Beschreiben und Erklären von Phänomenen und Technik, sondern auch die Kenntnis über deren Fachsprache und Kultur. Dazu zählen nach den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife folgende Punkte (ebd., S. 9):

- *Phänomene der Natur, der Technik und des Alltags aus naturwissenschaftlicher Perspektive zu beobachten, mithilfe zunehmend abstrakter und komplexer Modelle zu beschreiben und naturwissenschaftliche Fragestellungen aus diesen abzuleiten;*
- *Hypothesen zu bilden, diese zum Beispiel durch systematisches Beobachten, Experimente, Modellen, Simulationen bzw. theoretische Überlegungen zu prüfen*

und Schlussfolgerungen auch unter Verwendung von mathematischen Mitteln zu ziehen;

- *die Methoden der Erkenntnisgewinnung wie zum Beispiel systematische Beobachtungen, Experimente und Modelle in den Naturwissenschaften zu reflektieren und die Vor- und Nachteile sowie die Grenzen dieser Methoden zu bewerten;*
- *neue naturwissenschaftliche Informationen zu erschließen, mit dem Vorwissen zu verknüpfen und dieses Wissen auch reflektiv auf Fragestellungen, Phänomene und zugrundeliegende Quellen anzuwenden;*
- *naturwissenschaftliche Sachverhalte fachsprachlich auch unter Verwendung von Mathematisierungen und fachtypischen Repräsentationsformen darzustellen, zu präsentieren, zu diskutieren, zu bewerten sowie naturwissenschaftlich zu argumentieren und damit am gesellschaftlichen Diskurs teilhaben zu können;*
- *zu erkennen und zu reflektieren, wie Naturwissenschaften und Technik unsere Umwelt in materieller, intellektueller und kultureller Hinsicht stetig verändern;*
- *gesellschaftliche Folgen von Entscheidungen, die in naturwissenschaftlichen Kontexten und deren Anwendungszusammenhängen getroffen wurden, anhand von Kriterien zu beurteilen.*

Den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife liegt ein Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenzen zugrunde, welches die vier Kompetenzbereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz und Bewertungskompetenz beinhaltet (ebd.). Diese sind wiederum in Teilkompetenzbereiche untergliedert, die alle gemeinsam die Fachkompetenz des Faches abbilden. Auch in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss sind diese vier Kompetenzbereiche unterschieden.

Dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung lässt sich die experimentelle Kompetenz zuordnen. Er umfasst allgemeine naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, u. a. die Schritte des Erkenntnisprozesses mit der Fragenformulierung, Hypothesenableitung, Planung und Durchführung einer Untersuchung sowie der anschließenden Auswertung, Interpretation und Reflexion (Nerdel, 2017). Dabei kommt dem Experiment eine zentrale Bedeutung zu ([KMK], 2004). Entscheidend ist, dass beim Experimentieren der gesamte Prozess (von Fragestellung über Planung bis hin zur Interpretation) durchlaufen wird, und das Experiment keinesfalls als Selbstzweck, zum Beispiel als Motivation zur Mitarbeit eingesetzt wird (Walpuski & Hauck, 2017).

Unter dem Begriff der experimentellen Kompetenz lassen sich die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die zur Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten benötigt werden, zusammenfassen (Schecker, Neumann, Theyßen, Eickhorst, Dickmann, 2016).

Experimentelle Kompetenz umfasst dabei das Wissen und die Fähigkeit, durch gezielte handelnde Auseinandersetzung mit der Natur Daten zu gewinnen, diese vor dem Hintergrund von Modellen und Theorien zu interpretieren und dadurch Wissen und Erkenntnisse über die Natur abzuleiten (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 122).

Aus psychologischer Perspektive wird die experimentelle Kompetenz in das deklarative und das prozedurale Wissen unterschieden. Experimentbezogenes Wissen über inhaltliche (z. B. Spannung) und methodische Konzepte (z. B. Messwiederholungen) umfasst das deklarative Wissen. Dahingegen wird die Ausführung der einzelnen Schritte des Experimentierens und der Umgang mit den Geräten unter das prozedurale Wissen gefasst. Somit zählt die Beschreibung der Experimentierplanung zum deklarativen Wissen und die Fähigkeiten und Fertigkeiten, diese Planung umzusetzen, zum prozeduralen Wissen (ebd.). Weiterhin wird in der fachdidaktischen Forschung zwischen dem Teilprozessansatz und dem Problemtypenansatz unterschieden. Dabei versteht sich unter dem Teilprozessansatz der naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungsprozess, der das wissenschaftliche Denken in Teilprozesse einteilt. Zu diesen zählen Fragestellung, Hypothese, Planung, Durchführung, Datenauswertung, deren Interpretation und Reflexion. Der Problemtypenansatz beschreibt das Experimentieren als integralen Problemlöseprozess, bei dem die Teilfähigkeiten nicht voneinander unterschieden werden. Es geht vielmehr um die Fähigkeit, verschiedene Problemstellungen zu lösen (ebd.).

Kompetenzmodelle

Die Bereiche der experimentellen Kompetenz sind häufig in Kompetenzmodellen zusammengefasst. Dabei wird zwischen Kompetenzstrukturmodellen und Kompetenzentwicklungsmodellen unterschieden (Giest, Hartinger & Kahlert, 2008). Kompetenzstrukturmodelle oder Komponentenmodelle beschreiben die Anordnung der Kompetenzkomponenten. Das Kompetenzentwicklungsmodell oder Stufenmodell beinhaltet Vorstellungen von Abstufungen, sogenannte Grade oder Niveaustufen der Kompetenz (Sommer & Harms, 2008). Diese Kompetenzstufen stellen teilweise Entwicklungsstufen dar (Klieme et al., 2003). Die meisten vorliegenden Kompetenzmodelle lassen eine Beschreibung der Kompetenzentwicklung unberücksichtigt (Beinbrech & Möller, 2008).

Übergreifend lassen sich bei der Betrachtung verschiedener Modelle zu Experimentierphasen bzw. Modelle experimenteller Kompetenz in der Strukturierung drei Basisphasen erkennen (Arndt, 2016). In den unterschiedlichen Modellen sind diese grundlegenden Phasen teilweise

weiter ausdifferenziert und häufig mit Unterpunkten belegt. Als vereinfachte Form lassen sich die Modelle in die folgenden drei Basisphasen einteilen:

- 1) Planung: Ideenentwicklung und Generierung einer Fragestellung und Hypothese(n)
- 2) Durchführung: Durchführung eines Experiments zur Prüfung der Idee oder Hypothese
- 3) Auswertung: Auswertung des Experiments im Hinblick auf die Idee oder Hypothese

Abbildung 4 zeigt die Experimentierphasen unterschiedlicher Modelle, die unter den drei Basisphasen angeordnet sind.

	Planung		Durchführung	Auswertung
Bildungsstandards (2020) Bildungsstandards (2004)	Formulierung von Fragestellungen	Ableitung von Hypothesen	Planung und Durchführung von Untersuchungen	Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion
Gut-Glanzmann, Mayer (2018)	Forschungsfrage und Hypothesen	Versuchsplanung	Versuchsdurchführung	Datenauswertung und -interpretation
Schreiber, Theyßen, Schecker (2009)	Planung		Durchführung	Auswertung
Klos, Henke, Kieren, Walpuski, Sumfleth (2008) NAW	Ideen-/ Hypothesenbildung		experimentelle Umsetzung	Schlussfolgerung
Hofstein (2004)	Fragen stellen und Hypothesen aufstellen	Experiment planen	geplantes Experiment durchführen	Analysieren und Präsentieren der Ergebnisse
Klahr, Dunbar (1988) SDDS-Modell	Suche im Hypothesenraum		Prüfen von Hypothesen	Auswerten von Evidenzen

Abbildung 4: Experimentierphasen unterschiedlicher Modelle

Die Grundlage zur Modellierung der Teilkompetenzen experimenteller Kompetenz bildet häufig das **Scientific Discovery as Dual Search**-Modell (kurz: SDDS). Dieses SDDS-Modell geht auf Klahr und Dunbar (1988) zurück und soll als allgemeines Modell wissenschaftlichen Denkens, bei dem Hypothesen generiert und Daten gesammelt werden, auf jeden Kontext angewendet werden können. Hierbei liegt die Annahme zugrunde, dass für ein wissenschaftliches Denken eine Suche in zwei miteinander verbundenen Problembereichen erforderlich ist: Hypothesenraum und Experimentierraum. Der Hypothesenraum besteht aus Hypothesen, die während des Entdeckungsprozesses aus Vorkenntnissen oder experimentellen Ergebnissen generiert werden. Der Experimentierraum setzt sich aus allen Experimenten zusammen, die zur Prüfung der Hypothese durchgeführt werden könnten. Außerdem können aus Erkenntnissen im Experimentierraum neue Hypothesen für den Hypothesenraum gebildet werden.

Der gesamte naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess wird von drei Hauptkomponenten gesteuert: Suche im Hypothesenraum (search hypothesis space), Testen von Hypothesen (test hypothesis) und Auswerten von Evidenzen (evaluate evidence). Mit der **Suche im Hypothesenraum**, einer der beiden Problemräume, beginnt der Prozess. Eine

Problemstellung wird gefunden und dazu eine Hypothese generiert, welcher im weiteren Verlauf nachgegangen wird. Bei der Komponente **Testen von Hypothesen** wird die zuvor aufgestellte Hypothese untersucht. Ein wichtiger Bestandteil ist die Suche im Experimentierraum, welche die Ergebnisse der Experimente liefert, die für eine Prüfung der Hypothese nötig sind. In der anschließenden **Auswertung der Evidenzen** wird entschieden, ob die vorliegende Hypothese akzeptiert, abgelehnt oder weiter geprüft wird. Die Unterstruktur der drei Hauptkomponenten ist in Klahr und Dunbar (1988) näher beschrieben und wird hier nicht weiter ausgeführt, da sich die naturwissenschaftliche Literatur zumeist auf diese Hauptkomponenten bezieht.

Auch bei Schreiber, Theyßen und Schecker (2009) werden die drei übergeordneten Bereiche Planung, Durchführung und Auswertung unterschieden. Abbildung 5 zeigt die drei Bereiche mit den zugeordneten Merkmalen des Experimentierprozesses sowie den beiden nicht eindeutig zugeordneten Merkmalen an den Schnittstellen zwischen Planung und Durchführung sowie zwischen Durchführung und Auswertung. Daraus ergeben sich 13 Teilkompetenzen/-dimensionen experimenteller Kompetenz. Stößt ein Forscher auf ein unbekanntes Phänomen, werden für dessen genauere Klärung zunächst Fragestellungen entwickelt. Auf Grundlage von theoretischem Wissen und einer intensiven Auseinandersetzung können Hypothesen entwickelt werden. In der Wissenschaft liegt der Fokus häufig nicht auf der Entwicklung von Fragestellung und Hypothesen, da diese schon vorgegeben sein können. Im Schulkontext sollten der Klärung von Fragestellungen und der Entwicklung von Untersuchungszielen bzw. Hypothesen, ebenso wie der Durchführung und Auswertung, eine große Bedeutung zukommen. Durch die Formulierung von Hypothesen können „Fehler“ eher erkannt werden. Als wichtige Schnittstelle zwischen Planung und Durchführung steht der Entwurf eines Versuchsplans. Der Versuchsplan wird bei der Durchführung durch Zusammenstellung der Geräte und deren Aufbau überprüft. Bis zu einem funktionsfähigen Experiment können mehrere Anläufe nötig sein. Anschließend werden die Messungen durchgeführt und dokumentiert. Der Umgang mit Problemen und Fehlern steht als Schnittstelle zwischen der Durchführung und Auswertung. Denn sowohl bei dem Aufbau und den Messungen als auch bei deren Auswertung und Interpretation kann es zu Fehlern kommen. Nach Abschluss der Messungen müssen die Daten aufbereitet, verarbeitet und zum Schluss interpretiert werden. Dabei sollte ein Bezug, zu der zu Beginn gestellten Fragestellung und Hypothese, hergestellt werden. Das Modell gibt keine strenge Reihenfolge der Schritte vor, sondern geht davon aus, dass alle Merkmale in unterschiedlicher Reihenfolge während eines Experimentierprozesses auftreten.

Ebenso wie im zuvor beschriebenen Modell experimenteller Kompetenz sind in dem Aufgabenentwicklungsmodell von Schecker et al. (2016) die acht Fähigkeiten in die drei

Bereiche Planung, Durchführung und Auswertung unterteilt. Zur Planung zählen die drei Fähigkeiten Grundidee skizzieren, Versuchsplan entwerfen und Messprotokoll vorbereiten. Die beiden Fähigkeiten Versuch aufbauen und testen sowie Messung durchführen und dokumentieren werden der Durchführung zugeordnet. Der dritte Bereich der Auswertung beinhaltet die drei Fähigkeiten Vorgehen bei Datenauswertung planen, Datenauswertung durchführen und Schlüsse ziehen.

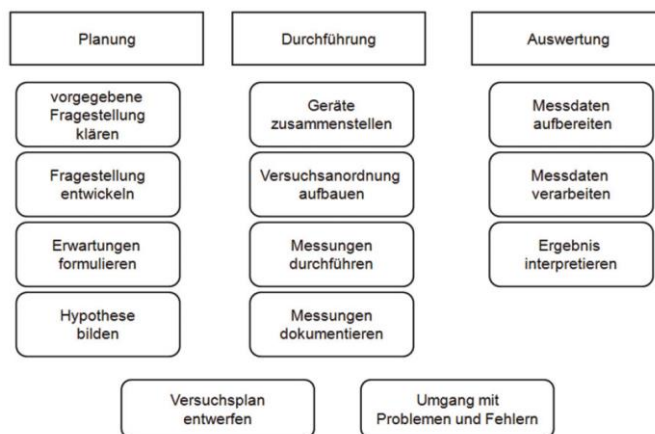


Abbildung 5: Modell experimenteller Kompetenz nach Schreiber et al. (2009, S. 93)

Aus dem Modell zur experimentellen Kompetenz nach Schreiber et al. (2009) und der Spinnennetz-Methode nach Stäudel (2007) hat sich das Strukturmodell experimenteller Kompetenz abgeleitet (Maiseyenko, 2014). Die 13 Teilkompetenzen sind dort auf sieben Dimensionen reduziert worden und als Spinnennetz-Methode angeordnet (Abbildung 6). Eine genaue Beschreibung des Strukturmodells ist in Kapitel 2.4 gegeben.

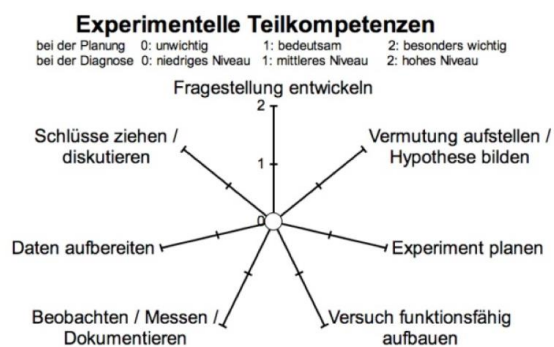


Abbildung 6: Experimentelle Teilkompetenzen nach Maiseyenko (2014, S. 20)

Experimentierzyklus/Forscherkreislauf

Die experimentellen Teilkompetenzen werden häufig als Schritte in einem zyklischen Prozess beschrieben, auch wenn sie dort nicht als solche bezeichnet sind. Die Schritte der

naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung bauen meist aufeinander auf. Zudem kann aus einem Ergebnis ein neuer Zyklus mit Hypothesenbildung und deren Prüfung abgeleitet werden. Oder es werden zu Beginn mehrere Hypothesen formuliert, die in verschiedenen Zyklen geprüft werden müssen. Die Bezeichnungen und Abgrenzungen der einzelnen Schritte variieren bei unterschiedlichen Autoren. Der Grundgedanke des zyklischen Vorgehens ist ähnlich und in verschiedenen Formulierungen sind die drei Hauptbereiche Planung, Durchführung und Auswertung vorhanden. Auch die Bezeichnung der Zyklen variiert zwischen Experimentierzyklus, Erkenntniszirkel oder Forscherkreislauf. Alle Kreisläufe sind als didaktisch reduzierte Modelle zu verstehen und bilden nicht die gesamte Vielfalt und Breite der naturwissenschaftlichen Methoden ab.

Bohrmann (2017) leitet einen Experimentierzyklus aus einer Kombination verschiedener Experimentierzyklen ab, um eine große Bandbreite zu erfassen und die einzelnen Schritte sowie deren Inhalte gut differenzieren zu können (siehe Abbildung 7). Für den Sachunterricht an Grundschulen sieht Bohrmann diesen Experimentierzyklus als zu umfangreich an, weshalb er für den Einsatz weiter didaktisch reduziert werden muss. Auch Sommer, Kring, Strippel und Emmerich (2021) geben einen vereinfachten zirkulären Prozess des Weges der Erkenntnisgewinnung für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I an (siehe Abbildung 7).

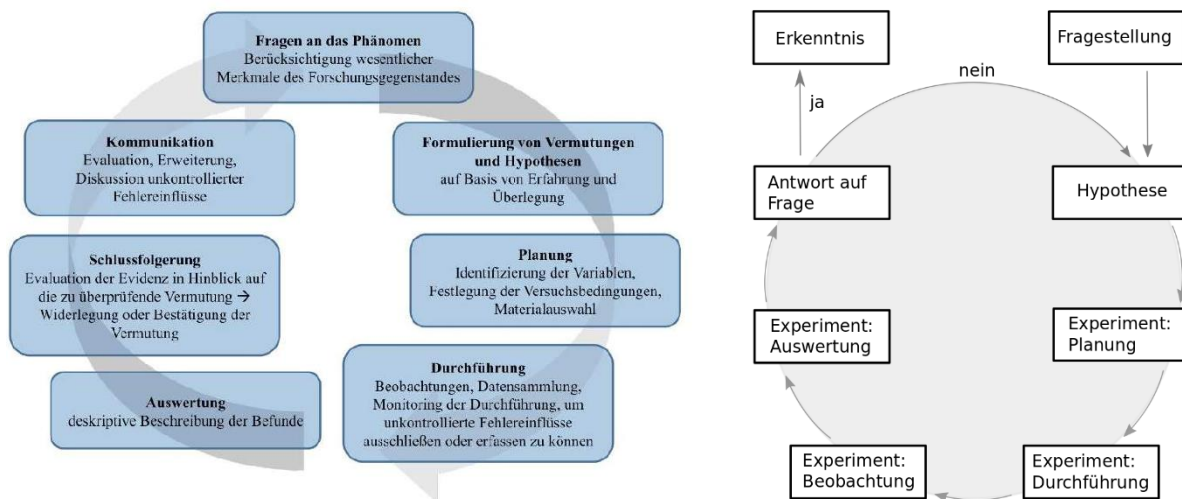


Abbildung 7: Zirkuläre Experimentierprozesse (links: Experimentierzyklus nach Bohrmann, 2017, S. 22; rechts: zyklischer Prozess der Erkenntnisgewinnung in Anlehnung an Sommer et al., 2021)

Mögliche Forscherkreisläufe, die für den Bereich der Grundschule entwickelt sind und dort eingesetzt werden, zeigt Abbildung 8. Das Experimentieren als naturwissenschaftliche Methode lernen Kinder durch einen schrittweisen Kompetenzaufbau von Entdecken und Forschen kennen. Ein Forscherkreislauf ermöglicht den Kindern zentrale Schritte und deren

Bedeutung und Beziehungen zueinander zu verstehen (Marquardt-Mau, 2011, S. 32). Zudem bieten die Kreisläufe eine Orientierung der Reihenfolge und zeigen auf, dass die einzelnen Arbeitsschritte in einen Gesamtkontext eingebunden sind (Grygier, 2008).

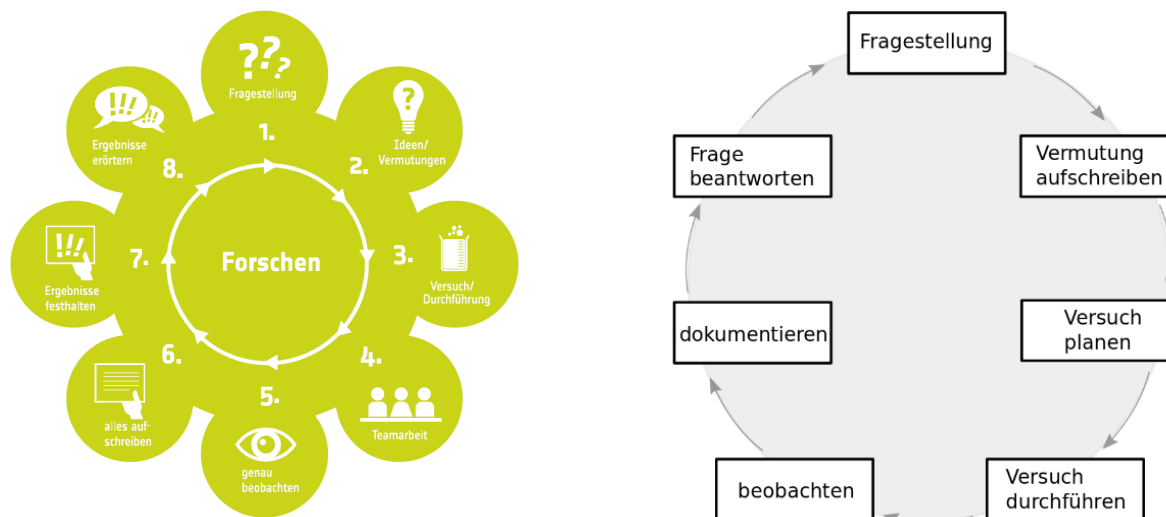


Abbildung 8: Forscherkreisläufe für die Grundschule (links: Forschungskreislauf nach Marquardt-Mau, 2011, S. 37; rechts: Forschungskreislauf in Anlehnung an Möller et al., 2013)

Nachfolgend sind die einzelnen Phasen beim Experimentieren aufgelistet und kurz beschrieben (Arndt, 2016; Baur et al., 2017a; Bohrmann, 2017; Marquardt-Mau, 2011; Nawrath, Maiseyenka & Schecker, 2011; Nerdel, 2017).

Der Experimentierzyklus selbst wird mit einer Phänomenbegegnung eingeleitet, auf der die nachfolgenden Schritte aufbauen.

Fragestellung: Schüler versuchen mithilfe von Beobachtungen und Experimenten Antworten auf eine Fragestellung zu naturwissenschaftlichen Erscheinungen oder Vorgängen zu finden. Diese Frage kann vorgegeben sein, in einem Klassengespräch entwickelt werden oder durch Bereitstellung von Materialien entstehen. Je nach Alter der Schüler zählt auch der Einbezug der Theorie mit ihren wesentlichen Komponenten und deren Beziehungen zueinander zu diesem Schritt. Bei der naturwissenschaftlichen Fragestellung kann zwischen den beiden Teilaspekten „Erkennen“ und „Formulieren“ unterschieden werden.

Vermutung/Hypothese: Bei älteren Schülern und in der Forschung wird der Begriff der Hypothese verwendet, während bei jüngeren Schülern meist der Begriff der Vermutung gebraucht wird. Unter einer Vermutung versteht sich eine Formulierung zum Beispiel auf Grundlage von Vorerfahrungen, die unter Bezugnahme von theoretischem Wissen als Hypothese bezeichnet wird. Jeder Schüler sollte vor der Durchführung eines Experiments die Möglichkeit bekommen, seine Vermutung über das Ergebnis des Experiments zu äußern. Das kann in mündlicher oder schriftlicher Form erfolgen. Auf Grundlage von vorheriger Theoriearbeit, Vorwissen und anderen Modellen können die Hypothesen entstehen. Während

des Experimentierens bekommen die Schüler dann die Gelegenheit, ihre Vermutung zu überprüfen. Eine Bestätigung (Verifizierung) oder eine Wiederlegung (Falsifizierung) der Vermutung ist möglich. Die Schüler sind in ihrer Erfahrung, auch etwas in ihrem Verständnis „Falsches“ vermuten zu dürfen, positiv zu bestärken. Allgemein baut sich durch die Vermutung ein Grundverständnis zur Hypothesenprüfung auf, welche die Basis des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses ist. Zudem setzen die Vermutungen und Hypothesen einen Rahmen für anschließende Planungen, experimentelle Messungen und Beobachtungen.

Experiment planen: Viele Experimente lassen sich von Schülern in Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit durchführen. In der Sozialform Partner- und Gruppenarbeit sind Absprachen notwendig, wodurch das soziale Lernen gefördert wird. Die benötigten Materialien können vorgegeben sein, alleine oder in Kooperation beschlossen werden. Häufig eignen sich Alltagsmaterialien. Bei der Planung und anschließenden Durchführung von Experimenten erlernen die Schüler Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Die Schüler machen Primärerfahrungen durch die direkte Begegnung mit verschiedenen Objekten. Zudem werden instrumentelle Fertigkeiten vertieft. Je selbstständiger die Schüler arbeiten können, desto motivierter sind sie.

Experiment durchführen: Das zuvor geplante Experiment wird in diesem Schritt zur Prüfung der geäußerten Vermutung durchgeführt. Die Reihenfolge der einzelnen Schritte kann vorgegeben sein oder die Schüler können frei experimentieren und eine eigenständig geplante Durchführung erproben. Dabei sind immer Genauigkeit, Sorgfalt und Sicherheitsvorkehrungen zu beachten. Eine Wiederholung der Experimente oder Änderung einer Variablen erweitert den Erfahrungsaufbau. Somit wird die Methodenkompetenz fortschreitend ausgebildet.

Beobachten: Die Beobachtung stellt eine bedeutsame Teilkompetenz des Forschens dar, die viele Schüler erst noch erlernen müssen. Beobachten ist mehr als die reine Wahrnehmung, da sie sich nicht ausschließlich auf Erscheinungen im Ganzen bezieht, sondern eine zielgerichtete und aktive Tätigkeit ist (Frischknecht-Tobler & Labudde, 2019). Ein aufmerksames und geduldiges Hinsehen lässt sich durch die Neugier fördern, die eigene Vermutung zu überprüfen. Die Schüler beobachten aus unterschiedlichen Perspektiven, wodurch ein gegenseitiger Gedankenaustausch angeregt wird. Es ist hilfreich, wenn sich die Schüler auf ein Kriterium bzw. ein bestimmtes Versuchsmerkmal bei der Beobachtung konzentrieren.

Alles aufschreiben / Ergebnisse festhalten / dokumentieren: Die Dokumentation kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. Bei Schülern ohne oder mit gering ausgeprägter Lese- und Schreibkompetenz muss die Dokumentation ohne Schriftsprache auskommen. Es bietet sich die Verwendung von Symbolen, Abbildungen, Fotos, Tonbandaufnahmen oder Zeichnungen der Schüler an. Damit die Schüler selbst ihre Dokumentation vornehmen können, ist ein

Ankreuzen oder Ausschneiden verschiedener Wahlmöglichkeiten sinnvoll. Auch die Hilfe oder phasenweise Übernahme der Dokumentationsaufgabe durch Lehrkräfte oder Mitschüler ist eine Alternative. Wichtig ist es, die Beobachtung zum späteren Nachvollziehen vollständig und genau aufzuschreiben. Auch die Rückschlüsse sollten deutlich und verständlich formuliert sein. Bei solch einer Dokumentation wird häufig von einem Protokoll gesprochen. Zum Erlernen des Protokollierens bietet sich ein Musterprotokoll an. Mit der Zeit soll das Protokoll ohne eine Vorlage von den Schülern verfasst werden. Möller et al. (2013) schlagen vor, eine solche Dokumentation auf einer Seite übersichtlich zu notieren. Relevante Aspekte sind der Name des Experiments, die Fragestellung, die Beobachtung mit einer Zeichnung und einem kurzen Text sowie einer abschließenden Antwort auf die Frage.

Ergebnisse / Frage beantworten: Am Ende ist ein Austausch der Schüler über die Beobachtung und mögliche Erklärungen nötig. Es erfolgt eine Bestätigung oder Widerlegung der Vermutung mit anschließender Generalisierung der Ergebnisse. Dazu zählt auch die kritische Reflexion der Experimentalbedingungen und Einflussfaktoren, um die Ergebnisse auf andere Situationen übertragen zu können. Die Lehrkraft kann weitere fachliche Informationen in den Austauschprozess geben. Mit diesen Informationen und ggf. den zu Beginn betrachteten theoretischen Vorüberlegungen werden die Ergebnisse abschließend formuliert. Es ist empfehlenswert, die Beziehung zwischen Vermutung und Schlussfolgerung bei den ersten Experimenten gemeinsam im Unterrichtsgespräch herzustellen.

Teamarbeit/Kommunikation: Im Vorschul- und Grundschulalter hat sich die Bildung von vier bis fünf Kindern in einem Forschungsteam bewährt, sowohl in homogener als auch in heterogener Zusammensetzung. Dadurch erleben Kinder die Notwendigkeit und Vorteile der Teamarbeit, die auch Naturwissenschaftler durch ihre Arbeit in Teams erfahren. Ein Austausch über Vermutungen, Beobachtungen und Erklärungen kann Kinder zu weiteren Überlegungen anregen.

Die Schüler lernen durch die einzelnen Schritte den Ablauf eines Forscherprozesses kennen. Ausgehend von einer Fragestellung und von Vermutungen wird eine bestimmte Experimentieranordnung durchgeführt und beobachtet. So werden die Vermutungen bestätigt oder widerlegt und mit einer Dokumentation festgehalten. Auch die Ergebnisse werden gesammelt und können als Ausgangspunkt für neue Fragestellungen dienen. Um die einzelnen Schritte nachvollziehen und eigenständig ausführen zu können, reicht eine einmalige Einführung nicht aus. Nur durch wiederholte Übung und Anwendung lassen sich Kompetenzen aufbauen (Baur et al., 2017a). Während des Erkenntnisprozesses können die Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges mithilfe einer Forscherscheibe unterstützt werden (Weirauch, Geidel, Hörning, 2015). Abbildung 9 zeigt einen aus den vorherigen Beispielen abgeleiteten, eigenständig erstellten Forscherkreislauf. Die Symbole

sind selbst gewählt und überschneiden sich mit den Symbolen in den Experimentiervorschriften (siehe Kapitel 6.3.2). Durch solch einen idealtypischen, experimentellen Erkenntnisgewinnungsprozess lernen die Schüler die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen kennen (Telser, 2019). Es ist zu beachten, dass der Kreislauf als didaktische Unterstützung dient und nicht mit einem naiven Abbildschema des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses verwechselt werden sollte (Marquardt-Mau, 2011, S. 32).

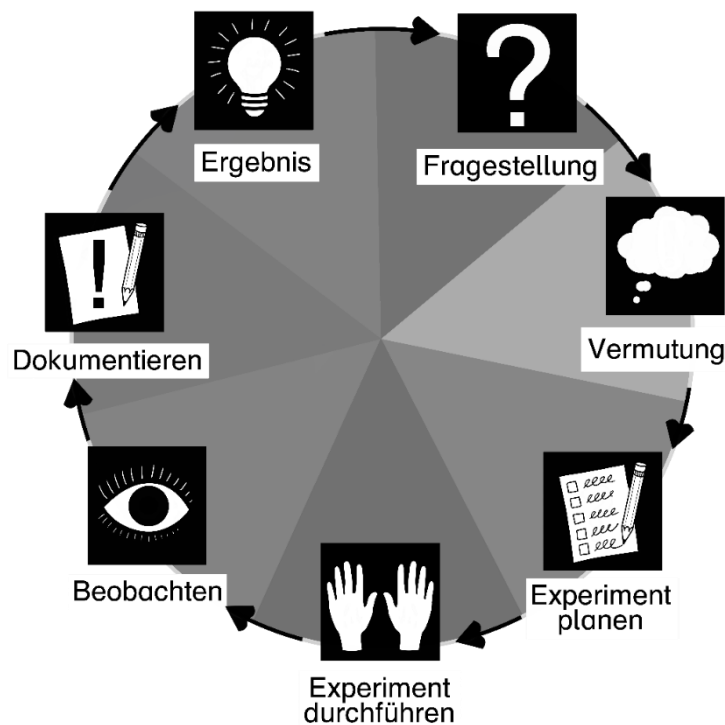


Abbildung 9: Forscherkreislauf (eigene Darstellung)

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Verschiedene Modelle schreiben der experimentellen Kompetenz teilweise unterschiedliche Bedeutungen zu. In dieser Studie wird der Begriff der experimentellen Kompetenz synonym zu den Begriffen experimentelle Fähigkeiten und Experimentierfähigkeit verwendet. Dem Begriff der experimentellen Kompetenz liegt nachfolgende Arbeitsdefinition zugrunde:

*Auf sensomotorischer Ebene zeigt sich Fertigkeit in (automatisierten) Prozessen, die selektiv und aufgabenspezifisch ablaufen. Im Folgenden werden die Voraussetzungen zur händischen Durchführung laborspezifischer Handlungsabläufe als **experimentelle Fertigkeiten** (synonym: naturwissenschaftlich-experimentelle Fertigkeiten) bezeichnet. Auf intellektueller Ebene steuern Fähigkeiten, im arbeitspsychologischen Sinn, situationsspezifisch die Auswahl und den Einsatz von Plänen, Strategien und Heuristiken. Wird im Folgenden von **experimentelle Fähigkeiten** (hier synonym:*

naturwissenschaftlich- experimentelle Fähigkeiten) die Rede sein, bezieht dies sich auf ein Handlungspotenzial auf dieser Ebene, das die planvolle Durchführung, Überwachung und Reflexion naturwissenschaftlicher Untersuchungen betrifft. (Emden, 2011, S. 15)

Die Bedeutung der experimentellen Fähigkeiten ist von dem Begriff der experimentellen Fertigkeiten zu unterscheiden. Im Förderschwerpunkt geistige und motorische Entwicklung benötigen Schüler häufig motorische Unterstützung, um eine Aufgabe zu bewältigen. Eine solche Unterstützung, die rein nach der Aussage der Schüler von dem Lehrer als eine Art Assistent durchgeführt wird, sagt nichts über die Fähigkeit der Schüler aus, eine Aufgabe kognitiv bewältigen zu können. Daher fließt dieser Aspekt nicht in die Definition der experimentellen Kompetenz mit ein, wird allerdings an entsprechender Stelle in dieser Studie aufgegriffen.

Zu den experimentellen Kompetenzen gibt es verschiedene Kompetenzmodelle, bei denen die einzelnen Teilkompetenzen meist in die drei übergeordneten Bereiche Planung, Durchführung und Auswertung eingeteilt werden. Diese experimentellen Teilkompetenzen werden in den einzelnen Schritten während des Experimentierens benötigt. Die Experimentierschritte lassen sich in einem zyklischen Prozess beschreiben, der ebenso wie die Teilkompetenzen von verschiedenen Autoren mit unterschiedlichen Phasen benannt wird. Für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung oder allgemein für Schüler mit Förderbedarf existieren keine geeigneten Kreisläufe der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Deshalb wurde aus der vorliegenden Literatur und in Absprache mit Praktikern ein eigener Forscherkreislauf entwickelt, der aus den Phasen Fragestellung, Vermutung, Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten, Ergebnis und Dokumentieren besteht.

2.3 Anforderungen und Kriterien an Experimente

Das naturwissenschaftliche Experiment kann verschiedene Funktionen auf fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Ebene erfüllen. Auf fachwissenschaftlicher Ebene ist der Einsatz der Experimente zur Erkenntnisgewinnung, durch das Formulieren und experimentelle Überprüfen von Hypothesen, die wichtigste Funktion. Einerseits müssen Fähigkeiten vorhanden sein, um die Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Andererseits braucht es Fertigkeiten, um mit Chemikalien, Geräten und Apparaturen sachgemäß umzugehen. Weiterhin erfüllt das Experiment die Funktion, Daten zu gewinnen und neue Substanzen zu synthetisieren. Während des gesamten Prozesses ist für Sicherheit zu sorgen und am Ende eine ordnungsgemäße Entsorgung vorzunehmen. Im Chemieunterricht wird ebenfalls die fachdidaktische Funktion von Experimenten betrachtet. Neben den Funktionen der Fachwissenschaft, insbesondere des Einsatzes von Experimenten

zur Erkenntnisgewinnung, wird den Experimenten die Funktion der Motivation, Veranschaulichung, Wiederholung, Stimulation technischer Verfahren und Nachvollziehbarkeit historischer Versuche zugesprochen (Barke, Harsch, Kröger & Marohn, 2018). Beim Einsatz von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht werden verschiedene Ziele angestrebt, von denen nicht alle in einer Unterrichtsstunde erreichbar sind. Vor dem Einsatz sollte die Zielsetzung bewusst gewählt werden. Zusätzlich sollten die Rahmenbedingungen und Kriterien bei der Auswahl geeigneter Experimente beachtet werden. Mit möglichen Zielsetzungen, Rahmenbedingungen und Kriterien sowie verschiedenen Einteilungsformen von Experimenten und dem immer häufiger diskutierten offenen Experimentieren setzt sich dieses Kapitel auseinander.

Ziele des Experimentierens

Das Experiment gilt als die zentrale naturwissenschaftliche Methode (Koenen, 2014; Labudde & Möller, 2012). Mit Experimenten lässt sich eine Vielzahl von Zielen erreichen. Allerdings sollte nicht der fehlerhafte Eindruck entstehen, „dass Experimentieren im Unterricht als multifunktionales Wundermittel zur Verbesserung des Unterrichts dienen kann“ (Rieß & Robin 2012, S. 136). Die Ziele des Experimentierens lassen sich, infolge verschiedener Untersuchungen, in Bezug auf deren Absichten, nach folgenden Kategorien ordnen (ebd., S136f):

- *Förderung des fachlichen Wissenserwerbs (deklaratives und konzeptionelles Wissen)*
- *Soziale Ziele: Förderung der Kommunikationsfähigkeit, der Kooperationsbereitschaft etc.*
- *Förderung von Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeitserwartungen, fachlichem Selbstkonzept etc.*
- *Förderung von Kompetenzen im wissenschaftlichen Denken: erkenntnistheoretisches und wissenschaftstheoretisches Wissen, epistemologische Überzeugungen, ein Verständnis der Verbindungen von Theorie und empirischer Evidenz ...*
- *Förderung der experimentellen Problemlösefähigkeiten ("Experimentierkompetenz"): (1) die Fähigkeit epistemische Fragen formulieren und Hypothesen generieren zu können, (2) die Fähigkeit zur Planung von Experimenten und zur Datenauswertung, (3) Wissen über und Anwendung der Variablenkontrollstrategie sowie die Berücksichtigung von Kontrollansätzen*

Neben den Zielkategorien formulieren Barzel et al. (2012, S. 103f.) zwei Ebenen von Begründungen, weshalb das Experimentieren in den Unterricht integriert werden sollte. Zum

ersten gibt es eine allgemeine Zielebene, auf der die pädagogische Zielsetzung der Persönlichkeitsbildung durch komplexe Handlungen während des gesamten Experiments und dessen Teiltätigkeiten unterstützt werden. Als zweites gibt es die konkret fachliche Ebene, auf der neue Begriffe und Konzepte durch Experimente erarbeitet und die Arbeits- und Erkenntnisweise kennengelernt werden. Die beiden Ebenen sind nicht getrennt voneinander zu betrachten, da es eine enge Verknüpfung mit den Zielen und angestrebten Kompetenzen des Individuums gibt. Zum Erreichen beider Zielebenen sollten die Experimente für die Schüler nicht nur nachvollziehbar sein, sondern auch pädagogisch durchdacht in den Unterricht integriert sein (Anton, Heimann & Rossa, 2009; Rossa, 2009). Dabei kann das Experiment als Unterrichtsgegenstand/-ziel oder als Unterrichtsmethode genutzt werden. Um den Erwerb fachlicher Schlüsselkompetenzen zu unterstützen, beispielsweise zur Einführung neuer Begriffe oder Konzepte, wird das Experiment als Unterrichtsmethode eingesetzt. Beim Einsatz als Unterrichtsgegenstand/-ziel soll das richtige Experimentieren gelernt werden, also die Experimentierschritte und deren Anwendbarkeit (Barzel et al., 2012; Vorholzer, 2017). Es existieren nur wenige Lernarrangements, die den Weg der Erkenntnisgewinnung selbst als Lernziel setzen (Sommer et al., 2021).

Beim Experimentieren in der Schule müssen zwei Aspekte miteinander kombiniert werden. Auf der einen Seite geht es darum, das experimentelle Vorgehen gedanklich planen und nachvollziehen zu können (kognitiv-intellektuell). Auf der anderen Seite steht das motorische Geschick bei der praktischen Umsetzung (praktisch-psychomotorisch) (Emden, 2011). Beide Aspekte können von der Lehrkraft durch die Beachtung der Rahmenbedingungen bei der Planung von Experimenten berücksichtigt werden.

Rahmenbedingungen und Kriterien

Bei der Auswahl und Konzeption von Experimenten sind einige Rahmenbedingungen und Kriterien vor, während und nach der Experimentierzeit zu beachten.

Als Rahmenbedingung ist auf die Grundausstattung und die Lernzeit zu achten (Barth, 2005). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Ungefährlichkeit von Experimenten. Auch die Handhabung und der Aufwand von Durchführung sowie Vor- und Nachbereitung sind vorab zu bedenken. Außerdem sollte das Experiment in einer Unterrichtsstunde durchführbar sein, ohne dass die Schüler besondere Vorkenntnisse benötigen oder eine ausführliche Nachbesprechung erforderlich ist (Bader, Lühken & Sommer, 2018, S. 485, 490). Erst mit abgeschlossener Vor- und Nachbereitung des Experiments sollte eine Unterrichtsstunde enden (Bader & Schmidkunz, 2002).

Nach Bader und Lühken (2018a) gibt es acht Punkte, die bei der Beurteilung von Experimenten und deren Eignung für den Unterricht beachtet werden sollten:

- *Fachliche Richtigkeit:* Das Experiment muss den Inhalt, der erarbeitet werden soll, tatsächlich zeigen.
- *Deutliche Effekte:* Besonders für jüngere Schüler sollten Effekte unmittelbar und gut zu erkennen sein.
- *Erfolgreiche Durchführung:* Vor dem ersten Einsatz sollten Experimente erprobt werden, damit bei einer eigenständigen Durchführung der Schüler alle Arbeitsschritte, ggf. mithilfe zusätzlicher Informationen durch die Lehrkraft, gelingen.
- *Angemessenheit an die Altersstufe der Lernenden:* Ein Experiment muss entsprechend des kognitiven Anforderungsniveaus der Lernenden ausgewählt werden. Darunter fallen der Inhalt, die Materialien und der Umfang der Durchführung.
- *Vorwissen der Lernenden:* Eine Erkenntnisgewinnung ist nur möglich, wenn das Experiment auf den Vorkenntnissen der Lernenden aufbaut.
- *Arbeitssicherheit und Gefährdungsbeurteilung:* Die Sicherheit muss bei den verwendeten Chemikalien, ihrer Menge, dem Versuchsaufbau, intakten Geräten und Sicherheitseinrichtungen (z. B. Schutzbrille) gegeben sein.
- *Zeitlicher Rahmen:* Ein Experiment muss in den zeitlichen Rahmen einer Unterrichtsstunde fallen. Dazu zählt nicht nur die reine Durchführung, sondern auch die Vor- und Nachbereitungszeit. Ohne abgeschlossenes Experiment oder dessen Beobachtung sollte eine Unterrichtsstunde nicht beendet werden.
- *Räumliche Gegebenheiten und Ausstattung:* Das Experiment muss unter den äußeren Gegebenheiten, wie der Ausrüstung des Fachraums und den zur Verfügung stehenden Geräten und Chemikalien durchführbar sein.

Auch Lück (2012, S. 151; 2018, S. 151–154) gibt acht Anforderungen an naturwissenschaftliche Experimente an, die für Kinder im Vorschulbereich gelten:

- *Versuchsdurchführung: völlig ungefährlich und sicher:* Die Materialien und Aufbauten sollten in erster Linie nach ihren Sicherheitskriterien ausgewählt werden, sodass selbst bei unsachgemäßem Gebrauch kein gesundheitliches Risiko, über die alltäglichen Gefahren hinaus entsteht. Eine Gesundheitsgefährdung ist nicht vollständig auszuschließen, kann aber auf haushaltsübliche Gefahren begrenzt werden, zum Beispiel durch die Einnahme von Spülmittel, Essig oder großen Mengen Kochsalz.
- *Materialien: preiswert und leicht erhältlich:* Nicht alle Einrichtungen verfügen über genügend finanzielle Mittel. Zudem ist der Zugang zu Labormaterialien oder Chemikalien teilweise erschwert, wodurch die Bereitschaft zur Durchführung von Experimenten abnimmt. Damit die Experimente von allen durchführbar sind, sollte die Auswahl nur auf preiswerte Materialien fallen, die im Alltag gut zu besorgen sind. Einige wenige Ausnahmen sind möglich.

- *Zuverlässiges Gelingen:* Auch wenn ein stetiges Gelingen eines Experiments aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht eher fragwürdig ist, sollten die Experimente trotzdem so ausgewählt werden, dass sie auch dann ein erfolgreiches Ergebnis liefern, wenn sie von Kindern alleine ausgeführt werden. Nur so können Kindern die Phänomene veranschaulicht werden.
- *Einfach vermittelbare naturwissenschaftliche Deutung:* Obwohl Experimente in ihrer Durchführung häufig sehr gut gelingen, ist die naturwissenschaftliche Deutung oft zu komplex. Kinder nehmen solche Experimente als Zauberei wahr und können die fachlichen Hintergründe nicht verstehen. Die Deutung ist ein wichtiger Faktor beim Experimentieren und darf nicht vernachlässigt werden. Aus diesem Grund sollten nur Experimente ausgewählt werden, bei denen auch nach der Durchführung die Ergebnisse naturwissenschaftlich erklärt werden können.
- *Experimentelle Anforderung: von Vorschulkindern selbstständig durchführbar:* Beim naturwissenschaftlichen Experimentieren werden viele Sinne angesprochen, besonders wenn die Kinder die Experimente eigenständig durchführen. Zudem fördert es die Selbstständigkeit der Kinder.
- *Alltagsbezug:* Naturphänomene aus der Alltagswelt sind nachhaltig deutlich beeindruckender.
- *Versuchsdauer: max. 20-30 Minuten:* Die Versuchsdauer von Experimenten ist auf 30 Minuten zu beschränken, da sonst die Experimentier- und Beobachtungsbereitschaft von Kindern überschritten wird.
- *Möglichst systematischer Aufbau der Experimente:* Experimente, die aufeinander aufbauen, sollten nacheinander durchgeführt werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der nachfolgende Versuch die Elemente des vorherigen aufgreift. Durch die Wiederholung kann eine Festigung erzielt werden. Zudem wächst die Erkenntnis, dass sich Ergebnisse nicht nur auf ein singuläres Ergebnis beziehen, sondern auf eine Vielzahl von Phänomenen anwendbar sind.

Lück (2018) gibt zudem an, dass die Experimentiertage in einem regelmäßigen Abstand zueinander liegen sollten, zum Beispiel immer am gleichen Wochentag über mehrere Monate. An jedem Experimentiertag zählen die gleichen Schritte zu einem Experiment: Benennung der Materialien, eine Einführung bzw. Problemstellung des Themas, das im Vordergrund stehende Experimentieren, intensive Beobachtung und Deutung. Auch bei knapper Zeitbemessung sollte die Deutung des Naturphänomens niemals ausgelassen werden.

Auch andere Autoren greifen ähnliche Kriterien auf (u. a. Barke et al., 2018). Mit Blick auf Schülerexperimente sollte die Auswahl nach sechs Entscheidungsfeldern getroffen werden (Pfeifer, Schaffer & Sommer, 2011): (1) Lehr-/Rahmenplan Kompetenzbereiche, (2)

Konzeptionelle Ausrichtung, (3) Handhabung, (4) Aufwand, (5) materielle, soziale oder arbeitsmethodische Organisationsformen, (6) Sicherheit.

Ein weiteres Kriterium ergibt sich aus der visuellen Wahrnehmung. Zwischen den Denk- und Lernprozessen und den vorangegangenen visuellen Wahrnehmungen besteht ein enger Zusammenhang. Prägnant wahrgenommene Anordnungen stellen eine Voraussetzung für bessere Lernleistungen dar. Aus diesem Grund sollten die Wahrnehmungsgesetze auch bei Experimenten beachtet werden. In der Praxis können nicht immer alle Gesetze gleichermaßen Berücksichtigung finden (Bader & Lühken, 2018b). Abgeleitet von den visuellen Wahrnehmungsgesetzen verschiedener Psychologen haben Heege und Schmidkunz (1997) die wichtigsten Gestaltungsgesetze im Hinblick auf wahrnehmungsaktive Sachverhalte zusammengefasst. Diese Gesetze wurden auch von Bader und Lühken (2018b) auf die Gestaltung von Demonstrationsexperimenten angewandt. Folgende acht Gestaltungsgesetze der Wahrnehmung sind formuliert (Bader & Lühken, 2018b; Heege & Schmidkunz, 1997):

- *Gesetz des Figur-Grund-Kontrastes*: Die Objekte des Versuchs sollten sich deutlich von dem Hintergrund und der Umgebung abheben. Bei der Wahrnehmung von Glasgeräten sind dunkle, matte Hintergründe sinnvoll, wohingegen ein weißer Hintergrund bei der Beobachtung von Farbeffekten vorteilhaft ist.
- *Gesetz der Einfachheit*: Komplexe Apparaturen sind schwieriger wahrnehmbar als einfache. Beim Betrachten des Versuchsaufbaus unterscheiden Schüler besonders im Anfangsunterricht nicht zwischen wesentlichen und unwesentlichen Teilen. Daher sollte der Versuchsaufbau so einfach wie möglich gehalten werden.
- *Gesetz der Gleichartigkeit*: Bei gleichartigen Geräten (Form, Größe, Farbe) vermuten Beobachter häufig gleichartige Vorgänge. Aus diesem Grund sollten verschiedene Geräte für unterschiedliche Funktionen genutzt werden.
- *Gesetz der Nähe*: Gegenstände, die nah beieinanderstehen, werden als zusammengehörig empfunden. So können Zusammenhänge verdeutlicht oder Materialien voneinander abgegrenzt werden. Zudem sollten immer nur die Materialien auf dem Experimentiertisch stehen, die bei der Versuchsanordnung genutzt werden.
- *Gesetz der glatt durchlaufenden Kurve (Linie)*: Bei Apparaturen stechen besonders glatt durchlaufende Linien in der Wahrnehmung hervor. So werden auch unvollständige Linien als durchgehend wahrgenommen. Stative werden von bestimmten Altersgruppen stark wahrgenommen, weshalb sparsam damit umgegangen werden sollte.
- *Gesetz der Symmetrie*: Symmetrische Anordnungen sind besonders wahrnehmungsaktiv, werden in der Schule aber eher selten eingesetzt.
- *Gesetz der Dynamik von links nach rechts*: Im Allgemeinen ist unsere bevorzugte Arbeitsrichtung von links nach rechts. Wir lesen und schreiben von links nach rechts,

auch Bilder schauen wir uns in dieser Reihenfolge an. Aus Gewohnheit betrachten wir auch Versuchsaufbauten von links beginnend.

- *Gesetz der bekannten Figuren bzw. Gesetz der objektiven Einstellung*: Dieses letzte Gesetz unterscheidet sich bei den Autoren. Das Gesetz der bekannten Figuren sagt aus, dass Figuren des alltäglichen Lebens, wie Kreise, Quadrate, Rechtecke oder Dreiecke, gut als solche erkennbar sind, selbst wenn sie nicht komplett dargestellt sind. Daher eignen sie sich gut für Darstellungen oder Einrahmungen. Das Gesetz der objektiven Einstellung besagt, dass bekannte Gegenstände mit typischen Funktionen in anderen Situationen mit der gleichen Funktion in Verbindung gebracht werden.

Einteilung von Experimenten im Unterricht

Barzel et al. (2012) haben auf der Grundlage verschiedener Autoren (z. B. Hartinger, 2003; Grygier & Hartinger, 2009; Killermann et al., 2009; Stripf, 2006; Berck, 2005) eine Übersichtstabelle zu den unterschiedlichen Kriterien für eine Einteilung von Experimenten angelegt (siehe Tabelle 4). Die fünf Kriterien Hauptakteur, Material, Dauer, Reichweite der Aussagen und Nähe zum Objekt lassen sich durch ihre Unterscheidungspunkte vielfältig kombinieren. Vor dem Einsatz im Unterricht sind die Kriterien zu betrachten und eine Auswahl zu treffen.

Einteilung nach dem Hauptakteur: Es wird zwischen Schüler- und Lehrerexperimenten unterschieden. Bei Schülerexperimenten sind die Schüler alleine oder in einer Gruppe der Hauptakteur. Eine vollständige Wirkung erzielt das Experiment dabei nur, wenn möglichst eigenständig gearbeitet wird, d. h., das Experiment wird nicht nach **Kochbuch** durchgeführt. Lehrerexperimente werden meist bei schlechter Ausstattung, gefährlicher Durchführung, kostenintensiven Materialien oder hohem Zeitaufwand angewendet. Diese Art des Demonstrationsexperiments ist nicht nur durch die Lehrkraft, sondern auch durch ein Video möglich.

Einteilung nach dem Material / apparativen Aufwand: Als Material eignen sich häufig Alltagsmaterialien. Sie sind leicht zu beschaffen und haben einen Lebensweltbezug für die Schüler. Aber auch Labormaterialien können schon im Grundschulalter zum Einsatz kommen.

Einteilung nach der Dauer: Ein Experiment, das in einer Einzel- oder Doppelstunde durchführbar ist, zählt zu den Kurzexperimenten. Geht die Dauer über mehrere Stunden oder Tage hinaus, spricht man von Langzeitexperimenten.

Einteilung nach der Reichweite der Aussage: Während bei qualitativen Experimenten der Einfluss eines Faktors auf den Vorgang untersucht wird, erzielen quantitative Experimente zahlenmäßige Ergebnisse. Diese erfordern einen hohen Grad der Genauigkeit und werden erst ab der Sekundarstufe I eingesetzt.

Einteilung nach der Nähe zum Objekt: Bei direkten Experimenten werden Realgegenstände verwendet. Modellexperimente stellen die Realgegenstände in Modellen, Simulationen oder Abbildungen dar. Wenn die praktische Durchführung rein mental stattfindet, spricht man von Gedankenexperimenten.

Tabelle 4: Unterschiedliche Kriterien für die Einteilung von Experimenten im Unterricht (Barzel et al., 2012, S. 118)

Einteilung nach...	entsprechende unterrichtliche Organisation
dem Hauptakteur	Schülerexperiment
	Lehrerexperiment (Demonstrationsexperiment)
dem Material / apparativen Aufwand	Alltagsmaterialien
	Labormaterialien
der Dauer	Kurzzeitexperiment
	Langzeitexperiment
der Reichweite der Aussagen	Qualitative Experimente
	Quantitative Experimente
der Nähe zum Objekt	direktes Experiment
	Modellexperiment
	Gedankenexperiment

Verschiedene Offenheitsgrade von Experimenten

Ein weiteres Kriterium bei der Auswahl von Experimenten sind die unterschiedlichen Offenheitsgrade.

Der Begriff des *Offenen Experimentierens* wird in der didaktischen Forschung häufig verwendet. Er kann als eigenständiger Begriff der naturwissenschaftlichen Didaktik innerhalb einer offenen, schülerorientierten Erkenntnisgewinnung verstanden werden (Peschel, 2009a, S. 269). Eine einheitliche Definition des Begriffs wird kaum gegeben, stattdessen stehen dahinter viele unterschiedliche Auffassungen. Ein gemeinsamer Punkt in zahlreichen Definitionen ist, dass sich die Offenheit auf die Mitbestimmung des Lernenden bezieht, die allerdings nicht als vollkommen plan- und zielloses Vorgehen verstanden werden darf. Auch beim offenen Experimentieren liegen Einschränkungen und klare Zielsetzungen vor (Priemer, 2011). In allen Phasen des Lernprozesses kann die Lehrkraft in unterschiedlichen Graden Unterstützung bieten, die auf die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler abgestimmt ist (Nerdel, 2017). Einige Grade der Offenheit sollten während der Unterrichtsvorbereitung von der Lehrkraft festgelegt werden, in anderen Bereichen sollte die Lehrkraft flexibel agieren und erst während des Unterrichts den Offenheitsgrad wählen (Streller, Bolte, Dietz & La Noto Diega, 2019).

Es ist nötig, die Stellen zu verdeutlichen, an denen eine Öffnung des Experimentierens möglich bzw. bei denen eine Lenkung nötig ist. Priemer (2011) beschreibt sechs Dimensionen einer Experimentieraufgabe, die sich in unterschiedlichem Grad öffnen lassen: Fachinhalt, Strategie,

Methode, Lösung, Lösungsweg und Phase (siehe Tabelle 5). Die Dimensionen sind nicht unabhängig voneinander, sondern miteinander verknüpft. Die Dimension der Phase umfasst die verschiedenen Schritte des Experimentierprozesses (Fragestellung, Hypothesenbildung, Planung, Aufbau, Durchführung, Auswertung, Interpretation und Bewertung). Alle anderen fünf Phasen können für jede dieser Unterphasen einzeln Anwendung finden. Auf eine genaue Ausführung der einzelnen Dimensionen wird an dieser Stelle verzichtet.

Tabelle 5: Dimensionierung und Graduierung des offenen Experimentierens im Überblick (in Anlehnung an Priemer, 2011, S. 325)

Dimension	Graduierung
Fachinhalt	← ein Fachinhalt vorgegeben – mehrere Fachinhalte vorgegeben – keine Vorgabe zum Fachinhalt →
Strategie	← Strategie vorgegeben – Strategie vorskizziert – keine Vorgabe zur Strategie →
Methode	← Methode vorgegeben – Methode skizziert – keine Vorgabe zur Methode →
Lösung	← eine Lösung – mehrere Lösungen →
Lösungsweg	← ein Lösungsweg – mehrere Lösungswege →
Phase	← Vorgehen vorgegeben – Vorgehen vorskizziert – keine Vorgabe zur Vorgehen →

Eine der sechs Dimensionen des offenen Experimentierens ist die der Phase (ebd.). Mayer und Ziemek (2006) und Baur et al. (2017a) nehmen die einzelnen Experimentierphasen in Bezug auf die Schülerselbstständigkeit in den Blick. Erstere verstehen unter einem offenen Experimentieren einen erhöhten Grad der Schülerselbstständigkeit (siehe Tabelle 6). Die Rolle der Lehrperson wechselt von einem Wissensvermittler hin zu einem Unterstützer. Dabei wird zwischen fünf Graden der Schülerselbstständigkeit unterschieden. Für jede der fünf Experimentierphasen wird ein Öffnungsgrad verzeichnet. Von einer völligen Steuerung durch die Lehrkraft über eine Kooperation von Lehrkraft und Schüler bis hin zur selbstständigen Erarbeitung durch die Schüler ist eine Einteilung vorgenommen. Der Grad der Öffnung ist in jeder einzelnen Phase abhängig von der Selbstständigkeit der Schüler. Je höher diese Selbstständigkeit ist, desto höher ist der Grad der Öffnung (Mayer & Ziemek, 2006).

Tabelle 6: Grade der abgestuften Schülerselbstständigkeit beim Experimentieren (nach Mayer & Ziemek, 2006, S. 9)

Grad	Fragestellung/ Hypothese	Planung	Durchführung	Auswertung	Interpretation
0	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Lehrer	Lehrer
1	Lehrer	Lehrer/Schüler	Schüler	Schüler	Lehrer/Schüler
2	Lehrer	Lehrer/Schüler	Schüler	Schüler	Lehrer/Schüler
3	Lehrer/Schüler	Lehrer/Schüler	Schüler	Schüler	Schüler
4	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler	Schüler

Baur et al. (2017a) betrachten ebenfalls verschiedene Offenheitsgrade der einzelnen Phasen eines Experiments (siehe Tabelle 7 auf Seite 41). Grundlage ist die Diskussion über die Umsetzung von Experimenten im Unterricht. Dabei stehen sich zwei Unterrichtsformen gegenüber: geschlossenes/angeleitetes und offenes Experimentieren. Bei dem geschlossenen Experimentieren erhalten die Schüler eine vorgegebene Experimentieranleitung, die sie mithilfe oder alleine ausführen können. Es wird oft von einem Experimentieren nach Kochbuch oder Kochrezept gesprochen (Metzger & Sommer, 2010). Zum Einstieg und dem Erwerb grundlegender Fähigkeiten und Fertigkeiten bietet sich diese Unterrichtsform an (z. B. Umgang mit Labormaterialien). Mit der Zeit sind die Grundlagen jedoch verfügbar und eine weitere Ausführung angeleiteter Experimente lässt keine kognitive Entfaltung mehr zu. Zudem führt das schematische Experimentieren zu einem eingeschränkten Verständnis. Die gegensätzliche offene Unterrichtsform ist, wie oben beschrieben, in der Literatur nicht einheitlich definiert.

Mithilfe eines Planungs- und Gestaltungsrasters lässt sich die Öffnung der einzelnen Phasen des Experimentierprozesses in vier Offenheitsgraden veranschaulichen (Baur, Hummel, Emden & Schröter, 2020). Dieses Raster wird in einer zweidimensionalen Matrix dargestellt. Auf der einen Seite stehen die Experimentierphasen, auf der anderen Seite die Offenheitsgrade. Die Experimentierphasen sind in die fünf Phasen Fragestellung, Hypothese, Planung/Experiment, Auswertung und Schlussfolgerung unterteilt (siehe Experimentierphasen in Kapitel 2.2). Der Grad der Offenheit unterscheidet sich in geschlossen, leicht geöffnet, geöffnet und offen. Während die Anleitung der Lehrkraft mit steigendem Offenheitsgrad sinkt, nimmt die Selbstständigkeit der Schüler zu. Das soll im Folgenden an der Experimentierphase der Fragestellung beispielhaft erklärt werden: Bei einem geschlossenen Experiment beschäftigt sich der Lernende mit einer gestellten Frage. In der mäßig geöffneten Stufe kann der Lernende aus einer Auswahl von Fragen auswählen. Eine eigene Fragestellung kann der Lernende in der geöffneten und offenen Stufe entwickeln, wobei er in der geöffneten Stufe noch verbale oder mediale Unterstützung braucht, die in der offenen Stufe entfällt. Während der Schüler zu Beginn also noch mehr Unterstützung von der Lehrkraft benötigt, hat er in der offenen Stufe seine Fähigkeiten und Fertigkeiten soweit entwickelt oder schon zu Beginn gehabt, dass ein selbstständiges Arbeiten möglich ist. Wenn eine Öffnung zu schnell erfolgt, führt das zu einer Überforderung und lässt keinen Kompetenzaufbau zu.

Experimente müssen im Unterricht so gestaltet sein, dass sich in den unterschiedlichen Phasen die verschiedenen Öffnungsgrade differenzieren lassen. So können Schüler in einem geschützten Rahmen das Experimentieren schrittweise erlernen und festigen. Der Öffnungsschritt darf allerdings nicht zu schnell stattfinden, um eine Überforderung zu verhindern. Zudem muss die Öffnung nicht in allen Experimentierphasen parallel ablaufen, sondern kann in jeder Phase individuell zu verschiedenen Zeitpunkten erfolgen. Ein Schüler

kann bei der Fragenstellung noch Unterstützung benötigen, während er die Planung des Experiments schon eigenständig durchführt (ebd.). In der fortschreitenden Öffnung der Experimente werden beim geschlossenen Experimentieren Ziele verfolgt, die beim offenen Experimentieren um weitere Ziele ergänzt werden (Baur et al., 2017a, S. 17f.):

Ziele des geschlossenen Experimentierens:

- Wecken von Motivation und Interesse für Naturwissenschaften
- Ermöglichen von Primärerfahrungen
- Üben des Umgangs mit Laborgeräten
- Untersuchungsmethoden kennenlernen
- Schulen der Denk- und Urteilsfähigkeiten

Ziele des offenen Experimentierens

(ergänzen die Ziele des geschlossenen Experimentierens):

- Fördern der Problemlösefähigkeiten
- Fördern der Selbstständigkeit und Selbstwirksamkeit
- Vermitteln von Erkenntnismethoden
- Aufzeigen von Facetten des „Wesens“ von Naturwissenschaften

Mit Blick auf die Lernenden, den Inhalt und die Lehrkraft (didaktisches Dreieck) erfolgt eine individuelle Öffnung der einzelnen Phasen. Ziel ist es, die Schüler sukzessive zum offenen Experimentieren heranzuführen, wenn nötig kann eine Öffnung trotzdem wieder zurückgenommen werden. Letztendlich soll durch das Gestaltungs- und Planungsraster, als Hilfsmittel für den Unterricht, die Kompetenzentwicklung der Schüler begünstigt werden (Baur et al., 2020).

Tabelle 7: Offenheitsgrad eines Experiments nach Baur et al. (2017a, S. 15)

		Grad der Offenheit			
		0 geschlossen	1 leicht geöffnet	2 geöffnet	3 offen
Fragestellung	Schüler beschäftigen sich mit einer vorgegebenen Fragestellung.	Schüler wählen aus verschiedenen vorgegebenen Fragestellungen aus.	Schüler erstellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Fragestellung.	Schüler entwickeln eine Fragestellung.	
Hypothese	Schüler beschäftigen sich mit einer vorgegebenen Hypothese.	Schüler wählen aus verschiedenen vorgegebenen Hypothesen aus.	Schüler stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine eigene Hypothese auf.	Schüler stellen eine Hypothese auf.	
Planung – Experiment	Schüler arbeiten nach einer vorgegebenen Anleitung.	Schüler wählen ihre Vorgehensweise aus verschiedenen vorgegebenen Möglichkeiten aus.	Schüler planen mit Hilfestellung (medial, verbal) ein Vorgehen.	Schüler planen ihr Vorgehen.	
Auswertung	Schüler werten die Daten nach Anleitung aus.	Bei manchen Experimenten möglich: Schüler wählen aus verschiedenen vorgegebenen Darstellungsmöglichkeiten (Tabelle, Balken, Säulen, Liniendiagramm) aus.	Schüler werten mit Hilfestellung (medial, verbal) die ermittelten Daten aus.	Schüler suchen sich selbstständig ein Verfahren zur Datenauswertung aus.	
Schlussfolgerung	Schüler setzen sich mit vorgegebener Schlussfolgerung auseinander.	Schüler wählen aus verschiedenen vorgegebenen Schlussfolgerungen aus.	Schüler stellen mit Hilfestellung (medial, verbal) eine Schlussfolgerung auf.	Schüler ziehen Schlussfolgerung.	

Das Diagramm zeigt zwei gegenüberliegende, sich überlappende Balken. Der obere Balken ist hellgrau und zeigt von links nach rechts abnehmende Dicke, beschriftet mit 'Selbstständigkeit Schüler'. Der untere Balken ist dunkelgrau und zeigt von links nach rechts zunehmende Dicke, beschriftet mit 'Anleitung Lehrer'.

Die PISA-Studie von 2015 zeigt, dass Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht nur selten die Möglichkeit zum Experimentieren, Forschen und eigenständigen Nachdenken bekommen. Zudem führen sie die Experimente meist nach vorstrukturierten Angaben durch, statt selbst Experimente zu entwickeln (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016). Hof (2011) stellt in seiner Studie fest, dass eine stärkere Lenkung von Experimentiersituationen zu mehr Fachwissen führt. Allerdings wird durch eine offene Situation der Erwerb von methodischem Wissen stärker unterstützt. Stolz (2018) untersucht in einer Studie die Auswirkung unterschiedlicher Öffnungsgrade auf Leistung und Motivation von Schülern. Dabei wird die Fragestellung von der Lehrkraft vorgegeben und gemeinsam mit den Schülern besprochen. Das Aufstellen einer Hypothese, die Durchführung und Datenevaluation sind von den Schülern in Gruppen zu leisten. Der Öffnungsgrad unterscheidet sich ausschließlich bei der Planung des Experiments. Bei einem niedrigen Öffnungsgrad gibt die Lehrkraft eine Anleitung vor, während sich die Schüler bei einem hohen Öffnungsgrad selbstständig die Schritte überlegen. Es zeigt sich, dass die Vorbehalte gegenüber eines verminderten Wissenserwerb während

des Experimentierens mit hohem Öffnungsgrad unbegründet sind. Die Schüler beider Gruppen eignen sich in gleichem Maße Fachwissen an. Allerdings gehen die Schüler in der offenen Experimentiersituation bewusster mit der gestellten Aufgabenstellung um (Stolz & Erb, 2014).

***Offenes Experimentieren** ist Experimentieren, bei dem mindestens einer der Schritte ‚Fragestellung‘, ‚Hypothesenbildung‘, ‚Planung des Experiments‘ oder ‚Auswertung des Experiments‘ (besser aber: mehrere Schritte) nicht unmittelbar von der Lehrkraft, durch Materialien oder andere Quellen vorgegeben ist.*

Beim offenen Experimentieren gibt es unterschiedliche Ausprägungen der Offenheit. Der größte Offenheitsgrad besteht, wenn alle Phasen des Experiments von einzelnen Schülern oder in der Gruppenarbeit selbst verantwortet werden. (Baur, Ehrenfeld, Hummel & Schröter, 2017b, S. 14, Hervorhebung im Original)

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Bei der Anwendung von Experimenten wird zwischen einer Produkt- und Prozessorientierung unterschieden. Forschungsergebnissen zufolge ist der Chemieunterricht häufig produktorientiert, es steht also der reine Erwerb von Faktenwissen im Vordergrund. Das Ziel eines Chemieunterrichts sollte allerdings über das reine Faktenwissen hinausgehen und die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung berücksichtigen. Die Prozessorientierung ermöglicht Lernprozesse in diesen Bereichen, sodass bei den Schülern durch eigene Ergebnisse ein Verständnis hervorgerufen wird (Barke, Harsch, Marohn & Krees, 2015; Sumfleth, Rumann, Nicolai, 2018). Durch die Schwerpunktsetzung auf das Experimentieren wird also keineswegs das Ergebnis des Experiments vernachlässigt, vielmehr wird durch den aktiven Lernprozess neues Wissen generiert.

Vor einem Einsatz im Unterricht sollten Rahmenbedingungen und Kriterien geklärt sein. Das Experiment wird in dieser Studie als Unterrichtsgegenstand bzw. als Lernziel eingesetzt. Im Fokus steht somit der Weg der Erkenntnisgewinnung mit seinen einzelnen Phasen, der Fachwissensgewinn ist nachgeordnet (Sommer et al., 2021). Um den Prozess nachvollziehen zu können sowie Fertigkeiten und Fähigkeiten zu erwerben, dürfen die Schüler nicht nur Beobachter sein, sondern müssen die Experimente selbstständig durchführen (Bader et al., 2018). Das „Experimentieren“ auf eine kochrezeptartig ablaufende Tätigkeit zu reduzieren, ohne dass die Schüler wissen, was sie eigentlich tun, ist nicht ausreichend. Auch wenn dabei naturwissenschaftliche Prozesse ablaufen, bleiben das Verstehen von Hintergründen und das bewusste Wahrnehmen und Begründen oft aus. Trotzdem ist eine kochrezeptartige Heranführung an die Durchführung von Experimenten möglich, da eine erste Neugier und ein Interesse geweckt werden (Barzel et al., 2012, S. 111f.). Gleichzeitig ermöglicht eine mit einzelnen Schritten vorgegebene Musterlösung des Experimentierprozesses ein detailliertes

Nachvollziehen des abstrakten Prozesses (Paas & van Merriënboer, 1993). Zudem bietet die Herangehensweise die Möglichkeit, methodische Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu erwerben. Durch die vorgegebenen einzelnen Lösungsschritte ist die kognitive Belastung im Arbeitsgedächtnis reduziert, weshalb sich diese Variante besonders für Kinder und Jugendliche mit kognitiven Beeinträchtigungen eignet (Chandler & Sweller, 1991; Choi, van Merriënboer & Paas, 2014; Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011). Das Ziel sollte dennoch immer sein, sich von kochrezeptartigen Experimenten zu lösen und den Öffnungsgrad nach und nach zu erhöhen. Jedoch ist aus den zuvor genannten Gründen in dieser Studie der Einstieg in das Experimentieren durch eine kochrezeptartige Experimentieranleitung, welche alle relevanten Schritte abbildet, vorgesehen. Auch im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit können die Schüler auf solch eine Experimentieranleitung zurückgreifen, falls sie diese benötigen. Für Schüler, die den Forschungsprozess bereits verinnerlicht haben, besteht die Möglichkeit, sich einzelne Aspekte, wie beispielsweise das Experimentiermaterial weiterhin vorgeben zu lassen, während die Durchführung eigenständig erfolgt. In der höchsten Öffnungsstufe können die Schüler ohne Vorgaben experimentieren. Dementsprechend wird während der gesamten Studie angestrebt, die Experimente nach den individuellen Lernständen der Schüler immer weiter zu öffnen.

Die Beachtung der Anforderungen an naturwissenschaftliche Experimente reicht jedoch nicht immer aus. Schüler weisen unterschiedliche Kompetenzen und Erfahrungen mit Experimenten auf. Damit alle Schüler mit ihren individuellen Voraussetzungen erfolgreich an Experimenten teilnehmen können, sollten diese differenziert angeboten werden (Tschentscher & Kulgemeyer, 2014, S. 19). Mögliche Gestaltungsmerkmale von Lernmaterialien finden sich in Kapitel 3.

Zur Einschätzung, welche experimentellen Kompetenzen bei Schülern vorliegen und wann demnach eine individuelle Öffnung erfolgen kann, braucht es geeignete Instrumente. Im anschließenden Kapitel werden verschiedene Instrumente vorgestellt.

2.4 Instrumente zur Messung experimenteller Kompetenz

Nach Di Fuccia und Ralle (2009, S. 72) sind Schülerexperimente im Chemieunterricht als Instrument zur Leistungsbeurteilung geeignet. Leistungsbeurteilung ist dabei von der Leistungsbewertung zu unterscheiden. Häufig werden diesen beiden Begriffen von verschiedenen Autoren unterschiedliche Bedeutungen zugeschrieben oder sie werden mit synonymen Begriffen bezeichnet. Sacher (2009, S. 85f.) versteht unter Leistungsbeurteilung oder -messung eine möglichst wertfreie Feststellung, von dem, was die Schüler schon verstanden haben, und wo sie noch weitere Übung benötigen. Eine Leistungsbewertung hingegen ordnet die getätigte Leistungsbeurteilung in eine Bezugsnorm ein und schreibt der

Leistung einen Wert zu, beispielsweise durch eine Notenvergabe. In § 50 der SchulO RP (2009) sind die Begriffe Leistungsfeststellung und Leistungsbeurteilung unterschieden. Dabei lässt sich der Begriff Leistungsfeststellung synonym zu der zuvor definierten Leistungsbeurteilung oder -messung verstehen. Die Leistungsbeurteilung wird in § 50 Absatz 2 SchulO RP im Vergleich zur Norm gesetzt und in Noten ausgedrückt. Im Sinne einer Leistungsbeurteilung (Sacher, 2009) bzw. Leistungsfeststellung ([SchulO RP], 2009) können Experimente die derzeitigen vielfältigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen (Kenntnisse) der Schüler abbilden.

Allgemein lassen sich Leistungen im Kontext naturwissenschaftlicher Bildung auf verschiedenen Wegen messen (Duit et al., 2014, S. 174–182):

- Aufgaben mit offenem Antwortformat: Die offene Antwort kann aus einem Wort, Symbol, einer freien Formulierung oder Ausarbeitung eines Lösungsweges bestehen.
- Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben: Bei den Multiple-Choice-Aufgaben wählen die Schüler eine richtige Antwortmöglichkeit aus, während die Schüler bei den Zuordnungsaufgaben Begriffe, Sätze oder Aussagen einander zuordnen.
- Begriffsnetz (Concept Map): In einer grafischen Darstellung stellen Knoten Begriffe, Verbindungen zwischen den Knoten die Beziehungen zwischen den Begriffspaaren und Beschriftungen der Verbindungslinien die Art der Beziehung her.
- Sammeln von Leistungsnachweisen (Portfoliomethode): In einer Mappe werden über einen gewissen Zeitraum kleinere und größere Arbeiten zu den naturwissenschaftlichen Themen des Unterrichts gesammelt.
- Experimentaltests: Bei solch einem Test soll eine Untersuchung eigenständig geplant, durchgeführt, protokolliert und interpretiert werden.

Es stellt sich die Frage, wie die Schülerleistungen beim Experimentieren ermittelt werden können. Nach Duit et al. (2014, S. 172, 182) gelingt die Messung des Anwendens von naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden und Denkweisen in einer problemhaltigen Situation durch das Entwickeln freier Antworten, durch die Portfoliomethode oder durch Experimentaltests. Trotz dieser Möglichkeiten scheint die Erfassung der Schülerleistungen beim Experimentieren ein grundsätzliches Problem zu sein (Schreiber, Theyßen & Schecker, 2014, S. 163). Meist wird beim Experimentieren ein inhaltlich gebundener Fachwissenstests durchgeführt und nicht die Sicherheit beim Experimentierprozess gemessen (Bauer et al., 2018; Schreiber et al., 2009). Nachfolgend sind exemplarisch einige Messinstrumente zur Leistungsbeurteilung von Schülern beim Experimentieren aufgelistet und im nachfolgenden Absatz kurz beschrieben. Da in dieser Studie der Prozess des Experimentierens und nicht der Fachwissenserwerb betrachtet wird, werden nur Messinstrumente zur Einschätzung des Experimentierens an sich benannt und auf die Aufführung von Wissenstests verzichtet:

- Verschiedene Instrumente der Leistungsbeurteilung von Schülern ab der Sekundarstufe (Di Fuccia, 2008)
- Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen-Tests (NAW-Test) zur Messung experimenteller Arbeitsweisen von Schülern an Gymnasien zu verschiedenen konkreten Themen auf Basis des SDDS-Modells (Klos, Henke, Kieren, Walpuski & Sumfleth, 2008)
- Messung experimenteller Kompetenz durch einen Test mit einem Realexperiment, einem Simulationsbaukasten oder einem schriftlichen Test in Physik (Schreiber et al., 2009)
- Tests zur Messung von experimenteller Kompetenz im gymnasialen Physikunterricht (Dickmann, 2016)
- Modell experimenteller Kompetenz, das als Raster für die Diagnose von experimentellen Fähigkeiten der Schüler dienen kann (Maiseyenko, Schecker & Nawrath, 2013)
- Längsschnittstudie von Bullock und Sodian (2003) und Bullock und Ziegler (1999) zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens

Di Fuccia hat verschiedene Instrumente zur Leistungsbeurteilung von Schülern ab der Sekundarstufe eingesetzt. Gemeinsam mit Lehrkräften wurde eine Vielzahl von Instrumentenideen entwickelt, die von den Lehrkräften flexibel im Unterricht einsetzbar sind. Dazu gehören abgewandelte und unvollständige Versuchsvorschriften, die eigenständige Planung eines Experiments und der Zwang zur Prognose. Durch die Instrumente können Informationen über die Leistung der Schüler gewonnen werden, die zu einer besseren Lernberatung der Schüler verhelfen. Eine daraus folgende Leistungsbewertung in Form einer eigenständigen Notengebung sehen die Lehrkräfte skeptisch, auch wenn die Beobachtungen in die allgemeine Notenfindung einfließen können (Di Fuccia & Ralle, 2009).

Bei den NAW-Tests werden drei Schritte des naturwissenschaftlichen Arbeitens gesehen: Ideen-/Hypothesenbildung, experimentelle Umsetzung und Schlussfolgerung. Die Tests sind im Multiple-Choice-Antwortformat erstellt. Nachdem die Schüler einen Informationstext mit dem für die Aufgabe benötigten Wissen erhalten haben, erfolgt eine Problembeschreibung. Die Schüler müssen angeben, ob sie die Idee/Hypothese für geeignet oder ungeeignet halten. Zum Schluss müssen die Schüler die Experimente einschätzen und die daraus resultierenden konkreten und allgemeinen Schlussfolgerungen angeben. Die erstellten NAW-Tests befassen sich alle mit einem bestimmten Phänomen und sind nicht allgemein übertragbar (Klos et al., 2008).

Im Physikunterricht kann nach Schreiber et al. (2009) die experimentelle Kompetenz durch einen Test mit einem Realexperiment, einen Test mit einem Simulationsbaukasten oder einen schriftlichen Test erfasst werden. Die Testung durch ein Realexperiment ist in der Durchführung und Auswertung sehr aufwendig. Ein schriftlicher Test hingegen dokumentiert

meist keine prozessbezogenen Aspekte, sondern ausschließlich das Fachwissen. Aus diesem Grund hat er sich zum Ziel gesetzt, ein Testverfahren zu entwickeln, welches die prozess- und handlungsbezogenen Aspekte experimenteller Kompetenz erfasst. Als Grundlage dafür nutzen Schreiber et al. Simulationsbaukästen, die vielfältige experimentelle Handlungsmöglichkeiten bieten. Ein Simulationsbaukasten ist auf ein bestimmtes Thema, wie beispielsweise eine Schaltung in einem Stromkreis, fokussiert. Die Voraussetzung für die Entwicklung von Simulationsbaukästen sehen die Autoren in einem Konstrukt experimenteller Kompetenz, auf dessen Basis eine geeignete Erhebungsmethode getestet werden kann. Das Modell experimenteller Kompetenz ist in die Bereiche Planung, Durchführung und Auswertung eingeteilt (eXkomp-Modell). Eine genaue Beschreibung des Modells zeigt Kapitel 2.2 auf. Von den drei Bereichen fokussiert die Studie die Durchführung. Das Ergebnis zeigt, dass Computersimulationen den reinen Multiple-Choice-Aufgaben überlegen sind und mit den Experimentiertests in Realsituationen zu gleichen Fähigkeitsverteilungen führen.

Auf Basis des Aufgabenentwicklungsmodells (siehe Kapitel 2.2) ist der MeK-LSA Experimentiertest entwickelt worden, mit dem die experimentelle Kompetenz von Schülern des Gymnasiums in den Bereichen Planung, Durchführung und Auswertung während einer tatsächlichen experimentellen Handlungssituation gemessen werden kann. Der MeK-LSA Test beinhaltet Aufgaben zu den Themen Elektrizitätslehre sowie Optik und Mechanik, die am Computer gelöst werden (Dickmann, 2016).

Das Modell der experimentellen Kompetenz von Maiseyenko et al. (2013) hat eine doppelte Funktion. Zum einen dient das Modell als Grundlage einer Planung und Durchführung naturwissenschaftlich experimentellen Unterrichts. Dabei können Lehrkräfte durch Aufteilung in die verschiedenen Teilkompetenzen ihren Unterricht reflektieren und besonders geförderte oder noch förderungsbedürftige Bereiche identifizieren. Auf der anderen Seite bietet das Modell ein Raster, mit dessen Hilfe eine Diagnose über die experimentellen Fähigkeiten von Schülern erstellt werden kann. Auf dessen Basis kann den Schülern rückgemeldet werden, wie sie sich entwickelt haben, wo sie ausgeprägte Kompetenzen haben und an welcher Stelle noch eine Verbesserung aussteht. Für die Diagnose der Kompetenz gibt es ein dreistufiges Raster. Im Allgemeinen bedeutet Stufe 0 ein niedriges, Stufe 1 ein mittleres und Stufe 2 ein hohes Kompetenzniveau. Am Beispiel des Aspekts „Versuch funktionsfähig aufbauen“ bedeutet Stufe 0 eine fehlerhafte bzw. unvollständige Versuchsanordnung, Stufe 1 eine funktionsfähige Versuchsanordnung mit geringer Hilfe einer Person und Stufe 2 eine funktionsfähige, eigenständig aufgebaute Versuchsanordnung (Maiseyenko, 2014). Einen groben Überblick der Beschreibung einer Teilkompetenz zeigt Tabelle 8, eine ausführliche Beschreibung findet sich in Nawrath et al. (2011).

Tabelle 8: Überblick über die Teilaspekte experimenteller Kompetenz nach Maiseyenko (2014, S. 22)

Teilkompetenz	Beschreibung
Fragestellung entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> • zielgerichtet • konkret • auf theoretische Annahmen bezogen
Vermutung aufstellen / Hypothese bilden	<ul style="list-style-type: none"> • basiert auf wissenschaftlicher Fragestellung • Vermutung: Bezug auf Vorerfahrung • Hypothese: Bezug auf theoretisches Vorwissen • Rahmen für Messungen und Beobachtungen
Experiment planen	<ul style="list-style-type: none"> • Zielklarheit • Geräte und Materialien festlegen • zu untersuchende Größe klären • Variablenkontrolle beachten
Versuch funktionsfähig aufbauen	<ul style="list-style-type: none"> • Geräte zusammenstellen • Versuchsanordnung aufbauen • Funktionsfähigkeit kontrollieren • systematisch Fehler suchen
Beobachten/Messen/ Dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> • kriteriengeleitet beobachten • sorgfältig, genau, mehrfach messen • vollständig, sorgfältig und genau dokumentieren
Daten aufbereiten	<ul style="list-style-type: none"> • Daten tabellarisch, grafisch oder textlich aufbereiten • Formeln anwenden • nach Zusammenhängen suchen • vergleichend analysieren
Schlüsse ziehen/ diskutieren	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse interpretieren • Rückbezug auf Frage/Hypothese/Vermutung nehmen • Hypothese/Vermutung kritisch reflektieren und ggf. überarbeiten • Fehler analysieren • eigene Position in Diskussion vertreten

In der LOGIK-Studie (Münchener Longitudinalstudie zur Genese individueller Kompetenzen) wird die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens in einer Längsschnittstudie von Grundschulern ab einem Alter von acht Jahren bis 21 Jahren betrachtet. Dazu wurde den Probanden ein spezielles Experiment präsentiert, zum Beispiel eine Testbatterie, bei der die Variablenkontrolle auf verschiedene Arten getestet wurde: prozedurales Wissen (spontane eigene Experimente oder Auswahl von geeigneten Experimenten) und deklaratives Wissen (Beurteilung von Experimentierstrategien). Die Längsschnittstudie zeigt, dass es starke zeitlich individuelle Unterschiede gibt, wann Kinder die Variablenkontrollstrategie lernen. So entdeckten von den Probanden 28 % mit elf Jahren, 26 % mit 17 Jahren, 22 % mit 21 Jahren und 24 % gar nicht die Strategie. Von den Kindern, die die Strategie früh entdeckten, behielten die meisten sie konsistent bei. Die LOGIK-Studie verdeutlicht, dass schon Grundschul Kinder ein Verständnis von Experimentierstrategien haben und es große individuelle Unterschiede gibt (Koerber, Sodian, Thoermer & Grygier, 2008).

Die aufgelisteten Studien stellen eine Auswahl von vorhandenen Erhebungen dar, mit denen die experimentelle Kompetenz von Schülern an Regelschulen gemessen wird. Auf die Ausführung weiterer Studien wird aufgrund der nicht möglichen Übertragbarkeit auf die Schulform im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung verzichtet (siehe für weitere Studien u. a. Gut-Glanzmann, 2012; Vorholzer, Aufschnaiter & Kirschner, 2016).

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

In einigen der genannten Messinstrumente wird nicht der Begriff der experimentellen Kompetenzen, sondern der Begriff Leistungsbeurteilung bzw. -feststellung verwendet. Der Begriff der Kompetenz erhält immer mehr Einzug in das Bildungswesen und hat den Begriff der Leistung ersetzt (Weinert, 2014). In Kapitel 2.2 werden der Kompetenzbegriff definiert, verschiedene Kompetenzmodelle aufgezeigt und die zugrundeliegende Arbeitsdefinition der experimentellen Kompetenz dieser Studie festgelegt. Die Frage ist, wie die experimentelle Kompetenz gemessen werden kann. Die meisten Tests zur Erfassung experimenteller Kompetenz sind Paper-Pencil-Tests (Theyßen et al., 2016). Diese Tests erfassen allerdings meist nur das inhaltliche Fachwissen und vernachlässigen den Aspekt der praktischen Ausführung während einer experimentellen Untersuchung (Schecker & Parchmann, 2006). Dabei werden für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung explizit die Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen sowie zur praktischen Ausführung von Arbeitstechniken gefordert (Meier & Mayer, 2012). Die Tests, die ihren Fokus ebenfalls oder besonders auf den Aspekt der Durchführung legen, sind inhaltsgebunden. Sie können die experimentelle Kompetenz zu einem bestimmten Zeitpunkt und Themengebiet erfassen, sind allerdings nicht auf andere Kontexte übertragbar. Zudem sind die Messinstrumente hauptsächlich für Schüler des Gymnasiums entwickelt, teilweise für Schüler anderer Schulformen. Auch nach Metzger (2013) ist die Übertragbarkeit von Modellen zur Entwicklung der Kompetenz auf andere Themen, Situationen und Personengruppen schwierig. Eine Ausnahme ist das Modell experimenteller Kompetenz von Maiseyenko (2014), welches auf unterschiedliche Themen anwendbar ist.

Es lassen sich von der Verfasserin keine Messinstrumente zur Erfassung experimenteller Kompetenz von Förderschülern finden, die auf variable Situationen übertragbar sind. Aus diesem Grund wird auf Basis der bestehenden Instrumente und der zweidimensionalen Matrix nach Baur et al. (2017a) (siehe Kapitel 2.3) ein eigener Beobachtungsbogen erstellt, um die experimentelle Kompetenz der Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung über einen längeren Zeitraum erfassen zu können (siehe Kapitel 6.4).

3 Gestaltung von Lernmaterialien für das naturwissenschaftliche Experimentieren

Das Fehlen von geeigneten Lernmaterialien für Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen stellt ein grundsätzliches und international wahrgenommenes Problem dar (Bancroft, 2002). Ein besonders großer Mangel an Lernmaterialien besteht im Kontext der Naturwissenschaften (Blaseio, 2014; Scholz, Dechant, Dönges & Risch, 2018).

Bei Schülerexperimenten erhält das Arbeitsblatt als Unterrichtsmedium eine wichtige Rolle, da es zum einen die Experimentiervorschrift und zum anderen eine Protokollvorlage für die Lernenden vorgibt. Zu den grundlegenden Elementen zählen: Titel, Einleitung, Geräte und Chemikalien, Skizze des Versuchsaufbaus (wenn nötig), Durchführung bzw. Experimentiervorschrift, Beobachtung und Auswertung (Bader et al., 2018). Sowohl die Experimentiervorschriften, auch Experimentieranleitungen genannt, als auch der Protokollbogen sind unter dem Begriff Lernmaterial zusammengefasst. Gemeinsam mit dem jeweiligen dazugehörigen Experiment bilden sie eine Lernstation. Bei der Gestaltung der Experimentiervorschriften und dem Protokollbogen sind verschiedene Merkmale und Voraussetzungen auf Seiten der Schüler zu beachten.

Dieses Kapitel beinhaltet verschiedene Aspekte, die bei der Erstellung von Lernmaterialien beachtet werden sollten. Einzelne Aspekte sind spezifisch für das naturwissenschaftliche Experimentieren. Andere Aspekte sind übergreifend für Lernmaterialien verschiedener Kontexte zutreffend und somit auch auf Experimentieranleitungen anwendbar. Des Weiteren werden Merkmale bei der Materialgestaltung für alle Schüler oder teilweise für eine bestimmte Schülergruppe benannt. Als Rahmenbedingung zur Materialgestaltung kann das UD- bzw. UDL-Konzept angewendet werden. Trotzdem braucht es Maßnahmen zur Gestaltung von Lernmaterialien. Diese Merkmale lassen sich in die Bereiche der verschiedenen Aneignungswege sowie der sprachlichen, visuellen und kognitiven Gestaltung unterteilen, die in jeweils einem Unterkapitel genauer erläutert werden.

Universal Design

In der Pädagogik wird als unterrichtliche Konsequenz von Heterogenität und Diversität meist von Individualisierung gesprochen. Das Lernangebot wird infolge einer vorherigen Diagnose für die Schüler adaptiert und individuelle Förderangebote erstellt (Walkowiak & Nehring, 2017). Im deutschsprachigen Raum spricht man im Rahmen von Unterricht meist von heterogenen Lerngruppen. Nach Abels und Markic (2013) sollte der Begriff Diversität bevorzugt werden. Während der Begriff Heterogenität die Lernenden als unterschiedlich betrachtet und diese

Unterschiedlichkeit als Problem wahrgenommen wird, erkennt der Begriff Diversität die Unterschiede an und sieht diese als Gewinn. Auch der Universal Design for Learning-Ansatz nimmt die Diversität der Lernenden in den Blick und will die Vielfalt und die Bedürfnisse von möglichst vielen Schülern berücksichtigen.

Der Begriff **Universal Design** (kurz: UD) ist seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention auch in Deutschland einer breiteren Öffentlichkeit bekannt. Die Idee kommt aus dem Amerikanischen und ist aus verschiedenen Entwicklungen entsprungen (Fisseler, 2020). Der UD versteht sich als Ansatz, „der die Bedarfe möglichst vieler Menschen berücksichtigt, statt individuelle Lösungen zu fordern, und bedeutet demnach auch Inklusion, soziale Integration und das Mitdenken von Heterogenität und Diversität“ (Fisseler & Markmann, 2012, S. 14). Dem Ansatz liegen sieben Prinzipien zugrunde (The Center of Universal Design, 1997, deutsche Übersetzung des Forschungsinstituts Technologie und Behinderung 2004):

- Breite Nutzbarkeit
- Flexibilität in der Benutzung
- Einfache und intuitive Benutzung
- Sensorisch wahrnehmbare Informationen
- Fehlertoleranz
- Niedriger körperlicher Aufwand
- Größe und Platz für Zugang und Benutzung

Für den Bereich der schulischen Bildung hat sich daraus der Ansatz **Universal Design for Learning** (kurz: UDL) abgeleitet. Das Konzept des Universal Design for Learning bietet eine Orientierung für eine Unterrichtsplanung und -durchführung für alle Lernenden (Hall, Meyer & Rose, 2012). Dabei blickt UDL nicht auf den einzelnen Lernenden, sondern identifiziert Barrieren, die alle Lernmaterialien mit sich bringen (Price, Johnson & Barnett, 2012). Um einen Zugang zum Unterrichtsgegenstand für alle Schüler zu ermöglichen, sind eine hohe Flexibilität der Unterrichtsgestaltung und eine Reduktion von Barrieren wesentlich, wobei der Unterricht trotzdem herausfordernd ist und eine hohe Leistungserwartung stellt (Baumann, Kieserling, Struckholt & Melle, 2018). Dabei soll UDL nicht einfach einen Zugriff auf Informationen schaffen, sondern vielmehr einen Zugang zum Lernen ermöglichen (Fisseler & Markmann, 2012). Schon vor dem Einsatz sind Lehr-Lern-Arrangements mit Einbezug der identifizierten Barrieren zu gestalten, sodass Lehrende nicht erst bei Problemen beim Lernen reagieren müssen (Michna, Melle & Wember, 2016). Durch drei zentrale Prinzipien des UDL sollen Lernende individuell unterstützt werden (CAST, 2018):

- Provide multiple means of Engagement
- Provide multiple means of Representation
- Provide multiple means of Action & Expression

Die drei Prinzipien sind jeweils in drei Richtlinien mit mehreren Unterpunkten detailliert ausgeführt. Diese Richtlinien untergliedern die Prinzipien in die drei Bereiche (CAST, 2018; Fisseler, 2020):

- Access (unter anderem die technische Zugänglichkeit oder Barrierefreiheit)
- Build (aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Lerngegenstand)
- Internalize (den Lerngegenstand Sich-zu-eigen-Machen und sich damit auseinandersetzen)

Die Kategorisierung der Prinzipien und ihrer Leitlinien lässt eine Art Raster entstehen, das Lehrkräfte als Checkliste für die Planung und Umsetzung von gemeinsamem Unterricht nutzen können (Rückert & van Vorst, 2008). Tabelle 9 zeigt die Prinzipien mit ihren Richtlinien auf. Unterricht, der sich an UDL orientiert, muss nicht unbedingt alle oder möglichst viele der Richtlinien in jedem Lernangebot direkt umsetzen. Durch schrittweise Umsetzung der Prinzipien und durch das Nachdenken über die Angebote, wird der Weg zu mehr Flexibilität beim Lehren und Lernen bereitet (Fisseler, 2015). Auch wenn die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und die Planung von Unterricht im Rahmen des UDL mit hohem zeitlichen Aufwand verbunden ist, sollten Lernangebote im Hinblick auf UDL entwickelt werden, da sie aufgrund der besseren Zugänglichkeit der Unterrichtsinhalte und Lernangebote einen großen Mehrwert für Schüler haben (Baumann et al., 2018).

Im Bereich des Chemieunterrichts im inklusiven Setting sind im deutschsprachigen Raum in den letzten Jahren mehrere Studien und Unterrichtseinheiten auf Basis des UDL erstellt worden. Einige Beispiele sind aufgezählt: Baumann et al. (2018); Michna et al. (2016); Schlüter, Melle und Wember (2016); Schlüter und Melle (2017) und Walkowiak und Nehring (2017).

Das Ziel von UDL ist es, Barrieren in den Methoden und Materialien, die für das Lehren und Lernen eingesetzt werden, zu vermeiden (Fisseler & Markmann, 2012). Auch wenn UDL häufig im inklusiven Bereich für Schüler mit und ohne Behinderung eingesetzt wird, ist der Ansatz weiter gefasst. UDL beschränkt sich nicht auf einen Bereich von Diversität, sondern nimmt alle Lernenden gleichermaßen wahr. Diversität lässt sich auch im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung finden. Lernmaterialien, die für diese Schülerschaft konzipiert sind, kommen nicht nur ihnen zugute. Als Grundstein von UD gilt die Einsicht, dass alle Menschen von den für Personen mit Behinderung vorgenommenen Veränderungen profitieren (Fisseler, 2020).

Tabelle 9: Prinzipien (I, II, III) und Richtlinien (1-9) des UDL (CAST, 2018; deutsche Übersetzung nach Kreamer, Proyer & Baesch, 2020, S. 41f.)

	I. Verschiedene Möglichkeiten zur Teilnahme anbieten	II. Verschiedene Arten der Vermittlung anbieten	III. Unterschiedliche Formen des Handelns und Ausdrucks ermöglichen
	Affektive Netzwerke - Das WARUM des Lernens	Erkenntnisbezogene Netzwerke - Das WAS des Lernens	Strategische Netzwerke - Das WIE des Lernens
Einstieg	7. Unterschiedliche Möglichkeiten anbieten, um Interesse zu wecken <ul style="list-style-type: none"> • Optimierung individueller Auswahlmöglichkeiten und Autonomie • Optimierung der Relevanz, des Nutzens und der Autorität • Minimierung von Bedrohung und Ablenkung 	1. Unterschiedliche Formen zur individuellen Informationsaufnahme anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Varianten zur individuellen Darstellung von Informationen zur Verfügung stellen • Alternativen zu auditiven Informationen anbieten • Alternativen zu visuellen Informationen anbieten 	4. Unterschiedliche Möglichkeiten für körperliche Aktivität anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Methoden zur Aufnahme und Reaktion variieren • Bestmöglichen Zugang zu Hilfsmitteln und unterstützten Technologien sicherstellen
Aufbau	8. Unterschiedliche Möglichkeiten, um Bemühungen und Ausdauer aufrechtzuerhalten <ul style="list-style-type: none"> • Stärkeres Hervorheben von Zielen und Richtwerten • Ansprüche und Hilfsmittel variieren, um Herausforderungen anzupassen • Zusammenarbeit und Gemeinschaft fördern • Vermehrt Feedback zur Leistungssteigerung geben 	2. Unterschiedliche Möglichkeiten der Verwendung von Sprache und Symbolen anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Vokabular und Symbole erklären und verdeutlichen • Syntax und (Sprach-)Strukturen erklären und verdeutlichen • Texte, mathematische Notationen und allgemeine Symbole dekodieren, erklären und verdeutlichen • Sprachübergreifendes Verständnis fördern • Darstellung mit Hilfe vielfältiger Medien 	5. Unterschiedliche Möglichkeiten für Ausdruck und Kommunikation anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Vielfältiger Medieneinsatz zur Kommunikation • Vielfältige Hilfsmittel für den Aufbau und die Zusammenstellung von Kommunikation einsetzen • Fließende Übergänge zwischen gestaffelten Stufen der Unterstützung beim Einüben von Leistungen schaffen
Internalisierung	9. Unterschiedliche Möglichkeiten der Selbstregulierung anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Materialien anbieten, die die Motivation optimieren • Individuelle Copingstrategien und -fähigkeiten unterstützen • Selbstwertschätzung und Reflexion anbahnen und vertiefen • Formen der Selbstüberprüfung und Reflexion entwickeln 	3. Unterschiedliche Möglichkeiten des Begreifens und Verstehens anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Hintergrundwissen aktivieren oder zur Verfügung stellen • Muster, Besonderheiten, 'große Ideen' und Zusammenhänge hervorheben • Informationsverarbeitung und Visualisierung anleiten • Optimalen Transfer und Verallgemeinerung ermöglichen 	6. Unterschiedliche Möglichkeiten für exekutive Funktionen anbieten <ul style="list-style-type: none"> • Angemessene Zielsetzungen unterstützen und anleiten • Entwicklung von Planungskompetenzen und Strategien unterstützen • Eigenständige Handhabungen von Informationen, Arbeitsmaterial und Ressourcen ermöglichen und fördern • Fähigkeiten zur Überprüfung des eigenen Fortschritts (weiter-)entwickeln
Ziel	Experten des eigenen Lernens, die... zielbewusst und motivierend sind	Experten des eigenen Lernens, die... einfallreich und sachkundig sind	Experten des eigenen Lernens, die... strategisch und zielorientiert sind

Neben dem UD- bzw. UDL-Konzept als Rahmenbedingung zur Materialgestaltung, werden weitere Maßnahmen zur Gestaltung von Lernmaterialien benötigt, die sich in verschiedene Bereiche unterteilen lassen: Aneignungswege sowie sprachliche, visuelle und kognitive Gestaltung. Die nachfolgenden Aspekte sollen demnach nicht als mögliche Differenzierungsmerkmale bzw. -maßnahmen verstanden werden, sondern als Grundlage zur Gestaltung von Lernmaterialien dienen, mit denen alle Schüler gefördert werden und am Unterricht partizipieren können. Trotzdem gibt es weiterhin Ausnahmen, wenn beispielsweise ein Lernender aufgrund von Blindheit die Schrift nicht lesen kann, und die Materialien für ihn in der Braille-Schrift zur Verfügung stehen müssen.

3.1 Verschiedene Aneignungswege

Der Mensch baut während seiner kognitiven Entwicklung zunehmend Fähigkeiten auf, um Wissen zu erwerben und zu gebrauchen (Bruner, 1971). Von verschiedenen Autoren werden unterschiedliche Aneignungswege beschrieben. Tabelle 10 zeigt verschiedene Aneignungswege, die sich inhaltlich in ihren einzelnen Ebenen ähnlich sind. Besonders die Ebene der eigenen Handlung (Zeile b) nimmt beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht einen großen Stellenwert ein. Für Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf wird der Handlungsorientierung ein hohes Potential für

das naturwissenschaftliche Lernen, dem Zugang zu naturwissenschaftlichen Inhalten und der Herausbildung von Denk- und Handlungsstrukturen zugeschrieben (Bannach, 2008).

Tabelle 10: Aneignungswege nach Bruner (1974, 17) und nach Kutzer (Menthe, Hoffmann, Nehring & Rott, 2015, S. 159)

	Bruner: Repräsentationsmodi	Kutzer: „Niveaustufen“ im Lernstrukturgitter
a	sinnliches Wahrnehmen	basal-perzeptiv
b	eigene Handlung	konkret-handelnd
c	Darstellungen (z. B. Bilder)	anschaulich-bildhaft
d	abstrakte Anschauung	symbolisch-abstrakt

Repräsentationsmodi nach Bruner (1971; 1974)

Bruner unterscheidet drei Darstellungsmethoden, die sich im Verlaufe der Entwicklung herausbilden. Unter Darstellung versteht er das verwendete Medium als Zugang oder als Ziel. Zunächst lernt ein Kind seine Umwelt hauptsächlich durch gewohnte Handlungen kennen. In der weiteren Entwicklung nimmt ein Kind Darstellungen in Bildern wahr, die unabhängig von seiner direkten Handlung sind. Ein drittes Darstellungssystem ergibt sich, wenn Handlungen und Bilder in die Sprache übersetzt werden. Als Sprache kann die natürliche oder mathematische Sprache dienen. Somit setzen sich die drei Darstellungsmethoden aus der handlungsmäßigen, bildhaften und symbolischen zusammen, die alle auf ihre eigene Art Vorgänge präsentieren. Die handlungsmäßige Methode wird als enaktive, die bildhafte Methode als ikonische und die symbolische Methode als symbolische Repräsentationsform bezeichnet. Die Sequenz verschiedener Repräsentationsmodi von enaktiv über ikonisch bis zur symbolischen Repräsentation wird als EIS-Prinzip zusammengefasst (Martignon, 2010). Bis heute haben sich die drei Repräsentationsformen für die Gestaltung des Unterrichts sowohl in Regel- als auch in Förderschulen bewährt und durchgesetzt (Hoffmann & Menthe, 2015).

Lernstrukturgitter nach Kutzer (1999)

Didaktische Fehlentscheidungen können zu einem erschwerten Lernen von Kindern führen. Das Konzept struktur- und niveauorientierten (lernstrukturgemäßen) Lernens baut auf der Erkenntnis auf, dass Lernprozesse mehrdimensional ablaufen und diese Dimensionen eng miteinander verknüpft sind. Durch eine Berücksichtigung der Dimensionen kann eine individuellere und gezieltere Lernförderung erfolgen. Dazu existiert ein Lernstrukturgitter, welches die beiden eng miteinander verbundenen Lerndimensionen Niveau und Komplexität in den Blick nimmt. Beide Dimensionen folgen einem stufenartigen Verlauf. Es werden drei Niveaustufen unterschieden, die von einer konkreten Handlung, über eine vorstellende Handlung bis hin zu Denkopoperationen an Schwierigkeit zunehmen. Bei der Komplexität wird zwischen sieben Komplexitätsstufen unterschieden.

In neueren Veröffentlichungen sind auf Grundlage von Kutzer vier Ebenen formuliert, um Lernenden einen Zugang zu Angeboten zu bieten (Hoffmann & Menthe, 2016; Weirauch, Schenk, Ratz & Reuter 2020b):

- *Basal-perzeptive Ebene:*

Zugang über Wahrnehmungsprozesse

Über die fünf Sinne wird die Umgebung erschlossen, beispielsweise durch das Erkunden von Farbe, Geruch, Geschmack oder Form. Dabei sollte die Auseinandersetzung konkret und sinnhaft in das Ziel eingebunden sein und keineswegs als reine Beschäftigung angesehen werden. Nur mithilfe eines Zusammenhangs können Schüler von den Wahrnehmungen profitieren.

- *Konkret-gegenständliche/konkret-handelnde Ebene:*

Zugang über Gegenständlichkeit und Handlung

Die Schüler können durch konkrete Handlungen Erkundigungen einholen. Dabei geht es nicht um die bloße Ausführung des Tuns, sondern vielmehr um eine kognitive Aktivierung und die Anregung von Denkprozessen. Bei den Handlungsschritten kann ein Schüler von der Lehrkraft eine Unterstützung erhalten, indem die Lehrkraft assistiert, zur Nachahmung anregt oder Handlungsschritte verbalisiert.

- *Anschaulich-symbolische/anschaulich-bildhafte Ebene:*

Zugang über Veranschaulichung und Symbolisierung

Durch Abbildungen oder Symbole kann eine Visualisierung erfolgen. Die Verbalsprache kann hierbei durch Realgegenstände, Fotos oder symbolische Abbildungen unterstützt werden, wobei deren Auswahl mit Bedacht getroffen werden sollte.

- *Abstrakt-begriffliche/symbolisch-abstrakte/begrifflich-abstrakte Ebene:*

Zugang über Abstraktionen

Ohne direkte Anschauungsmittel findet die Aneignung über Sprache, Gedanken oder Schrift statt. Der Einsatz von Schrift- und Verbalsprache sollte vorab gut reflektiert werden, beispielsweise ist zu überlegen, welche Fachbegriffe wirklich notwendig sind.

Alle vier Zugangsebenen stehen für alle Lernenden offen. Die Ebenen beeinflussen sich gegenseitig, sind nicht streng voneinander abgrenzbar und es gibt keine Hierarchie unter ihnen (Weirauch et al., 2020b). Das Lernstrukturgitter wird in einigen Studien als Planungsraster/-instrument für den (inklusive) naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt, u. a. von Goschler (2018), Hoffmann und Menthe (2016), Menthe et al. (2015), Sasse und Schulzeck (2013), Weirauch, Goschler, Schenk & Ratz (2020a).

Darstellungsmittel nach Aebli (1980; 2019)

Ebenso wie Kutzer orientiert sich auch Aebli bei seinen Darstellungsmitteln an der Stufung von Bruner. Er unterscheidet vier Gruppen der Darstellungsmittel: (a) wirkliche, manipulierbare

Objekte, (b) Bilder der wirklichen Objekte, (c) Zeichen und (d) gesprochene Sprache. Bei der Verinnerlichung von mathematischen Operationen kommt er mit diesen Darstellungsmitteln auf fünf Phasen:

- Phase 1: rein handelndes Lernen
- Phase 2: Handlung mit bildlicher Darstellung verbinden
- Phase 3: Operation aufgrund eines Bildes vorstellen
- Phase 4: Bild mit dem Zeichen (z. B. Ziffer) verbinden
- Phase 5: Operation auf Grundlage der Darstellung von Ziffern ausführen

Die Sprache begleitet alle Phasen, wobei sie zunehmend eine klarere Bedeutung erhält. Sie unterstützt die Übergänge von der Handlung zum Bild und vom Bild zum Zeichen. Grundlegend gilt der Leitgedanke, dass die Ursprünge des Denkens in einer vorausgegangen praktischen Handlung und Wahrnehmung liegen.

Darstellungsebenen in den Naturwissenschaften nach Leisen (2015)

Obwohl jedes Fach spezifische Darstellungsformen (Repräsentationsformen) entwickelt hat, lassen sich für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht übergreifende Darstellungsformen unterscheiden, die Erkenntnisse und Kommunikation in dem Bereich fördern (siehe Abbildung 10):

- *Gegenständliche Darstellung:* Bei dieser Repräsentationsform wird konkret und gegenständlich gehandelt. Im experimentellen Unterricht sind Gegenstände, Experimente und Handlungen zur Anschauung häufig genutzte Formen der Darstellung.
- *Bildliche Darstellung:* Die Darstellung erfolgt in Fotos, Bildern, Filmleisten, Zeichnungen oder Piktogrammen und stellt oft Prozesse dar.
- *Sprachliche Darstellung:* Bevorzugt werden Texte in geschriebener oder gesprochener Form verwendet, aber auch sprachlich und grafisch orientierte Darstellungen werden dieser Repräsentationsform zugeordnet, beispielsweise Mindmaps. Die Formulierungen können in der Alltagssprache oder Fachsprache erfolgen.
- *Symbolische Darstellung:* Es werden Symbolisierungsformen, wie zum Beispiel Strukturdiagramme, Graphen oder Tabellen, genutzt. Auf dieser Ebene wird ein hohes Abstraktionsvermögen von dem Lernenden gefordert.
- *Mathematische Darstellung:* Auf der abstraktesten Ebene werden Sachverhalte in Formeln oder formalen Formulierungen von Naturgesetzen geschrieben.

Von der gegenständlichen zur mathematischen Darstellung nimmt die konkrete Anschaulichkeit ab und der geforderte Abstraktionsgrad zu. Oft sind abstraktere Darstellungen schwieriger als konkrete Darstellungen zu verstehen. Alle Repräsentationsformen dienen als Mittel und Zweck, um fachliche Inhalte zu verbalisieren, wobei den unterschiedlichen Formen ihre eigenen Vor- und Nachteile zukommen. Beim Einsatz der Darstellungsformen sollte

zwischen verschiedenen Formen unterschieden werden. Denn manchmal ruft gerade ein Wechsel der Darstellungsformen ein Verständnis hervor und nicht immer ist eine Form allein, die für den Schüler am besten geeignete. Auch die Kommunikation im Fach lässt sich durch die verschiedenen Ebenen ausbauen.

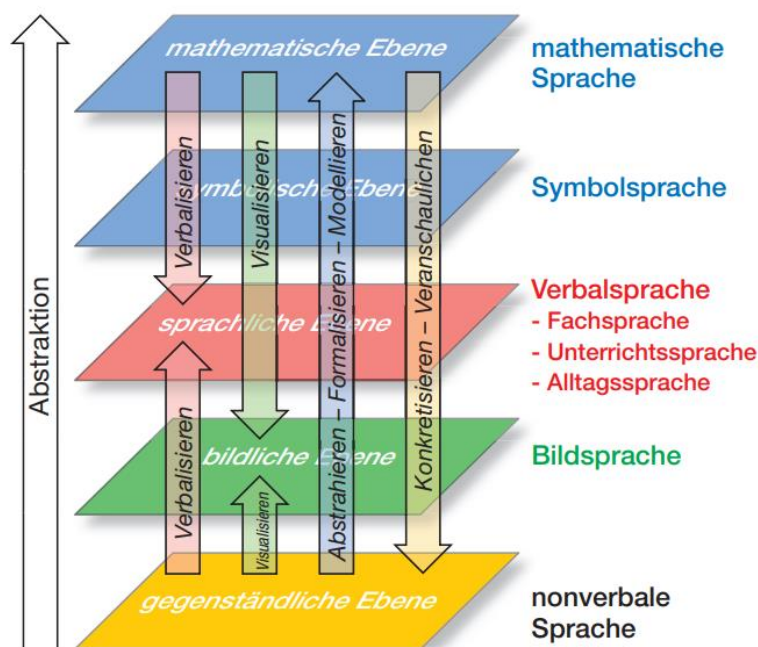


Abbildung 10: Darstellungsebenen und kognitive Operationen (Leisen, 2015, S. 134)

Kombination von verschiedenen Sinneskanälen

Auch innerhalb einer Aufgabe kann zwischen verschiedenen Aneignungswegen unterschieden werden. Inhalte können als Text, Bild und/oder Sprachausgabe des Textes dargestellt werden. Unter dem Begriff des Multimedia-Lernens wird das Lernen mit geschriebenem bzw. gesprochenem Text und verschiedensten Visualisierungen von Bildern, beispielsweise Fotografien, Grafiken oder Videos, verstanden. Diese kognitive Theorie geht in einer Grundannahme davon aus, dass der Mensch seine Informationen über den visuellen und akustischen Verarbeitungskanal aufnimmt, im sensorischen Gedächtnis speichert, an das Arbeitsgedächtnis weiterleitet und dort die Informationen verarbeitet (Mayer, 2005a). Dabei ist die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt (Costandi, 2015). Ein Modell, das sich mit der kognitiven Belastung des Arbeitsgedächtnisses befasst, ist die Cognitive-Load-Theorie (Chandler & Sweller, 1991; Sweller & Chandler, 1991). In der Cognitive-Load-Theorie gibt es drei Arten der kognitiven Belastung: intrinsic load, extraneous load und germane load (Leppink, Paas, Vleuten, Gog & Merriënboer, 2013). Der intrinsic cognitive load ergibt sich durch die Lernaufgabe mit ihrer Aufgabenschwierigkeit, -komplexität und/oder dem Umfang. Die Gestaltung des Lernmaterials, wie Art und Strukturierung der Wissensvermittlung und

Präsentation der Lerninhalte, beinhaltet der extraneous cognitive load. Kapazitäten, die für den reinen Wissenserwerb benötigt werden, bezeichnen den germane cognitive load (Niegemann, Domagk, Hessel, Hein, Hupfer & Zobel, 2008). Mit der Materialgestaltung lässt sich also kognitive Belastung in Form des extraneous cognitive load beeinflussen. Das Multimedia-Prinzip besagt, dass man mit Text und Bildern besser lernen kann als ausschließlich mit einem Text (Mayer, 2005a). Dabei sollte auf eine räumliche und zeitliche Nähe der zusammengehörigen Bilder und Texte geachtet werden, um möglichst wenig kognitive Ressourcen zu beanspruchen (Kontiguitätsprinzip). Zudem sollte eine Balance zwischen den Verarbeitungskanälen angestrebt werden, um den Lernprozess zu fördern und eine Überbelastung eines Kanals zu vermeiden (Modalitätsprinzip). Zur weiteren Belastungsverringerung des Arbeitsgedächtnisses ist auf unnötige Informationen zu verzichten, nur relevante Inhalte sollten dargestellt werden (Kohärenzprinzip) (Mayer, 2005b; Unterbruner, 2007). Moreno (2005) erweitert den auditiven und visuellen Sinneskanal um den taktilen Sinneskanal, der haptische Reize, wie Formen und Oberflächenstrukturen, erfasst. Im weiteren nehmen Moreno und Mayer (2007) auch den olfaktorischen und gustatorischen Sinneskanal in ihr kognitiv-affektives Modell des Lernens mit Medien auf. Auf den visuellen Sinneskanal (Verbindung Schrift, Bild, Symbol) wird am Ende des nächsten Kapitels in Bezug auf die verschiedenen Lesestufen noch einmal genauer eingegangen.

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Als Aneignungswege bieten sich verschiedene Möglichkeiten, wie die handlungsorientierte/gegenständliche, bildliche und symbolische/sprachliche Form, an. Diese Formen werden von verschiedenen Autoren (u. a. Bruner, Kutzer) mit unterschiedlichen Bezeichnungen beschrieben, weiterentwickelt und bis heute in vielen Fächern im schulischen Unterricht angewendet. Beim Experimentieren sind für gewöhnlich alle Handlungen auf der gegenständlichen Ebene zu verorten (Weirauch et al., 2020b). Auch mit der Auswahl von Schwerpunktsetzungen und Verbindungen verschiedener Kanäle, wie dem visuellen, auditiven, taktilen, gustatorischen und olfaktorischen Kanal, lassen sich unterschiedliche Aneignungswege schaffen. In diese Studie fließen verschiedenen Aneignungswege in den Unterricht ein, um möglichst alle Schüler während der Experimentiereinheiten am Unterricht partizipieren zu lassen. So werden die Experimentieranleitung und der Protokollbogen visuell (Text, Symbole oder Bilder) und auditiv (Vorlesestift) angeboten (siehe Kapitel 3.2). Je nach Experiment ist zusätzlich zu einem visuellen und auditiven, auch ein taktiler, gustatorischer und/oder olfaktorischer Einstieg möglich. Bei der Durchführung der Experimente steht die Handlungsorientierung im Vordergrund.

3.2 Sprachliche Gestaltung

Bei vielen der bisher existierenden Materialien oder Konzepte werden Fähigkeiten, wie grundlegende Lesekompetenzen, vorausgesetzt, mit denen besonders Schüler mit Förderbedarf Schwierigkeiten haben können (Villanueva, Taylor, Therrien & Hand, 2012). Die Lesekompetenz setzt aus den beiden Komponenten Lesefertigkeit und Leseverständnis zusammen (Schneider, 2008).

Leichte Sprache

Schon Bamberger und Vanecek (1984) betrachten das Kriterium der Lesbarkeit in Abhängigkeit von sich drei wechselseitig beeinflussenden Faktoren, die bis heute Bestand haben: Leserfaktor, inhaltliche Schwierigkeit und Textgestaltung. Der Leserfaktor ist von den individuellen Charakteristika des Lesers abhängig, wie beispielsweise Vorwissen, Lesefertigkeit und Motivation. Auch der inhaltliche Schwierigkeitsgrad ist nicht objektiv messbar, da er von verschiedenen Faktoren wie Alter und Erfahrung abhängt. Daher ist eine Ausrichtung des Inhalts an die Adressatengruppe von hoher Relevanz (Bamberger & Vanecek, 1984). Die Textgestaltung bezieht sich auf sprachliche Aspekte, wie die Wort-, Satz- und Textebene, die beim Verfassen von Texten beachtet werden sollten (Winter, 2014). Das Netzwerk Leichte Sprache (2013) hat Regeln formuliert, um Menschen mit Leseschwierigkeiten einen besseren Zugang zu Texten zu ermöglichen. Mit Leichter Sprache wird eine barrierefreie Sprache bezeichnet, die sich durch einfache klare Sätze und ein übersichtliches Schriftbild auszeichnet und somit besonders für Menschen mit Lernschwierigkeit oder Behinderung besser verständlich ist ([MASGFF], 2009). Tabelle 11 fasst die Regeln der Leichten Sprache mit den sprachlichen und gestalterischen Aspekten zusammen.

Tabelle 11: Regeln Leichter Sprache (in Anlehnung an [BMAS], 2014; [MASGFF], 2009; Netzwerk Leichte Sprache, 2013)

Regeln Leichter Sprache: Zusammenfassung
Sprache (Wörter, Zahlen und Zeichen, Sätze, Texte)
<p>Wörter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Wörter verwenden. • Wörter benutzen, die etwas genau beschreiben. • Fremd- und Fachwörter vermeiden. Wenn sie doch verwendet werden, dann kurz erklären. • Für eine Sache immer das gleiche Wort wählen. • Kurze Wörter verwenden, wenn das nicht möglich ist, dann lange Wörter mit einem Bindestrich trennen. • Abkürzungen vermeiden oder wenn Abkürzung nötig ist, dann kurz erklären. Es gibt bekannte Abkürzungen, die gut verwendet werden können, zum Beispiel WC, LKW. • Verben anstelle von Substantivierungen benutzen. • Aktiv-Formulierungen den Passiv-Formulierungen vorziehen. • Genitiv vermeiden. • Konjunktiv vermeiden. • Positive Formulierungen statt Verneinungen wählen. • Redewendungen und bildliche Sprache vermeiden.

<p>Zahlen und Zeichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zahlen so schreiben, wie Menschen sie kennen, also zum Beispiel keine römischen Zahlen schreiben. • Alte Jahreszahlen vermeiden. • Keine Prozentzahlen oder hohe Zahlen verwenden. • Alle Zahlen in Ziffern schreiben, auch die Zahlen von eins bis zwölf. • Schreiben von Datum, Uhrzeit, Zeitangabe kann je nach Leser variieren. • Sonderzeichen vermeiden. <p>Sätze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine Babysprache benutzen. • Kurze Sätze verwenden. • Jeder Satz darf nur eine Information enthalten. • Einfachen Satzbau verwenden. • Keine Nebensätze benutzen. • Am Satzanfang dürfen folgende Worte stehen: oder, wenn, weil, und, aber.
<p>Texte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menschen direkt persönlich ansprechen. „Du“ kann bei Kindern verwendet werden, sonst in Sie-Form sprechen. • Immer erst weibliche, dann männliche Form schreiben. • Fragen im Text vermeiden. • Verweise vermeiden. Alles was zusammengehört auch zusammenschreiben. • Keine kurzen Wörter aus der Alltagssprache verwenden.
<p>Gestaltung (Schrift, Text, Bilder, Deckblatt)</p>
<p>Schrift:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klare Schriftarten, zum Beispiel Arial verwenden. Immer bei der Schriftart bleiben und nicht tauschen. • Mindestens Schriftgröße 14 verwenden, auch bei Anmerkungen. • In Ausnahmefällen kann die Schriftgröße 12 mit 1,5-fachem Zeilenabstand genutzt werden. • Keine kursive Schrift verwenden, bei Hervorhebungen die Wörter fett schreiben. • Keine Worte in Großbuchstaben schreiben. <p>Textliche Gestaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auf Übersichtlichkeit des Textes achten. • Zeilenabstand: mindestens einfachen Zeilenabstand, am besten 1,5-zeiliger Abstand. • Linksbündig schreiben, kein Blocksatz. • Jeden Satz in eine neue Zeile schreiben. • Auf Silbentrennung am Ende einer Zeile verzichten. • Alle Wörter, die vom Sinn her zusammengehören, in eine Zeile schreiben. • Satz auf einer Seite zusammenlassen, nicht auf der nächsten Seite weiterführen. • Viele Zwischenüberschriften und Absätze einfügen. • Auf Fußnoten und Querverweise verzichten. • Wichtige Informationen hervorheben, zum Beispiel durch Fettung oder Umrandung. • Nur schwarze oder dunkle Schrift verwenden. • Kein dunkles oder glänzendes Papier wählen. Sonst ist die Schrift schlechter lesbar oder spiegelt. • Dickes Papier verwenden mit einer Stärke von 80 Gramm oder mehr, sonst kann die Schrift durchscheinen. <p>Bilder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bilder zur Verdeutlichung wählen. Die Bilder müssen zum Text passen. • Scharfe und klare Bilder verwenden. • Keine Grafiken oder Bilder unter den Text legen. <p>Deckblatt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht überladen. • Auf aufwendiges Design verzichten.
<p>Prüfen</p>
<p>Am Ende muss der Text geprüft werden!</p>

Eine erste Verständlichkeitsprüfung von Texten lässt sich mit verschiedenen Lesbarkeitsindizes durchführen (Hansen-Schirra & Guterath, 2020). Unter Lesbarkeitsindizes verstehen sich wissenschaftlich begründete Metrikverfahren, mit denen

sich Texte hinsichtlich ihrer Verständlichkeit evaluieren lassen (Bredel & Maaß, 2016a). Im deutschsprachigen Raum werden Texte beispielsweise mit dem Lesbarkeitsindex (kurz: LIX-Rechner) nach Björnsson (1968) oder dem Regensburger Analysetool für Texte (kurz: RATTE) der Universität Regensburg (Wild & Pissarek, 2020) auf ihre Schwierigkeit getestet. Beide Tools können den Lesbarkeitsindex mit einem Onlinerechner bestimmen (LIX: <https://www.psychometrica.de/lix.html>; RATTE: <http://ratte.herokuapp.com/>) oder sind nach einem Download als Desktop-Version nutzbar. Der Blick richtet sich dabei unter anderem auf die Anzahl der Wörter und Sätze, die Wort- und Satzlänge, die lexikalische Dichte sowie Nebensätze und Füllwörter. Zudem geben die Tools an, in welcher Schwierigkeitsstufe die Texte einzuordnen sind. Zusätzlich lässt sich mit RATTE die Schwierigkeit entsprechend einer Klassenstufe einschätzen.

Das Konzept der Leichten Sprache sieht es vor, das Verständnis der Texte von Personen prüfen zu lassen. Prüfer sind dabei die Menschen, für die der Text gedacht ist – sie gelten als die Experten auf dem Gebiet (Winter, 2014). Auch Menschen, die nicht lesen können, zählen als Experten – sie können eine Vorlesehilfe nutzen. Ist etwas unverständlich, liegt das Problem am Text und sollte anschließend überarbeitet werden (Netzwerk Leichte Sprache, 2013).

Leichte Sprache bietet auch Menschen mit geistiger Behinderung und somit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung die Möglichkeit auf Inhalte zuzugreifen, die ihnen ansonsten verwehrt bleiben (Karremann, Geest & Buursink, 2007; Maaß & Schäfer, 2019). Die Basisregeln der Leichten Sprache werden in Bredel und Maaß (2016a) wissenschaftlich fundiert und in Form eines Ratgebers in Bredel und Maaß (2016b) aufbereitet. Dort schlagen die Autoren zum Beispiel vor, anstelle des Bindestrichs einen Mediopunkt zu verwenden, der sich auch in der Praxis durchgesetzt hat. Durch den Bindestrich entstehen falsche Orthografien und ein fehlerhaftes Verständnis der Begriffe. Zudem betonen sie, dass eine Schriftart ohne Serifen gewählt werden soll (siehe Abbildung 11).

Serifen-Schrift typografische Schrift	Schrift ohne Serifen typografische Schrift	Schrift ohne Serifen nichttypografische Schrift
a	a	ɑ
Times New Roman	Arial	Fibel Nord

Abbildung 11: Schriftarten im Vergleich

Lesestufen








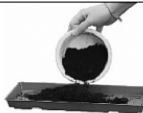


Häufig wird sich auf rein schriftliche Informationen konzentriert. Die in Leichter Sprache modifizierten Texte werden teilweise vorgelesen, andere Ausdifferenzierungen verschiedener medialer Prinzipien existieren bisher noch nicht (Bock, Lange & Fix, 2017). Es sollte sich allerdings die Frage gestellt werden, auf welchem Weg die Informationen am besten vermittelt werden können. Je nach Zielgruppe können die Informationswege aus Bildern oder Grafiken

bestehen (Freyhoff, Heß, Kerr, Menzel, Tronbacke & Veken, 1998). Auch Experimentieranleitungen sind meist ausschließlich in Schriftform verfasst. Für Schüler mit Schwierigkeiten bei der Lesekompetenz stellt diese schriftbasierte Form häufig eine Barriere dar. Eine Möglichkeit der Differenzierung von naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten ist somit die Verringerung von Lesebarrieren. Scholz, Dönges, Dechant und Endres (2016a) schlagen eine Gliederung in drei Vereinfachungsstufen vor:

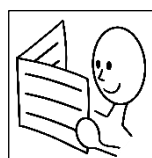
- (1) Textliche Vereinfachung
- (2) Text- bzw. schriftunterstützende Vereinfachung
- (3) Text- bzw. schriftersetzende Vereinfachung

Diese drei Vereinfachungsstufen münden schließlich in verschiedene Differenzierungsstufen (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Differenzierungsstufen für die Gestaltung von Versuchsanleitungen (Scholz et al., 2018, S. 323)

	Differenzierungsstufe	Beispiel
	Standardsprache	Nimmt den leeren Blumenkastenuntersetzer und belegt ihn über die ganze Fläche mit Boden.
	Vereinfachte Sprache (1)	Fülle den Boden in die leere Schale.
	Symbolunterstützung (2)	 Fülle den Boden in die Schale.
	Bild- bzw. Symbolschrift (3)	
	Sequenzierter fotografischer Handlungsablauf (3)	
	Video (3)	

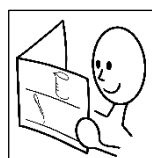
Nachfolgend werden die drei Vereinfachungsstufen mit ihren weiteren Unterscheidungsmöglichkeiten kurz erläutert (Scholz et al., 2016a; Scholz et al., 2018).



Textliche Vereinfachung

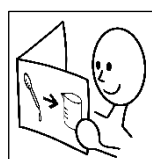
Als erste Möglichkeit bietet sich die Verfassung der Texte in Leichter Sprache an. Diese Vereinfachungsform wird auch als Vereinfachte Sprache bezeichnet. Sie richtet sich an Schüler, die über eine grundlegende Lesekompetenz

verfügen, aber Schwierigkeiten bei langen Sätzen und Wörtern haben. Bei einer rein textlichen Vereinfachung setzen die Schüler sich weiterhin mit Schrift auseinander, üben das Lesen und gegebenenfalls auch das Leseverständnis. Es stellt sich die Frage, welche Fachbegriffe bei dem Experiment wirklich benötigt werden und zur Wortschatzerweiterung beitragen, oder ob die Wörter durch einfachere Begriffe ersetzt oder ganz weggelassen werden können. Die textliche Vereinfachung kann sich zunächst an den Regeln Leichter Sprache orientieren. Anschließend kann die Wirksamkeit mithilfe sogenannter Lesbarkeitsindizes geprüft und eine Einschätzung der Textschwierigkeit vorgenommen werden. Hierzu bieten sich die beiden zuvor genannten Lesbarkeitsindizes LIX und RATTE an. Da die einzelnen Handlungsschritte in reiner Schriftform meist auf einer Seite abgebildet sind, werden Orientierungshilfen benötigt. Solche Orientierungshilfen können bspw. Checkboxen sein, um abgeschlossene Schritte zu kennzeichnen, oder abwechselnde Hintergrundschattierungen der Einzelschritte. Bei komplizierten Handlungsschritten sollten auch in dieser Differenzierungsstufe Abbildungen zur Unterstützung bereitstehen.

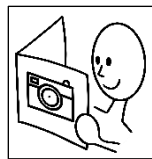
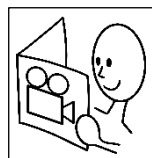


Text- bzw. schriftunterstützende Vereinfachung

Auch Texte in Leichter Sprache können Hürden darstellen. Für Schüler, die bereits über Lesefähigkeiten verfügen, aber Schwierigkeiten mit einzelnen Begriffen haben, ist eine Unterstützung durch Bilder oder Symbole hilfreich. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie Wörter mit Bildern oder Symbolen ergänzt werden können. Die Ebene der „key word symbols“ scheint im Rahmen von Versuchsanleitungen am sinnvollsten zu sein. Dabei werden für einzelne wichtige Wörter Symbole eingefügt, was weder zu wenig aussagekräftig ist noch zu einer Unübersichtlichkeit führt.



Text- bzw. schriftersetzende Vereinfachung



Die bisherigen Vereinfachungsstrategien orientieren sich an der Syntax schriftlicher Originaltexte. Viele Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung verfügen noch nicht oder nicht über genügend Lesekompetenz (Ratz, 2012). Daher benötigen die Schüler schriftunabhängige Experimentieranleitungen. Dazu gehören die Symbol- oder Bilderschrift, die Darstellung des tatsächlichen Handlungsablaufs (mit Piktogrammen oder Fotos) oder die Videoanleitung. Die *Symbolschrift* ist wie ein mathematisches Gleichungssystem aufgebaut. Nach Krauß und Woest (2013) eignet sich die Symbolschrift gut für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülern im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Der Unterschied der Bilder- und Symbolschrift zur zuvor beschriebenen Nutzung von Bildern und Symbolen liegt darin begründet, dass sich im zweiten Fall von der schriftsprachlichen Syntax losgelöst wird. Die Symbole müssen also nicht

mit einem schriftsprachlichen Satz korrespondieren. Um diese Form lesen zu können, brauchen Schüler ein Verständnis dafür, dass sie die dahinterstehende Syntax einer mathematischen Gleichung verstehen und die Leserichtung einhalten. Zudem muss bei Zeichnungen eine Übertragung zu der tatsächlichen Handlung mit den Realgegenständen geschaffen werden. *Fotografische Abbildungen* ermöglichen eine Eins-zu-Eins-Zuordnung von Fotos und Versuchsmaterial, verdeutlichen die einzelnen Schritte und die Kombination der Handlungsschritte. Die fotografischen Abbildungen sollten möglichst nah an der Realität sein. Ein zu großer Unterschied kann sich ungünstig auf das Verständnis auswirken. Auch eine veränderte Sicht auf die Durchführung ist zu vermeiden. Die Fotos sollten daher aus der Sicht der Person selbst oder einer ähnlichen Perspektive aufgenommen sein. Für eine schnelle und einfachere Orientierung und infolgedessen korrekte Durchführung der Handlung sollte nur ein Schritt pro Seite dargestellt sein. Zur Orientierung von weiteren Mitschülern oder dem pädagogischen Personal können die einzelnen Arbeitsschritte mit einem Text formuliert sein. Mit *Videoanleitungen* können alle Handlungen und Zwischenhandlungen sichtbar gemacht werden. Sinnvollerweise werden einzelne Szenen der Handlungsschritte gedreht, damit eine selbstständige Steuerung durch die Schüler ermöglicht wird.

Wort-Bild-Verknüpfung

Wie schon bei den einzelnen Vereinfachungsstufen aufgezeigt, können Wörter und Bilder bzw. Symbole auf verschiedene Weise miteinander verknüpft werden. Geschriebene Wörter und Bilder bzw. Zeichnungen sprechen alle den visuellen Sinneskanal an (vgl. Kapitel 3.1). Tabelle 13 zeigt Möglichkeiten der Text-Symbol-Verknüpfung von unterschiedlichen Autoren auf. Im Multimedia-Prinzip wird davon ausgegangen, dass Menschen durch eine Verbindung von Wörtern und Bildern besser lernen können als von einem Text alleine (Mayer, 2014). Es gibt verschiedene Studien die zeigen, dass eine Verknüpfung von Texten mit Bildern, Symbolen oder Piktogrammen eine positive oder eine negative Wirkung haben kann (u. a. Hurtado, Jones & Burniston, 2014; Jones, Long & Finlay 2007; Noll, 2020; Poncelas & Murphy, 2007; Schnotz & Bannert, 1999; Strydom, Forster, Wilkie, Edwards & Hall 2001; Sutherland & Isherwood, 2016).





Tabelle 13: Text-Symbol-Verknüpfung

Verschiedene Autoren beschreiben unterschiedliche Möglichkeiten der Text-Symbol/Bild-Kombinationen
<p>Zwei Arten der Symbolverwendung (Detheridge & Detheridge, 2002, S. 29f.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symbole als Kommunikationsmittel: Kommunikation findet über die reinen Symbole, nicht über einen geschriebenen Text statt. • Symbole als Unterstützung für den Text: Dem Leser soll zu einem genauen Lesen der geschriebenen Wörter verholfen werden. <ul style="list-style-type: none"> - Symbole für jedes einzelne Wort verwenden. - Symbole zur Unterstützung einzelner Wörter verwenden.
<p>Drei Wege, um Symbole mit geschriebenem Text zu verbinden (Poncelas & Murphy, 2007, S. 367f.):</p> <ul style="list-style-type: none"> • functional symbols: Ein Symbol repräsentiert den ganzen Satz. • key word symbols: Einzelne prägnante Worte werden durch ein Symbol dargestellt. • symbol reading: Jedes einzelne Wort wird durch ein Symbol dargestellt.
<p>Multimedia-Prinzipien des multimedialen Lernens (Ayres & Sweller, 2014; Kalyuga & Sweller, 2014; Low & Sweller, 2014; Mayer 2009; Mayer & Fiorella 2014; Niegemann et al., 2008): Die Verknüpfung von Text und Bild ist besser als ein reiner Text.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontiguitätsprinzip: Bilder und Texte, die zusammengehören, nahe beieinander platzieren; gesprochene Erläuterungen zeitgleich zum Bild präsentieren. • Kohärenzprinzip: Text- und Bildinformationen müssen semantisch zusammenhängen; Anreichern mit interessantem Material kann Lernen beeinträchtigen. • Modalitätsprinzip: Visualisierung eher mit gesprochenem als mit geschriebenem Text erläutern. • Redundanzprinzip: Gleiche Informationen werden in mehreren Formen präsentiert oder unnötig ausgearbeitet; redundantes Material stört das Lernen.
<p>Gestaltungsprinzipien des integrierten Modells des Text- und Bildverstehens (Niegemann et al., 2008; Schnotz, 2014):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prinzip der Verarbeitungskontrolle: Erklärung von statischen Bildern besser durch geschriebene als gesprochene Texte. • Prinzip der Reihenfolge von Text und Bild: Wenn möglich Bild und Text zeitgleich anbieten; ist eine gleichzeitige Präsentation nicht möglich, dann erst das Bild und anschließend den Text präsentieren. • Prinzip des Strukturabgleichs: Bei verschiedenen Möglichkeiten den Sachverhalt darzustellen, auf die Abbildung zurückgreifen, die den Lernzielen am angemessensten ist. • Redundanzprinzip: Bei genügend Vorwissen und kognitiven Fähigkeiten des Lernenden aus nur einer Informationsquelle auf den Sachverhalt zu schließen, kann auf die Kombination von Text und Bild verzichtet werden. Denn unnötige Informationen beeinträchtigen den Lernerfolg.

Noll (2020) hat in ihrer Studie verschiedene der in diesem Kapitel vorgestellten Vereinfachungsformen des Lesens evaluiert. Sie hat sich zum Ziel gesetzt, Aufgaben zur Einführung der Bruchzahlen mithilfe des Flächenmodells mit der Methode der Textvereinfachung so zu gestalten, dass die Aufgaben von möglichst allen Lernenden inklusiver Klassen verstanden und bearbeitet werden können (Noll, Roth & Scholz, 2016). Als Lernende sind Regelschüler und Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen betrachtet worden (Noll, Sturm, Scholz & Roth, 2019). Die Schüler haben die Aufgaben in einer der vier Versionen erhalten: (EG1) Leichte Sprache, (EG2) Leichte Sprache und Piktogramme, (EG3) Leichte Sprache und Fotos, (EG4) keine Unterstützungsmaßnahmen (siehe Tabelle 14). Die Ergebnisse zeigen, dass die richtig bearbeiteten Aufgaben von EG3 (Leichte Sprache und Fotos) signifikant besser verständlich sind als bei EG4 (keine Unterstützungsmaßnahmen). Der Vergleich von EG2 (Leichte Sprache und Piktogramme) zu EG1 (Leichte Sprache) zeigt, dass die Piktogramme im Durchschnitt eher irritieren. In Hinblick auf die Anzahl von Lösungsversuchen lassen Schüler in EG1 (Leichte Sprache) und EG3 (Leichte Sprache und Fotos) signifikant weniger Aufgaben bei der Bearbeitung aus. Am meisten profitieren die Schüler bei der Einführung von neuen komplexen Themen sowohl bei der Aufgabenerfassung als auch bei der Eröffnung von Lerngelegenheiten von der Unterstützungsmaßnahme Leichte

Sprache und Fotos. Auch die Leichte Sprache eröffnet den Schülern mehr Lerngelegenheiten (Noll, 2020; Noll, Roth & Scholz, 2020).

Tabelle 14: Unterstützungsmaßnahmen (in Anlehnung an Noll et al., 2020, S. 171)

Bedingung	Arbeitsauftrag an einem exemplarischen Beispiel
Leichte Sprache	Male die passende Fläche an.
Leichte Sprache und Piktogramme	  Male die passende Fläche an.
Leichte Sprache und Fotos	 Male die passende Fläche an.
keine Unterstützungsmaßnahmen	Schraffiere den Anteil des Quadrats, der durch den Bruch angegeben wird.
In allen vier Bedingungen gegeben.	 $\frac{2}{3}$

Weitere sprachliche Gestaltungsmöglichkeiten

Eine weitere Unterstützung beim Lesen kann durch das Vorlesen der Texte gegeben werden (Weirauch et al., 2020b). Entweder die Lehrkraft liest die Texte vor oder es wird für eine selbstständigere Arbeit der Schüler ein technisches Ausgabegerät genutzt. Dazu bieten sich der Anybook-Reader oder der Tellimero-Lesestift an (Arnulf Betzold GmbH, 2021). Dabei handelt es sich jeweils um einen Stift, auf den die Lehrkraft Informationen einsprechen und speichern kann, und welcher bei Berührung mit einem Klebepunkt den Text abspielt. Dieser Klebepunkt kann an beliebiger Stelle auf dem Material angebracht werden. Mit solch einem Audiostift kann die Lernsituation individualisiert und bereichert werden (Greiten, Grad & Wieder, 2020). Es stellt sich nicht nur die Frage, wie Arbeitsanweisungen für alle zugänglich gemacht, sondern auch wie diese Anweisungen bei der Durchführung des Experiments ausgeführt werden können. Dazu gehört, dass die Geräte, wie beispielsweise das Becherglas, mit einer Markierung für die Füllhöhe gekennzeichnet sind, um einer Lesebarriere beim Abmessen einer speziellen Menge mittels Ziffern entgegenzuwirken (Scholz et al., 2018). Auch bei der Dokumentation des Experiments sollte die Möglichkeit bestehen, diese nicht nur mit Wörtern, sondern auch mit Zeichnungen oder Bildern zu notieren (Filusch, 2017).

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Durch die Verwendung Leichter Sprache lassen sich viele Menschen mit Lernschwierigkeiten erreichen (Freyhoff et al., 1998). Aber selbst wenn die Regeln alle angewendet werden, kann

es durch die individuellen Voraussetzungen, „den‘ barrierefreien Text nicht geben“ (Hellbusch & Probiesch, 2011, S. 323, Hervorhebung im Original). Um auch Schülern ohne Lesefertigkeiten ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen, wird in dieser Studie neben der Vereinfachten Sprache die Vereinfachungsform der Symbolschrift und des Fotografischen Handlungsablaufs gewählt, wobei die Wörter durch die Symbole und Fotos deutlich abgebildet werden müssen (Scholz, Dönges, Risch & Roth, 2016b). Zusätzlich können sich die Wörter und Sätze mit einem auditiven Vorlesestift angehört werden. Nicht nur bei den Experimentieranleitungen, auch bei den Protokollbögen finden die verschiedenen Vereinfachungsformen Anwendung. Wichtig ist für alle drei Formen, dass sie von den Nutzern geprüft werden. In dieser Studie erfolgt die Prüfung durch Wissenschaftlicher, Lehrkräfte und anschließend durch den Schüler, als Nutzer der Lernmaterialien, in verschiedenen Durchläufen der Mesozyklen.

Denken Sie beim Schreiben immer daran, an wen Sie schreiben.

Wenn Sie wissen wollen, ob die Menschen Ihren Text verstehen, dann fragen Sie die Menschen.

Fragen Sie uns Menschen mit Lernschwierigkeiten (Ströbl, 2009, S. 5).

3.3 Visuelle Gestaltung

Der Sehsinn gilt weitläufig als der wichtigste unserer fünf Sinne (Wendt, 2014). Daher stellt sich die Frage nach einer geeigneten visuellen Darstellung von Lernmaterialien.

Verschiedene Psychologen haben sich intensiv mit der Wahrnehmung und Gestaltungsgesetzen des Sehens beschäftigt (u. a. Metzger, 1975). Die daraus für den naturwissenschaftlichen Unterricht abgeleiteten Gestaltungsgesetze der visuellen Wahrnehmung sind: Gesetz des Figur-Grund-Kontrastes, Gesetz der Einfachheit, Gesetz der Gleichartigkeit, Gesetz der Nähe, Gesetz der glatt durchlaufenden Kurven, Gesetz der Symmetrie, Gesetz der Dynamik von links nach rechts, Gesetz der objektiven Einstellung (Bader & Lühken, 2018b; Heege & Schmidkunz, 1997). Die Wahrnehmungsgesetze wurden bereits in Kapitel 2.3 genauer erläutert.

Die Gestaltungsprinzipien lassen sich auch auf die Gestaltung und den Einsatz von Symbolen anwenden. Symbole sind immer aus der Sicht des Kindes aufzunehmen. Zudem sollte das Objekt deutlich im Vordergrund stehen und der Hintergrund ruhig oder unscharf sein, wenn möglich sollte es gar keinen Hintergrund geben (Kitzinger, Kristen & Leber, 2015). Im Vergleich zu Fotos sind häufig Zeichnungen kontrastreicher, detailärmer und dadurch besser zu erkennen (Hallbauer & Kitzinger, 2016). Eine wichtige Rolle spielen dicke, gleichmäßige Umrisslinien, klare Farben, Verzicht auf unnötige Details und sparsamer Einsatz von

Perspektiven (Kitzinger, 2020). Egal ob als Foto oder Symbol, für denselben Begriff sollte auch immer dasselbe Symbol verwendet werden (Hallbauer & Kitzinger, 2016).

Ebenso wie lautliche Sprache, wird auch die visuelle Sprache mit der Zeit entwickelt. Das Kind muss nicht vorab über ein Symbolverständnis verfügen, vielmehr lernt das Kind durch geeignete Zeichen deren Bedeutung zu begreifen. Damit einem Symbol schon beim ersten Gebrauch ohne Erklärung eine Bedeutung zuzuordnen ist, muss das Symbol deutlich visuell erfassbar sein, also möglichst das abbilden, was gemeint ist. Doch nicht alle Zeichen lassen sich grafisch eindeutig abbilden (ebd.).

Für alle Zeichen gilt, dass sie durch die Verknüpfung mit Bedeutungen zu Symbolen werden. Symbole können Zeichen aller Art sein. Nicht nur visuelle Zeichen, sondern auch Wörter sind Symbole, wenn sie eine Bedeutung erlangt haben. Erst wenn Zeichen als Symbole verstanden werden, werden sie zur Sprache und ermöglichen Kommunikation (ebd., S. 1).

Auf Grundlage der beschriebenen Gestaltungsprinzipien hat Kitzinger ein Symbolsystem erstellt. Die aktuellste Symbolsammlung wurde unter der Bezeichnung „Metacom8“ mit mehr als 10.000 Symbolen im Jahr 2018 veröffentlicht und befindet sich in einer durchgehenden Überarbeitung. In erster Linie sind die Symbole für die Unterstützte Kommunikation in allen Altersklassen entwickelt worden. So werden die Metacom-Symbole sowohl in Kitas und Schulen für Kinder und Jugendliche als auch in Werkstätten oder anderen Einrichtungen für erwachsene Menschen mit Behinderung eingesetzt (Kitzinger, 2020).

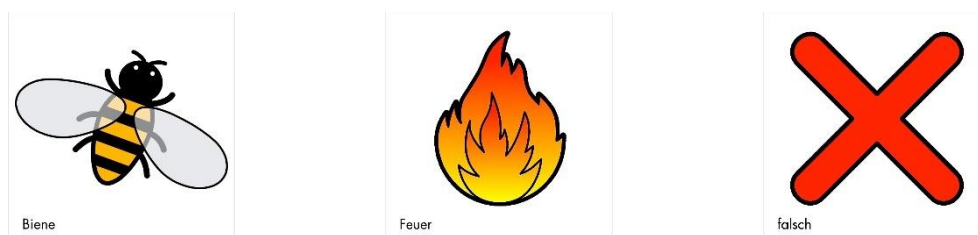


Abbildung 12: Metacom-Symbole (Kitzinger, 2020)

Es lassen sich verschiedene grafische Symbole unterscheiden (Kitzinger et al., 2015):

- Fotos (von Personen, Orten, Gegenständen, Tätigkeiten)
- Bilder (aus Bilderbüchern, selbst gemalt, gemalt, gezeichnet)
- Symbole (aus Sammlungen, aus Symbolsystemen, kostenlos downloadbar)
- Buchstaben und Schrift

Die Metacom-Symbole bestehen aus reinen Zeichnungen (siehe Abbildung 12). Sie sind nicht eindeutig der ikonischen oder symbolischen Betrachtungsebene nach Bruner (1974) zuzuordnen. Das lässt sich mit den drei grundlegenden Zeichentypen von Peirce (2016)

erklären. Er unterscheidet zwischen Ikon, Index und Symbol. Ein Ikon bildet möglichst nah das tatsächliche Objekt ab und kann der ikonischen Betrachtungsebene zugeordnet werden, zum Beispiel das Symbol der Biene. Unter die symbolische Betrachtungsebene fallen Index und Symbol, in beiden Fällen hat das Zeichen bereits Symbolcharakter, um die Bedeutung dessen verstehen zu können. Wenn das Objekt einen Bezug auf eine bestimmte Bedeutung aufweist, also ein Ursache-Wirkungszusammenhang besteht, handelt sich um einen Index, beispielsweise wenn man aus Rauch auf einen Brand schließt. Man spricht von einem Symbol, wenn das Objekt den Bezug zur Bedeutung weder abbildet noch darauf hinweist. Das Symbol steht zwar ebenfalls in Beziehung zum Gegenstand, diese ist jedoch willkürlich, wie zum Beispiel das Symbol für falsch. Auf eine ausführliche Beschreibung anderer Zeichensysteme sei in dieser Arbeit verzichtet, als Übersicht sind in Tabelle 15 weitere Symbolsammlungen aufgelistet, die meist zur Unterstützten Kommunikation verwendet werden.

Tabelle 15: Verschiedene Zeichensysteme

Zeichensystem	Zeichen-Auswahl am Beispiel „Lesen“
BLISS (BlissOnline, 2021)	<p>The BLISS symbols for 'lesen' and 'Lesen' consist of a small circle with a dot inside, a vertical rectangle, and a small triangle above the circle.</p>
Metacom (Kitzinger, 2020)	<p>The Metacom symbols for 'lesen' and 'Lesen' include illustrations of people reading, the text 'ABC Oma nanu', and the text 'ABC defg'.</p>
PCS (Boardmaker) (Tobii Dynavox LLC., 2021)	<p>The PCS symbols for 'lesen' and 'Lesen' include illustrations of people reading and an open book.</p>
Sclera (Sclera npo, 2021)	<p>The Sclera symbols for 'lesen' and 'Lesen' are simple black and white icons of a person reading and a person sitting at a desk reading.</p>

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Wir können unsere Umwelt mit verschiedenen Sinnen wahrnehmen. Ein Sinneskanal davon ermöglicht es uns beispielsweise, zu sehen. Mit den Gestaltungsgesetzen des Sehens kann die visuelle Wahrnehmung unterstützt werden. Diese Gestaltungsgesetze werden auch bei der Erstellung unterschiedlicher Zeichensysteme beachtet (z. B. BLISS-, Metacom-, PCS-, Sclera-Symbole). Exemplarisch wurde Metacom8 kurz vorgestellt und anhand dessen verschiedene Zeichen- und Symboltypen aufgeführt. Für weitere Unterscheidungsmöglichkeiten von Zeichentypen siehe u. a. Detheridge und Detheridge (2002). In keinem der Zeichensysteme lassen sich Symbole für den Chemieunterricht finden, wie beispielsweise ein Becherglas oder ein Erlenmeyerkolben. Dabei ist besonders die Visualisierung von

chemischen Geräten und Materialien, die bei Schülern häufig unbekannt sind, sehr hilfreich (Krauß & Woest, 2013). Da in dieser Studie für die Experimentieranleitungen in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf Zeichnungen bzw. Fotos benötigt werden, müssen die Fotos von der Verfasserin eigenständig aufgenommen und die Zeichnungen in Auftrag gegeben werden. Bei der Erstellung werden die Gestaltungsgesetze des Sehens sowie weitere im Kapitel benannte Aspekte der visuellen Gestaltung beachtet, beispielsweise die Aufnahme der Fotos aus der Sicht des Kindes.

3.4 Kognitive Gestaltung

Bei der Kognition richtet sich der Blick auf die thematische Ausrichtung, die Reduktion der Komplexität und verschiedene Unterrichtsprinzipien. Das Prinzip der Strukturierung wird dabei hervorgehoben betrachtet, da es übergreifend Anwendung findet (z. B. Unterricht, Arbeitsplatz, Lernmaterial).

Thema und Komplexität

Auch im Chemieunterricht stellt der Umgang mit Vielfalt eine große Herausforderung dar. Aus diesem Grund ist es wichtig, sich an den Interessen, Neigungen und individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler zu orientieren. Besonders die Orientierung an der Lebenswelt der Schüler und der Handlungen sollte bei der Auswahl der Themen Beachtung finden, da so das Interesse gesteigert wird (Abels & Markic, 2013). Durch einen Lebensweltbezug wird nicht nur das Interesse geweckt und die Motivation aufgebaut, sondern die Schüler können ihr Vorwissen aktivieren und sich durch die Auseinandersetzung mit Bekanntem kompetent erleben. Insbesondere für leistungsschwache Schüler ist der Bezug zum Alltag besonders wichtig (Filusch, 2017).

Reduktion findet immer im Spannungsfeld des Anspruchs auf Sachgemäßheit und den Lernvoraussetzungen auf Seiten des Schülers statt. Dieses ist im FgE besonders stark ausgeprägt. Die Suche nach entsprechenden Anknüpfungspunkten zwischen den gegebenen Fakten und der Eigengesetzlichkeit der Sache auf der einen Seite sowie dem Anspruch auf Schülergemäßheit und individueller Passung auf der anderen kann dabei zur Herausforderung werden (Häußler, 2019, S. 534).

Einige Studien belegen, dass die Aufgabenschwierigkeit vor allem durch die Komplexität bedingt ist (u. a. Aufschnaiter, 2003; Schabram, 2007). Der Inhalt wird durch seine Struktur charakterisiert, dessen grundsätzliche Aspekte die Qualität und die Quantität sind (Fischer, Glemnitz, Kauertz & Sumfleth, 2006). Kauertz (2008) betrachtet eine Komplexitätsabstufung der Inhaltsstrukturen hinsichtlich zweier Niveaus, den Fakten und unverbundenen

Zusammenhängen, die durch ihre Anzahl auch die Qualität bedingen. Bei der Verknüpfung zweier Elemente wird aus der Menge der Fakten eine Menge der Zusammenhänge. Eine Aufgabe ist inhaltlich umso komplexer, je mehr Elemente und je vernetzter die Elemente in einer Aufgabe sind. Das höchste Komplexitätsniveau spiegelt sich im Basiskonzept wider, bei dem die Inhaltsstruktur vollständig verknüpft ist. Bei den beiden Niveaus Fakt und Zusammenhang lässt sich eine Steigerung von Anzahlen betrachtet. Somit ergeben sich insgesamt sechs Komplexitätsniveaus (siehe Abbildung 13). Für Menschen mit Lernschwierigkeiten sollte ein Satz wenige Informationen enthalten, damit es zu weniger Verständnis- und Gedächtnisproblemen kommt, denn je mehr Informationen ein Satz bzw. Text enthält, desto schwieriger gestaltet er sich inhaltlich (Winter, 2014). Daher sollte nur eine Aussage pro Satz getroffen werden (Wessels, 2005). Zudem sollte nicht nur in den einzelnen Sätzen eine Reduktion auf einen Aspekt erfolgen, sondern ebenfalls bei dem gesamten Text der Inhalt auf den „Kern der Sache“ beschränkt sein (Koch & Jungmann, 2017). Auch die immer gleiche Verwendung eines Begriffs für eine Sache erleichtert die Verständlichkeit von Inhalten (Freyhoff et al., 1998).

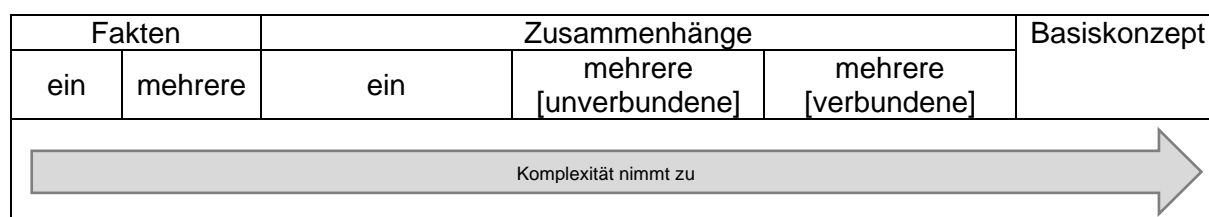


Abbildung 13: Komplexitätsniveaus (in Anlehnung an Fischer et al., 2006; Kauertz, 2008; Sumfleth, Fischer, Glemnitz & Kauertz, 2006)

Strukturierung

Der Lerngegenstand selbst kann weiterhin durch die kognitive Strukturierung für den Unterricht vorbereitet werden. Schon bei der Planungsphase kann der Lerngegenstand strukturiert werden, aber auch im Unterricht lässt sich das Interaktionsgeschehen ordnen. Vor dem Unterricht sollte geklärt sein, welche Aspekte für die Schüler nachvollziehbar sind, also wie die Komplexität des Themas reduziert werden kann, wie das Gesamthema zum Verstehen gegliedert werden kann und welches Wissen die Schüler zum Aufbau eines tieferen Verständnisses mitbringen müssen. Im unterrichtlichen Interaktionsgeschehen lässt sich die Strukturierung durch Maßnahmen der Hervorhebung, dem Herstellen von Bezügen und Zusammenfassungen kennzeichnen (Kleickmann, 2012). Aber nicht nur der Inhalt ist zu ordnen.

Als ganzheitlicher heilpädagogischer Ansatz nimmt TEACCH (Treatment and Education for Autistic and related Communication handicapped Children) auf die „Herausforderungen, die mit einer autistischen Wahrnehmung einhergehen, in besonderer Weise Rücksicht“ (Häußler, Sparvieri & Wetter, 2020, S. 9). Mit Blick auf alle Entwicklungs- und Kompetenzbereiche soll

durch das Finden von individuellen Lösungen ein Lernen ermöglicht werden. Der TEACCH-Ansatz stellt mögliche Beispiele und Lösungen vor, die für die einzelnen Schüler aber häufig noch angepasst werden müssen. Für den Ansatz sind folgende grundlegende Herangehensweisen kennzeichnend (Tuckermann, Häußler & Lausmann, 2017, S. 12):

- *(sprachliche) Kommunikation anpassen und visuell unterstützen*
- *Instruktionen in geeigneter Form – oft eben auch visuell – anbieten*
- *zeitliche und räumliche Orientierungs- und Organisationshilfen bereitstellen*
- *Systematiken und Routinen für generelle Handlungsmuster einüben*
- *Veränderungen durchschaubar machen, um Flexibilität zu fördern*
- *Regeln und Entscheidungshilfen bereitstellen*
- *(soziale) Zusammenhänge verdeutlichen und nach Möglichkeit verständlich machen*


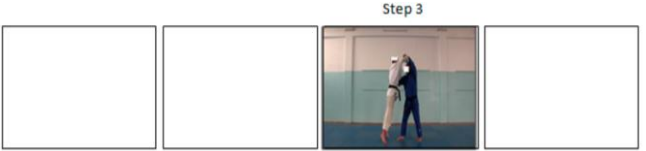

In vielen Strategien wird auf das Prinzip der Strukturierung zurückgegriffen. In den Bereichen Unterricht, Arbeitsplatzorganisation und der Gestaltung von Arbeitsmaterialien kann eine Strukturierung das Arbeiten und Lernen erleichtern.

Der Unterricht selbst kann durch seine Lernumgebung, wie durch Raum und Zeit strukturiert werden. So gibt die räumliche Einteilung in übersichtliche Bereiche eine Orientierungshilfe. Das kann zum Beispiel die Zuordnung von bestimmten Aufgaben sein, die in den speziellen Bereichen erledigt werden, oder feste Zuordnungen der Schülerarbeitsplätze. Ebenso ist ein Überblick über Zeitstrukturen wie Tages- und Wochenverlauf sinnvoll (Terfloth & Cesak, 2016). Zur Abfolge des Unterrichtstages zählen auch Rhythmisierung und Rituale. Nicht nur der Tag selbst, sondern auch die einzelnen Stunden sollten einem bestimmten Rhythmus folgen (Terfloth & Bauersfeld, 2019). Eine allgemeine Gliederung der Unterrichtsstunden erfolgt in Einstieg, Erarbeitung und Ergebnissicherung (Strassmeier, 2000). Erst durch intensives Üben und Wiederholen werden die Handlungsabläufe ritualisiert (Pitsch & Thümmel, 2016). Währenddessen sollte den Schülern die Unterstützung zukommen, die sie benötigen. Zu Beginn brauchen die Schüler häufig mehr Hilfestellungen durch die Lehrkraft, die mit der Zeit immer weiter zurückgenommen werden kann (siehe Scaffolding in Kapitel 4.1). Um beispielsweise eine Handlung zu planen, müssen die nötigen Schritte und deren Reihenfolge erfasst werden. Das kann von einem gemeinsamen Durchführen mit Handführung, über das Vormachen einzelner Handlungsschritte oder ganzer Handlungsabläufe, über die Darstellung eines Handlungsablaufs in bildlicher oder schriftlicher Form bis hin zu Transfermöglichkeiten und der Entwicklung eines eigenen Handlungsplans, in der Hilfestellungen individuell angeboten und mit der Zeit zurückgenommen werden, sein (Terfloth & Cesak, 2016).

Um diese geplante Handlung ausführen zu können, sind eine Unterstützung durch die Strukturierung der Umwelt, also den Lebens- und Lernraum der Schüler, sowie die Organisation der Materialien und Gegenstände hilfreich (Häußler, 2016). Die Strukturierung

bezieht sich also auf den Arbeitsplatz und das Arbeitsmaterial. Der Arbeitsplatz kann beispielsweise einen Bereich für zu erledigende und bereits fertiggestellte Aufgaben enthalten oder auf dem Tisch sind die Ablageorte, wie für das Mäppchen, gekennzeichnet (Tuckermann et al., 2017). Das Arbeitsmaterial lässt sich auf vielen verschiedenen Wegen strukturieren, von denen einzelne ausgewählt oder miteinander verbunden werden können. Zunächst sind die Arbeitsmaterialien mit einem klaren Ablauf und einer einheitlichen Gliederung aufzubauen (Schmitt-Sody, 2013). Bei Experimentieranleitungen können die aufeinanderfolgenden Schritte durch Nummerierung der Teilschritte und/oder Checkboxen gekennzeichnet sein (Krauß & Woest, 2013; Scholz et al., 2018). Als weitere Strukturierungsmaßnahme können die einzelnen Durchführungsschritte der Experimentieranleitung mit verschiedenen Formaten dargestellt werden. H'mida et al. (2020) untersuchen in einer Studie drei verschiedene Formate statischer Bilder, um die Effektivität von Videos zum Erwerb und Erhalt einer komplexen Judo-Technik von jungen Erwachsenen zu testen. Die drei Formate aus statischen Bildern setzen sich aus simultan-permanent, sequenziell-flüchtig und sequenziell-permanent zusammen (siehe Tabelle 16). Bei der sequenziell-flüchtigen Bildpräsentation ist die Flüchtigkeit des Bildes als Nachteil zu sehen, da eine Einordnung in den Gesamtablauf nicht möglich ist. Der simultan-permanenten Bildpräsentation fehlt die Orientierung, an welchem Schritt man sich gerade befindet. Die Ergebnisse zeigen, dass die sequenziell-permanente Bildpräsentation effektiver ist als die anderen beiden Formate. Nicht nur die Experimentieranleitungen, sondern auch die anschließende Beobachtung und das Anfertigung eines Protokolls brauchen eine klare inhaltliche Reihenfolge und eine Reduktion auf das Wesentliche (Häußler, 2015). Eine eindeutige Strukturierung kann im gesamten Unterricht durch Scaffolding-Maßnahmen erfolgen. Mit Scaffolding wird ein Lernprozess beschrieben, bei dem die Schüler schrittweise zu einem selbstständigen Handeln befähigt werden, indem ein zu Beginn gestelltes Gerüst immer weiter zurückgenommen wird (Klewitz, 2017) (siehe Scaffolding in Kapitel 4.1).

Tabelle 16: Verschiedene Formate statischer Bilder (in Anlehnung an H'mida et al., 2020)

Bezeichnung	Darstellung des dritten Schrittes einer Judo-Technik
statisch – simultan – permanent	
sequenziell – statisch – flüchtig	
sequenziell – statisch – permanent	

Weitere Prinzipien

Die Prinzipien, an denen sich der Unterricht für Schüler mit geistiger Behinderung orientieren sollte, sind generell auch für alle anderen Schüler sinnvoll. Trotzdem lassen sich einige Prinzipien herausstellen, die für die spezifischen Lernvoraussetzungen der Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung besonders zentral sind (Koch & Jungmann, 2017). Neben den schon genannten Prinzipien Lebensweltorientierung und Strukturierung gibt es weitere Prinzipien der Unterrichtsgestaltung, die im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung Anwendung finden und in Verbindung mit einer kognitiven Angemessenheit für die Lerngruppe stehen (Häußler, 2015; Koch & Jungmann, 2017; Speck, 1993; Speck, 2016; Strassmeier, 2000; Terfloth & Bauersfeld, 2019):

- *Ganzheitlichkeit*: Die Unterrichtsinhalte sollen das Kind als Ganzes ansprechen, sodass das Kind mit allen Sinnen lernen kann. Es sind neben den kognitiven auch affektive und psychomotorische Elemente miteinzubeziehen. Pestalozzi spricht von einem Lernen mit Kopf, Herz und Hand (Deutscher Bildungsserver, 2017). Fröhlich und Haupt nennen sieben Bereiche der ganzheitlichen Entwicklung: Wahrnehmung, Kognition, Bewegung, Körpererfahrung, Gefühle, Sozialerfahrung und Kommunikation (Fröhlich, 2015). Allerdings darf die Wissensvermittlung zugunsten des Emotionalen nicht vernachlässigt werden. Aber auch der Unterrichtsgegenstand selbst sollte nicht als isoliertes Wissen betrachtet werden, sondern in einem größeren Zusammenhang stehen.
- *Entwicklungsgemäßheit*: Lernangebote sollten immer an Bekanntes anknüpfen und sich somit an den erreichten Entwicklungsstufen orientieren, um die Schüler weder zu überfordern noch zu unterfordern. Dem gegenüber sollten die Themen des Unterrichts und die Lehrmaterialien an das chronologische Alter angepasst sein. Es ist zu beachten, dass sich ein Schüler in verschiedenen Entwicklungsbereichen auf unterschiedlichen Entwicklungsständen befinden kann.
- *Individualisierung/Differenzierung*: Entsprechend der individuellen Lernvoraussetzungen ist jedem Schüler ein individualisierter Zugang zu Lernangeboten und -prozessen zu ermöglichen. Bei der äußeren Differenzierung bietet es sich an, die Schüler in Lerngruppen zusammenzufassen und so eine möglichst homogene Gruppe über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Die innere Differenzierung zielt darauf ab, zeitlich flexibel auf die Heterogenität der Lerngruppe zu reagieren. Differenzierungen lassen sich durch verschiedene Kriterien, wie Umfang, Niveau, Abstraktionsmöglichkeiten, Wiederholungen, Zeit, Einsatz von Medien, Sozialform, Ort und Ausprägungen von Hilfestellungen, durch beispielsweise die Lehrkraft oder unterschiedliche Lerngruppen erreichen.

- *Handlungsorientierung/Aktivierung*: Durch die Ausführungen und Auswirkungen verschiedener Tätigkeiten wird Entwicklung bestimmt. Der Kern der Handlungsorientierung liegt darin, Arbeitsaufträge entsprechend der individuellen Handlungskompetenzen der Schüler zu gestalten. Alle Schüler gelten auf unterschiedlichen Niveaus ihrer Entwicklung als handlungskompetent. Mit Handlungsorientierung ist aber nicht nur die reine Ausführung einer Handlung gemeint. Handlungsfähig zu sein schließt ein bewusstes, kontrolliertes und zielgerichtetes Handeln ein, das nur von wenigen Schülern mit geistiger Behinderung erreichbar ist. Daher ist das Ziel der Handlungsfähigkeit im Kontext geistiger Behinderung, Menschen zu einem nach ihren Möglichkeiten selbstständigen Handeln in der Gesellschaft zu befähigen (Pitsch & Thümmel, 2017). Unterricht ist erst dann erfolgreich, wenn er zum Nachdenken und einer inneren Auseinandersetzung mit der Thematik führt. Damit einher geht das Prinzip der kognitiven Aktivierung.
- *Anschaulichkeit und Übertragung*: Veranschaulichung meint nicht nur das visuell Erfassbare, sondern alle sinnlichen Erfahrungen, die als Ausgangspunkt einer Begriffsbildung stehen. In Kapitel 3.1 sind verschiedene Aneignungsmöglichkeiten aufgeführt, die sich von der eigentlichen Handlung, über die bildhafte Darstellung bis hin zur Verwendung von Sprache und Symbolen erstrecken. Im Unterricht mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung spielen besonders die vielfältigen bildhaften Darstellungsmöglichkeiten eine zentrale Rolle. Anschaulichkeit bezieht sich auch auf den Bildungsinhalt, der sich an der Lebenswelt der Schüler orientiert. Bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sind mehr konkrete Einzelkenntnisse und -fertigkeiten zu vermitteln, bevor ein Transfer möglich ist. Begriffe sollten von speziellen Fällen hin zum Allgemeinen aufgebaut werden.
- *Aktionsbegleitendes Sprechen*: Sprache dient nicht nur der Kommunikation. Mit Sprache lassen sich auch Denkprozesse begleiten. Aktionsbegleitendes Sprechen meint, dass das Tun vom Sprechen begleitet wird, wobei die Sprache das Handeln in gleichem Maße stützt und reguliert. Zudem dient eine klare Unterrichtssprache der Sicherung von Lernergebnissen.
- *Rhythmisierung*: Auf das Prinzip der Rhythmisierung wurde in Verbindung mit der Strukturierung des Ablaufs von Unterrichtsstunden in diesem Kapitel schon kurz eingegangen. Eine Rhythmisierung kann sich beispielsweise durch den Schulalltag oder einzelne Unterrichtsphasen ziehen. Diese hängt eng mit dem Prinzip der Aktivierung zusammen, da beide eine klare Strukturierung benötigen.

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Besonders naturwissenschaftliche Inhalte sind bei genauerem Hinsehen oft hoch komplex (Häußler, 2019). Um einen Zugang zu den Inhalten zu erhalten, sollten die Themen eine Lebensbedeutsamkeit für die Schüler aufzeigen (Häußler, 2015). Auch die Komplexität der Inhalte sollte reduziert werden. So ist es sinnvoll, möglichst nur einen Gedanken pro Satz zu behandeln (Freyhoff et al., 1998). Zudem sollte für Schüler mit Konzentrationsschwierigkeiten eine kurze Dauer bei der Bearbeitung von Lernaufgaben bedacht werden (Schmitt-Sody & Kometz, 2013). Weiterhin lassen sich verschiedene Unterrichtsprinzipien für den Einsatz in der Schule mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung anwenden. Besonders relevant ist dabei das Prinzip der Strukturierung, das neben der Symbolik und Leichten Sprache, allen Schülern einen Zugang zu Lernmaterialien ermöglicht (Rott & Marohn, 2017). In dieser Studie haben die immer einheitliche Strukturierung, die Leichte Sprache und gleichzeitige Reduzierung der Komplexität des Inhaltes sowie die Verbildlichung einen großen Stellenwert. Der inhaltliche Kontext wird in Kapitel 4.1 thematisiert.

4 Zusammenführung: Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und naturwissenschaftliches Experimentieren

Bisher wurde einerseits die Schülergruppe mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und andererseits das naturwissenschaftliche Experimentieren sowie die Gestaltung der zum Experimentieren benötigten Lernmaterialien in den Blick genommen. Das Ziel der Studie ist sowohl geeignete Lernmaterialien für die Schülerschaft zu konzipieren und Gestaltungsmerkmale abzuleiten, als auch die experimentelle Kompetenz der Schüler zu erfassen. Das nachfolgende Unterkapitel befasst sich mit den Aspekten, die in dieser Studie in den Unterricht einfließen und somit einen Einfluss auf die Materialerstellung sowie die experimentelle Kompetenzentwicklung der Schüler haben. Durch den Einsatz der Lernmaterialien in der Schule können diese evaluiert werden. Gleichzeitig kann die experimentelle Kompetenz aufgezeichnet werden. Der Unterricht erhält somit eine bedeutsame Rolle. In dem sich anschließenden Unterkapitel werden Studien aufgeführt, die ebenfalls einen Unterricht in der Schule oder an außerschulischen Lernorten mit dem Fokus auf das naturwissenschaftliche Experimentieren von Schülern spezifischer Förderschwerpunkte oder inklusiver Lerngruppen zum Inhalt haben.

4.1 Gestaltung der Lernumgebung für das naturwissenschaftliche Experimentieren von Schülern im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung

In vielen unterschiedlichen Bereichen finden Lehr-Lern-Situationen statt, in die verschiedene Faktoren einfließen. Ein Bereich ist der reguläre Unterricht in der Schule.

Helmke (2009) stellt in einem Rahmenmodell zur Wirkungsweise des Unterrichts verschiedene Faktoren zusammen. Dieses sogenannte Angebot-Nutzungs-Modell betrachtet Personenmerkmale des Lehrers, Unterrichtsprozessmerkmale, Kontextmerkmale und verschiedene individuelle Voraussetzungen des Lernenden (siehe Abbildung 14). Dabei kann Unterricht als ein Angebot verstanden werden, das von den Lernenden zu einem aktiven selbstständigen Lernprozess genutzt werden kann. Auch wenn anerkannt wird, dass alle einzelnen Faktoren einen bedeutenden Einfluss auf den Lehr-Lern-Prozess haben, werden in dieser Studie ausgewählte Faktoren in den Blick genommen. Der Fokus liegt auf dem Unterpunkt des Unterrichts mit seinen Lehr- und Lernmaterialien und auf der Wirkung, die durch diese Lernmaterialien bei den Schülern erzielt wird. Eine grobe Zusammenfassung der

einzelnen Faktoren Lehrperson, Lernender, Unterricht (Didaktik) und fachlicher Kontext ist nachfolgend gegeben.

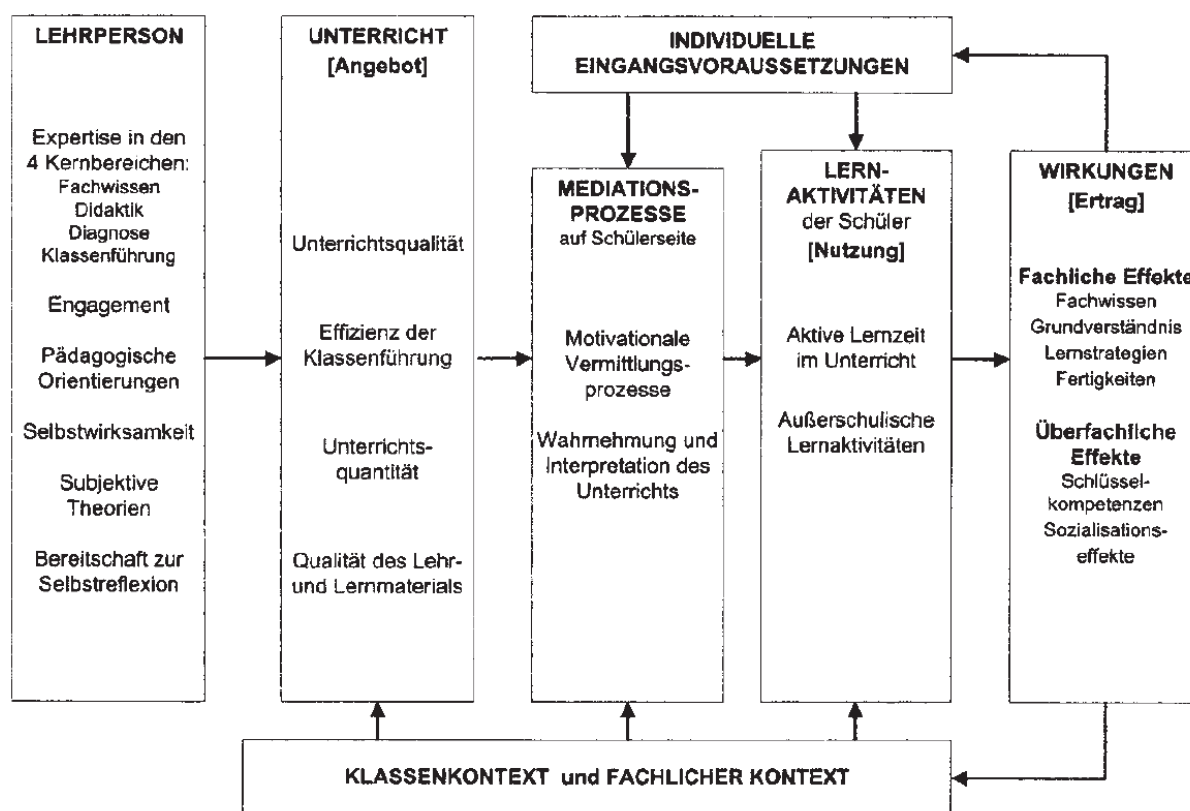


Abbildung 14: Ein Rahmenmodell der Wirkungsweise des Unterrichts (Helmke, 2009, S. 45)

Lehrperson

Die Rolle der Lehrkraft wird in vielen konstruktivistischen Ansätzen als die eines Moderators oder Lernbegleiters angegeben, der sich meist passiv verhält und den Lernenden einen Raum für eigene Lernwege gibt. Allerdings zeigen Forschungsergebnisse, dass eine aktive Rolle der Lehrkräfte in den Lernsituationen sehr gewinnbringend ist. Wenn Aufgaben zu komplex und sich Schüler außerdem zu sehr selbst überlassen sind, kann ein Wissensaufbau kaum erreicht werden. Für einen individuellen Wissensaufbau sollte so viel Hilfe wie nötig und so wenig Unterstützung wie möglich gegeben werden (Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006). Durch eine geeignete Strukturierung erhalten die Schüler eine Unterstützung im Denkprozess, ohne dass fertige Erklärungen an sie übermittelt werden (Möller et al., 2013). Zudem gibt eine angemessene Strukturierung den Schülern ein Gerüst, das es ihnen ermöglicht, Aufgaben, die sie alleine noch nicht bearbeiten können, mit Unterstützung zu lösen. Diese Strukturierung wird mit steigenden Fähigkeiten eines Schülers zur Bewältigung der Aufgabe langsam zurückgenommen (Bliss, 1996). Man spricht in diesem Zusammenhang von *Scaffolding* (scaffolds, übersetzt: Gerüste). Darunter ist die Unterstützung von Lernprozessen durch zum Beispiel Lehrpersonen oder gestufte Lernhilfen zu verstehen

(Möller, 2006). Wichtige Faktoren des Scaffoldings sind eine andauernde Diagnose, die Anpassung von Unterstützung und das Ausschleichen der Unterstützung (Puntambekar & Hübscher, 2005). Verschiedene Studien haben die Anwendung von Scaffolding in unterschiedlichen Formaten und Kontexten untersucht und als sehr wirksam herausgestellt (z. B. Arnold, Kremer & Mayer, 2017). Eine Lehrkraft bringt weitere professionelle Kompetenzen in den Unterricht mit ein, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird.

Lernender

Die Schüler bringen verschiedene individuelle Voraussetzungen in den Lernprozess ein. Beim Lernen von Naturwissenschaften findet bei Schülern im Allgemeinen ein *Conceptual Change* (übersetzt: Konzeptveränderung oder konzeptuelle Entwicklung) statt. Unter dem Begriff „conceptual“ ist eine gedankliche Vorstellung, eine Idee oder ein Begriff zu verstehen, der Begriff „change“ steht für Entwicklung oder Veränderung. Es geht also um eine allgemeine Veränderung von vorhandenen Vorstellungen des Lernenden (Möller, 2015). Als Voraussetzung, solch einen Konzeptwechsel bzw. eine Entwicklung wissenschaftlicher Vorstellungen bei Schülern zu bewirken, muss ein naturwissenschaftlicher Unterricht auf vorhandene Schülervorstellungen eingehen (Kleickmann, Hardy, Pollmeier & Möller, 2011). Das Ziel solcher Vorstellungsentwicklungen kann die Integration neuen Wissens in bereits vorhandene Wissensstrukturen (durch Erweiterung oder Differenzierung) oder der Ersatz bzw. die Aufgabe vorhandener Wissensstrukturen durch neue Konzepte sein. Konzeptwechsel können durch einen angemessenen Grad der Strukturierung von Lehrkräften unterstützt werden (Jonen, Möller & Hardy, 2003).

In dieser Studie sind die Lernenden Schüler, die an einer Förderschule im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung unterrichtet werden (siehe Kapitel 1).

Unterricht (Angebot)

Weitere Rahmenbedingungen des Unterrichts, die das Lernen unterstützen, lassen sich von Unterrichtsmerkmalen ableiten. Die Merkmale erfolgreichen Unterrichts können in drei Gruppen zusammengefasst werden: 1) Unterrichts- und Klassenführung, 2) Schülerorientierung, 3) Kognitive Aktivierung (Ditton, 2009). Nach Meyer (2006) tragen die Unterrichtsmerkmale zu dauerhaft hohen kognitiven, methodischen und sozialen Lernerfolgen bei. Exemplarisch zeigt Tabelle 17 verschiedene Qualitätsmerkmale guten Unterrichts, welche nur einen Auszug aus der Gesamtliteratur darstellen. Auf eine intensivere Auseinandersetzung mit der Thematik wird an dieser Stelle verzichtet, mit dem Verweis auf die gegebenen Literaturangaben.

Tabelle 17: Qualitätsmerkmale guten Unterrichts

12 Prinzipien des effektiven Unterrichts nach Brophy (1999, S. 5)	10 Merkmale guten Unterrichts nach Meyer (2004, S. 17f.)	10 fachübergreifende Qualitätsbereiche nach Helmke (2017, S. 168f.)
<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützendes Klassenklima • Lerngelegenheiten • Orientierung am Lehrplan • Aufbau einer Lernorientierung • Innerer Zusammenhang der Inhalte • Durchdachter Unterrichtsplan • Übung und Anwendung • Unterstützung der Lernfähigkeit • Lehren von Strategien • Kooperatives Lernen • Zielorientierte Beurteilung • Leistungserwartungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Klare Strukturierung • Hoher Anteil echter Lernzeit • Lernförderliches Klima • Inhaltliche Klarheit • Sinnstiftendes Kommunizieren • Methodenvielfalt • Individuelles Fördern • Intelligentes Üben • Transparente Leistungserwartung • Vorbereitete Umgebung 	<ul style="list-style-type: none"> • Klassenführung • Klarheit und Strukturiertheit • Konsolidierung, Sicherung • Aktivierung • Motivierung • Lernförderliches Klima • Schülerorientierung • Kompetenzorientierung • Passung • Angebotsvariation

Schon die kleine Auswahl an verschiedenen Literaturquellen zeigt, dass sich einige Merkmale guten Unterrichts wiederholen oder sehr ähnlich zueinander sind, beispielsweise Klassenklima, Strukturierung von Unterricht oder Übung. Bei einem „guten Unterricht“ müssen nicht alle Merkmale gleich stark ausgeprägt sein, sondern die Ausprägung sollte sich nach dem Fach, der Klassenzusammensetzung und dem Bildungsziel ableiten und als Grundlage für eine Selbstreflexion des Unterrichts dienen (Helmke, 2017). Die genannten Qualitätsmerkmale beziehen sich auf den Unterricht im Allgemeinen. Je nach Fach können die Gewichtungen unterschiedlich liegen, wegfallen oder fachspezifische Eigenschaften und Lernziele dazukommen. Im naturwissenschaftlichen Kontext werden größtenteils Qualitätsmerkmale des experimentellen Arbeitens beschrieben. Im Hinblick auf Experimente sollte darauf geachtet werden, dass die Grundausrüstung vorhanden ist und die Lernzeit im Unterricht beachtet wird (siehe Kapitel 2.3). Gerade im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist das Prinzip der sozialen Lernmotivation und der klaren Strukturierung im Unterricht besonders bedeutsam. Für die Schüler ist es sehr wichtig, in welcher Umgebung sie lernen, wie die Gruppenatmosphäre ist und wie die Lehrer-Kind-Beziehung aussieht (Speck, 2016).

Die Qualität des Lernmaterials lässt sich unter anderem durch dessen Gestaltung beeinflussen (siehe Kapitel 3).

(Konstruktivistische) Didaktik

Wenn von Unterricht gesprochen wird, muss auch der Begriff der Didaktik betrachtet werden. Didaktik, die sich auf Schule bezieht, hat den Unterricht zum Kernelement (Ziemen, 2019). Eine eindeutige Begriffsbestimmung der Didaktik lässt sich kaum finden. Didaktik wird als „Wissenschaft vom Lehren und Lernen, als Theorie vom Unterricht, als Theorie der Steuerung von Lernprozessen und als Anwendung psychologischer Lehr- und Lerntheorien“ (Seibert, 2009, S. 190), eine allgemeine Didaktik als „Theorie und Praxis des Lernens und Lehrens“

(Bergeest et al., 2015, S. 275) und eine Didaktik im unterrichtlichen Kontext als „Theorie und Praxis des unterrichtlichen Handelns“ (Strassmeier, 2000, S. 10) verstanden. Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden verschiedenen didaktische Modelle eingesetzt, zum Beispiel didaktische Rekonstruktion (Nerdel 2017), didaktische Reduktion (Risch & Pfeifer, 2018), bildungstheoretische Didaktik (Klafki, 2007) und forschend-entwickelnder Unterricht (Schmidkunz & Lindemann, 1992). Die genannten didaktischen Konzepte unterscheiden sich von denen im Bereich der Sonderpädagogik. Dort wird von Entwicklungslogischer Didaktik (Feuser, 1989; Feuser, 2002), Bildung mit ForMat (Lamers & Heinen, 2006), Elementarisierung (Häußler, 2015) und Inklusiver Didaktik (Ratz, 2017) gesprochen. Für weitere Informationen zu den didaktischen Modellen und Konzepten sei an dieser Stelle auf die oben genannten Arbeiten verwiesen.

Heutzutage wird vor allem die konstruktivistische Didaktik in den Fokus genommen. Im Konstruktivismus gibt es keine objektive Wahrheit, stattdessen interpretiert jeder Mensch seine Wahrnehmungen auf Grundlage seiner bisherigen Erfahrungen und konstruiert sich so seine eigene Welt (Glaserfeld 1989 in Hopf & Wilhelm, 2018). Die Sichtweise der konstruktivistischen Didaktik basiert auf der Annahme, dass Wissen nicht vermittelt werden kann. Stattdessen initiieren Reize von außen einen Prozess bei dem Lernenden, welcher neues Wissen entstehen lässt oder an vorhandene Konstrukte anknüpft (Gudjons & Traub, 2016). Dafür braucht der Lernende keinen inhaltlichen Impuls für die reine Wissensvermittlung bzw. -erweiterung, stattdessen regen herausfordernd und ansprechend gestaltete Rahmenbedingungen zur eigenständigen Auseinandersetzung mit der Umwelt an (Lamers & Heinen, 2006). Wichtige Vorläufer einer konstruktivistischen Didaktik sind Jean Piaget, Lev Semenovic Wygotski und John Dewey (Reich, 2012).

Der Ansatz von Piaget ist stark subjektbezogen. Er legt besonderen Wert auf die Entwicklungsstufen (Denkstadien) des einzelnen Lernenden. Demnach durchläuft ein Lernender nach und nach die Entwicklungsstufen, um konstruktive Lernfähigkeiten in handelnder, aktiver Auseinandersetzung mit der Umwelt zu regulieren und zu optimieren (Reich, 2012, S. 72). Zunehmend werden Schemata durch Assimilation und Akkommodation entwickelt. Können neue Wahrnehmungen von den Lernenden in bestehende kognitive Strukturen übernommen oder zu Vorwissen in Beziehung gesetzt werden, ohne diese zu verändern, spricht man von Assimilation. Bei der Akkommodation müssen die kognitiven Schemata geändert werden, um die neuen Informationen zu verarbeiten. Die Tendenz, ein Gleichgewicht zwischen dieser Strukturhaltung und der Neuanpassung herzustellen, wird als Äquilibration bezeichnet (Reiss & Hammer, 2021). Je nach Art der Wissensänderung wird bei der konstruktivistischen Sichtweise von Conceptual growth oder Conceptual change gesprochen (s. o.). Vergleichbar sind die beiden Begriffe mit der Assimilation und Akkommodation. Conceptual growth vollzieht sich auf kontinuierlichem Lernweg und ist

ähnlich der Assimilation, während beim Conceptual change Vorstellungskonzepte verändert und umstrukturiert werden, wie bei der Akkommodation. Ebenso wie Assimilation und Akkommodation stehen Conceptual growth und Conceptual change in einem Wechselspiel (Barke et al., 2015, S. 81). In der Literatur wird **Conceptual Change** häufig als übergreifende Bezeichnung der verschiedenen Perspektiven verwendet (Gropengießer & Marohn, 2018).

Wygotski sieht, ebenso wie Piaget, den Lernenden als aktiven Gestalter seines eigenen Lernprozesses. Er geht davon aus, dass außerdem soziale und kulturelle Faktoren, also die Lernumgebung, einen starken Einfluss auf das Lernen haben. Nach seiner Theorie zeigen vor allem kooperative menschliche Fähigkeiten einen lernsteigernden Effekt. Ein wirksamer Unterricht ermöglicht den Schülern mit der Zeit, in die Zone der nächsten Entwicklung zu gelangen. Die bereitgestellte Hilfestellung von Lehrenden durch ein sogenanntes Gerüst ist mit dem zuvor beschriebenen Scaffolding vergleichbar. Das Gerüst weist dem Lernenden anfänglich eine Richtung und kann mit zunehmenden Fähigkeiten der Schüler seitens der Lehrenden zurückgenommen werden (Franke-Braun, 2008; Mietzel, 2017).

Nach dem Ansatz von Dewey ist Lernen ein aktiver Vorgang, der nicht nur äußere Wirklichkeiten abbildet, sondern Handlungssituationen selbst herstellt. Menschliche Handlungen werden als eine Vermittlung von erzeugten und natürlich erfahrenen Handlungen verstanden, bei denen aktiv Wissen aufgebaut und interaktiv unterstützt wird (Reich, 2010).

Bei der konstruktivistischen Didaktik wird kritisch gesehen, dass durch eine Wissensaneignung als eine subjektive Konstruktion, Begriffe wie richtig und falsch ihre Bedeutung in Folge nicht vorhandener objektiver Bezugspunkte verlieren (Müller, 2002). Aus diesem Grund kommt in der Schule eher die Form des gemäßigten Konstruktivismus zum Einsatz, welcher auf die Förderung von selbstständigem Lernen, praktisch kooperativem Lernen und erfahrungs- und handlungsorientiertem Lernen abzielt (Gudjons & Traub, 2016).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass aus konstruktivistischer Sicht neues Wissen in vorhandene Strukturen integriert, in Beziehung gesetzt oder neue Strukturen geschaffen werden. Der Lernprozess kann von außen unterstützt werden, allerdings ist ein Wissenserwerb so nicht zu vermitteln. Stattdessen muss der Lernende eine aktive Rolle einnehmen, um seine Wahrnehmungen zu interpretieren und die gemachten Erfahrung in Bezug auf das Vorwissen zu neuem Wissen zu konstruieren (Mietzel, 2017; Reinmann-Rothmeier & Mandel, 2004). Auch experimentelle Kompetenzen lassen sich nicht durch reines Mitverfolgen eines Experimentierprozesses aufbauen, sondern entwickeln sich im Sinne eines konstruktivistischen Lernens durch selbstständiges Umsetzen und Anwenden (Vorholzer, 2017). Eine reale Problemstellung, deren Inhalt nah an der Lebenswelt der Schüler ist, unterstützt Wissenserwerb und Kompetenzaufbau (Streller et al., 2019).

Fachlicher Kontext

Die Unterrichtseinheiten sind in einen methodischen und inhaltlichen Kontext gesetzt. Auf methodischer Ebene kommt die naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode bzw. Denk- und Arbeitsweise des Experimentierens zum Einsatz (siehe Kapitel 2). Um Redundanzen zu vermeiden, wird an dieser Stelle nicht darauf eingegangen. Inhaltlich befasst sich die Einheit mit der Bildung für nachhaltige Entwicklung und den Sustainable Development Goals.

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) hat zum Ziel, die Menschen durch Bildung zu „zukunftsfähigem Denken und Handeln“ zu befähigen ([Nationale Plattform BNE/BMBF], 2017, S. 7). Über mehrere Jahre haben sich verschiedene, teilweise aufeinander aufbauende, Berichte und Agenden mit dem Leitbild von Nachhaltigkeit und Bildung für nachhaltige Entwicklung beschäftigt (Grundmann, 2017). Am aktuellsten ist die im September 2015 von 196 Staaten der Vereinten Nationen unterzeichnete „Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung“. Im Mittelpunkt der Agenda 2030 stehen die 17 Sustainable Development Goals (SDGs, Nachhaltigkeitsziele) ([BMZ], 2017). Die Ziele tragen alle zu den drei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung bei: wirtschaftliche, soziale und ökologische Dimension (Generalversammlung Vereinte Nationen, 2015). Häufig wird als vierte Dimension der nachhaltigen Entwicklung der kulturelle Aspekt genannt (Michelsen, Rode, Wendler & Bittner, 2013). Als handlungsleitende Prinzipien sind fünf Kernbotschaften formuliert („5 Ps“): People (Mensch), Planet (Planet), Prosperity (Wohlstand), Peace (Frieden) und Partnership (Partnerschaft) (Pufé, 2017). Auf Grundlage der Agenda 2030 wurde der Nationale Aktionsplan BNE entwickelt, um BNE in allen Bildungsbereichen zu verankern. Ein zentrales Ziel ist es, allen Kindern und Jugendlichen, unabhängig von ihren individuellen Lernvoraussetzungen, die Möglichkeit zu geben, an nachhaltigkeitsrelevanten Bildungsangeboten zu partizipieren ([Nationale Plattform BNE/BMBF], 2017, S. 7f.). Dieses Ziel ist auch als Unterziel 4.7 der Sustainable Development Goals genannt:

Bis 2030 sicherstellen, dass alle Lernenden die notwendigen Kenntnisse und Qualifikationen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben, unter anderem durch Bildung für nachhaltige Entwicklung und nachhaltige Lebensweisen, Menschenrechte, Geschlechtergleichstellung, eine Kultur des Friedens und der Gewaltlosigkeit, Weltbürgerschaft und die Wertschätzung kultureller Vielfalt und des Beitrags der Kultur zu nachhaltiger Entwicklung (Generalversammlung Vereinte Nationen, 2015, S. 18).

Diese Zielstellung richtet sich auch an die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Im Bereich des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung kommt der BNE eine besondere Aufgabenstellung zu. Es gilt die Unterrichtsgestaltung und Schulentwicklung so auszurichten, dass Lerninhalte und Zugangswege für Schüler mit geistiger Behinderung so gestaltet werden, dass sie „vielfältige ökologische Zusammenhänge ebenso wie die marktpolitischen Mechanismen und Fragen sozialer Gerechtigkeit“ (Schäfer, 2020) didaktisch

aufbereiten. Die Lernenden sollen dadurch Handlungsfähigkeit erleben und Selbstwirksamkeit empfinden. Nach dem ESD (Education for Sustainable Development) nimmt BNE für die Agenda 2030 eine wichtige Rolle ein, da nur durch Bildung die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können ([UNESCO], 2020). In der Schule können die Themen in verschiedenen Unterrichtsfächern Eingang finden. Im Sachunterricht lassen sich sehr gut ökologische Themen behandeln, die auch mit geographischen, ökonomischen und sozialwissenschaftlichen Perspektiven in Verbindung gebracht werden können (Jöhnck, 2020). Ökologische Themen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, die mit Experimenten veranschaulicht werden können, leiten sich aus den Sustainable Development Goals 6, 7, 12, 13, 14 und 15 ab, sollten aber wie vorab beschrieben, wenn möglich immer in Zusammenhang mit den weiteren drei Dimensionen gedacht werden.

In dieser Studie wird sich auf die nachfolgenden drei SDGs bezogen, deren Ziele in Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17 aufgeführt sind (Generalversammlung Vereinte Nationen, 2015, S. 15):

SDG6: *Sauberes Wasser und sanitäre Einrichtungen (Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten)*

SDG14: *Leben unter Wasser (Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen)*

SDG15: *Leben an Land (Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen)*



Abbildung 15: Ziele SDG6 (RENN.nord, 2019)

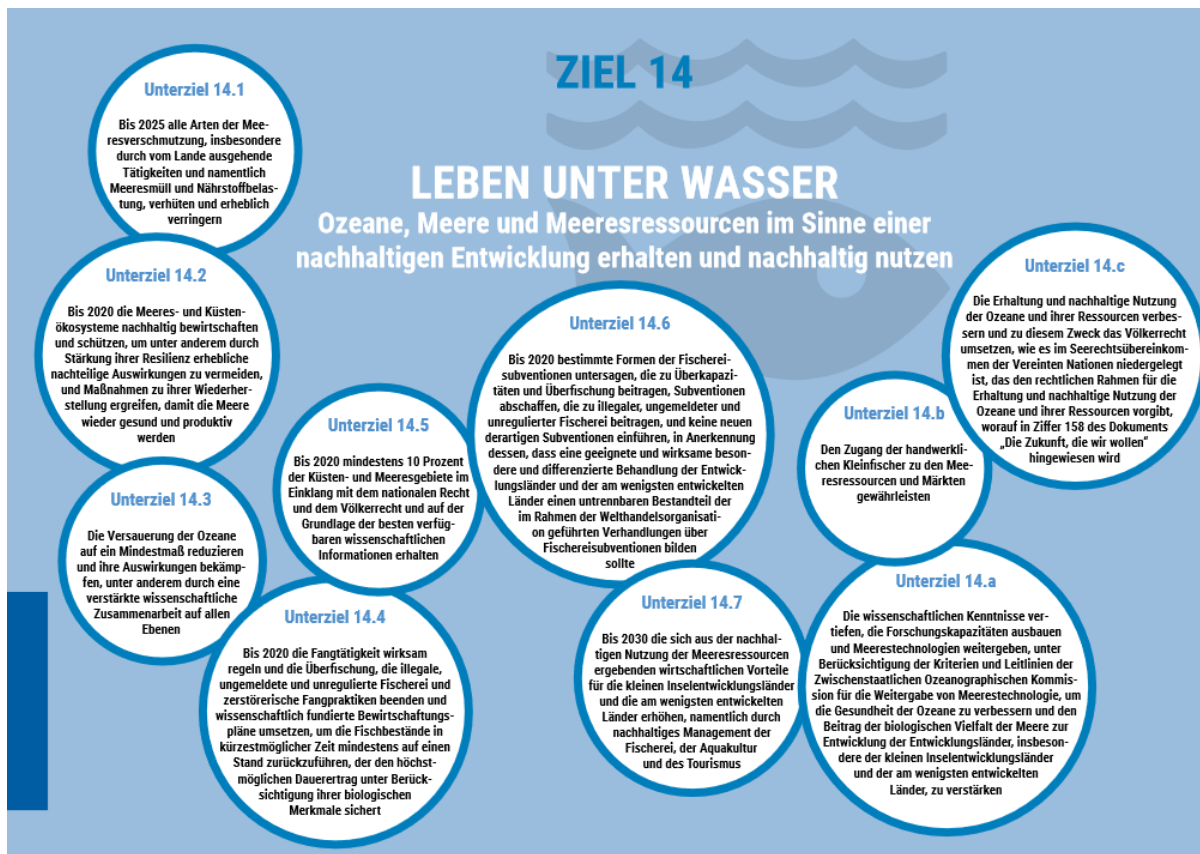


Abbildung 16: Ziele SDG14 (RENN.nord, 2019)



Abbildung 17: Ziele SDG15 (RENN.nord, 2019)

Fachlicher Kontext: Lehrplanbezug

Die Lernmaterialien befassen sich mit der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise des Experimentierens und einzelnen Unterthemen der Sustainable Development Goals.

Auf Grundlage einer Lehrplananalyse im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung über alle Bundesländer hinweg legt Schäfer (2017) eine Übersicht der inhaltsbezogenen (materialen) Gegenstandsbereiche in fünf Modulen fest: Mobilität, Mensch/Körper, Gesellschaftskunde, Umweltbildung/BNE und Kultur. Die Inhalte der Experimente decken die Unterpunkte des vierten Moduls Umweltbildung/BNE ab. In diesem Modul geht es um die Pflanzenwelt, Tierwelt und Naturphänomene/Ökologie. Somit lassen sie sich der naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts zuordnen. Auch die weiteren Perspektiven des Sachunterrichts (sozialwissenschaftlich, geographisch, historisch, technisch, perspektivübergreifend) finden bei einzelnen Experimenten Eingang (Blaseio & Westphal, 2019).

Nach dem Rheinland-Pfälzischen Lehrplan für Schüler mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung lassen sich die Experimente und deren thematische Auseinandersetzung in VII.9 Aktivitätsbereich Welterschließung, Unterpunkt 9.3 Natur und Ökologie einordnen.

Als Nutzer der natürlichen Lebensgrundlagen und als Abfallproduzenten müssen Menschen weltweit ihr Handeln an die Belastungsfähigkeit von Ökosystemen anpassen, wenn sie und ihre Nachkommen überleben wollen. Im Aktivitätsbereich Welterschließung werden Schülerinnen und Schüler angeleitet, an der Erhaltung und Wiederherstellung ihrer natürlichen Lebensgrundlagen aktiv mitzuarbeiten. [...] Die ökologisch geprägte Werteerziehung im Aktivitätsbereich Welterschließung zielt langfristig darauf, für Schülerinnen und Schüler erfahrbar zu machen, dass Natur Freude macht, Entdeckungen ermöglicht, Geborgenheit vermittelt und daher geschützt werden muss. [...]

Im Schullalltag können vielfältige Gelegenheiten geschaffen, Lernsituationen geplant und realisiert werden, in denen Schülerinnen und Schüler natürliche Phänomene beobachten, erkunden, vergleichen, ordnen, prüfen, abwägen können. Lernsituationen im Klassenraum bieten die Möglichkeit einer langfristigen Beobachtung von Natur unter quasi experimentellen Bedingungen und das Lernen durch Modelle und Abbildungen. (Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend, 2001, S. 416)

Weitere Verweise zu nachhaltigkeitsrelevanten Themen oder der Arbeitsweise des Experimentierens sind in dem Lehrplan nicht benannt.

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Anhand des Angebots-Nutzungs-Modells von Helmke (2009) lassen sich verschiedene Faktoren betrachten, die alle einen Einfluss auf den Unterricht haben. In dieser Studie werden die Personenmerkmale des Lehrers vernachlässigt. Im Mittelpunkt stehen die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, die naturwissenschaftliche Experimente durchführen. Dabei liegt der Kern auf dem Unterricht, im Speziellen in der Gestaltung der Lehr- und Lernmaterialien und auf der Wirkung in Bezug auf die experimentelle Kompetenz, die sich bei den Schülern aufbaut und entwickelt. Der Ertrag des inhaltlichen Kontexts, also der Bezug zu Nachhaltigkeit und den SDGs, wird kurz betrachtet, allerdings ohne detaillierte Analyse.

4.2 Stand der Forschung zum Experimentieren von förderpunktspezifischen und inklusiven Lerngruppen

Wie auch für andere Fächer wird im Chemieunterricht ein differenzierter Umgang mit Heterogenität gefordert. Allerdings bezieht sich dieser Anspruch meist nicht darauf, dass sich Lerngruppen im Hinblick auf das Merkmal Behinderung unterscheiden können (Adesokan, 2015). Einzelne Studien beschäftigen sich mit naturwissenschaftlichem Unterricht in inklusiven Settings oder mit Schülern eines spezifischen Förderschwerpunktes.

Naturwissenschaften & Inklusion (einzelne Förderschwerpunkte ohne Förderschwerpunkt geistige Entwicklung)

Die meisten Studien lassen sich im **Förderschwerpunkt Lernen** finden.

Im Konzept choice²explore stellt sich die Frage, wie inklusiver naturwissenschaftlicher Sachunterricht, der sich an Schülervorstellungen orientiert und gemeinsames Lernen initiiert, gestaltet werden kann (Rott & Marohn, 2018). In dem Konzept haben individuelle Vorstellungen der Schüler zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und deren Entwicklung eine besondere Relevanz. Die Materialien sind mit Grundschulern einer Schule auf dem Weg zur Inklusion getestet worden. Zunächst wird sich bei den Schülern mit Förderbedarf auf die Förderschwerpunkte Lernen, emotional-soziale Entwicklung und Sprache beschränkt. Ziel ist nicht nur die Generierung von Lernmaterialien und Merkmalen zur methodisch-didaktischen Gestaltung von Sachunterricht mit heterogenen Gruppen, sondern auch fachspezifische Möglichkeiten für ein gemeinsames Lernen herauszufiltern. Zudem sollen die Schüler die Experimente möglichst selbstständig durchführen können. Bei der Erstellung der Experimente und Materialien wird auf Leichte Sprache, Symbolik, klare Strukturierung und diverse Scaffolding-Maßnahmen, wie zum Beispiel Fokusfragen, zurückgegriffen, um alle Schüler ohne Differenzierungsmaßnahmen an den Materialien partizipieren zu lassen (Rott & Marohn, 2016; Rott & Marohn, 2017). Der fachliche Inhalt soll durch den Wechsel verschiedener Betrachtungsebenen, der Phänomenebene, Symbolebene und submikroskopischen Ebene, mithilfe von naturwissenschaftlichen Modellen vermittelt werden.

Das NESSI-Lab (Nürnberg-Erlanger-Schüler- und Schülerinnen-Labor) richtete sich ursprünglich an Schüler der Klassenstufe 1 bis 6 an Regelschulen, die einen Vormittag lang zu verschiedenen Themenbereichen im Fach Chemie experimentieren können. Mit der Erweiterung zu NESSI-FÖSL (NESSI für die Förderschule) wurde das Konzept an Förderschulen angepasst und für Schüler mit Förderbedarf geöffnet, wobei die Zielgruppe zunächst auf die Förderschwerpunkte Lernen und Hören beschränkt war und später um den Bereich Sprache erweitert wurde. Bei einer Befragung von Sonderpädagogen zeigten sich ähnliche Ansprüche an die Experimentiersituationen wie in der Regelschule, trotzdem müssen viele Aspekte verstärkt berücksichtigt werden. Dazu zählen im Förderbereich Lernen: Schwierigkeitsgrad, Visualisierungen, Strukturen durch klaren Ablauf und Gliederung der Arbeitsmaterialien, kurze Dauer, Versprachlichung der Ergebnisse. Im Bereich Hören ist auf eine vorherige Besprechung der Vorgehensweise, Vermeidung von Störgeräuschen und den Einsatz der Hilfsmittel, wie Hörgeräte, zu achten. Alle genannten Aspekte müssen bei der Auswahl und Gestaltung von Versuchsanleitungen berücksichtigt werden. Besonders auffällig sind die häufig sehr komplexen Satzstrukturen, schwierige Wörter und die wenig verwendeten Visualisierungen, die in einer Aufbereitung der Lernmaterialien für diese Schülerschaft wichtig sind. Zur Erleichterung des Lesens sind wichtige Aspekte fett geschrieben. Da nicht alle

Schüler die gleichen Bedürfnisse haben, bieten sich unterschiedliche Versionen der Experimentieranleitungen und Arbeitsblätter zur Auswahl an (Kometz, Tandetzke & Kometz, 2018; Schmitt-Sody & Kometz, 2013).

Auch Adesokan (2015) betrachtet die Schülerschaft mit dem **Förderschwerpunkt Hören**. Sie stellt fest, dass ein Förderkonzept die grundlegenden Prinzipien der Visualisierung, Sprachförderung und Strukturierung beinhalten muss. Zudem sollte den Lernenden ergänzend zur schriftsprachlichen Darstellungsebene die Möglichkeit zur zeichnerischen Darstellung angeboten und verschiedene Darstellungsformen und gestufte Lernhilfen bereitgestellt werden. Mithilfe dieser Maßnahmen kann eine Einführung in die naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen bei Schülern des Förderschwerpunktes Hören gefördert werden. Trotzdem lässt sich die Maßnahme aufgrund der heterogenen Gruppe nicht auf alle anwenden. Insofern sollten verschiedene Differenzierungsmaßnahmen und Lernhilfen zur Verfügung stehen, die für die Schüler individuell ausgewählt werden können.

In dem Bereich der inklusiven Naturwissenschaften gibt es einige konkrete Unterrichtsvorschläge ohne Berücksichtigung des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung (u. a. Abels, 2013; Baumeister, 2002; Diekmann, 2012; Dinges, 2004; Hell, 2010; Markic & Bruns, 2013; Minnerop-Haeler, 2013; Pielsticker, 2003; Rott, Nowosadek & Marohn, 2017; Stephan, 2012; Wertenbroch, 2001; Wertenbroch, 2004).

Naturwissenschaften & Förderschwerpunkt geistige Entwicklung

Die bisher aufgezählten Studien lassen die Schülerschaft mit dem **Förderschwerpunkt geistige Entwicklung** sowohl in inklusiven als auch in nicht inklusiven Settings unbeachtet. Es lassen sich von der Verfasserin kaum Studien finden, die einen naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülern des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung in den Blick nehmen. Langermann (2006) hat schon vor mehreren Jahren in ihrer Studie untersucht, ob geistig behinderte Kinder im Vorschulalter einen Zugang zu Naturphänomenen erhalten. Die Kinder zeigen demnach großes Interesse am Experimentieren und den naturwissenschaftlichen Phänomenen. Alle wollen das Experiment aktiv durchführen und wiederholen, statt unbeteiligt zu beobachten. Auch bei motorischen Herausforderungen schrecken die Kinder nicht zurück und wollen das Experiment wiederholen. Nicht nur die Wiederholung, sondern auch der gleiche Ablauf eines Experiments ist bedeutsam, damit sich die Kinder sicher an der Struktur orientieren können und das Experiment immer den gleichen Ausgang nimmt. Mit zunehmender Zeit gewinnen die Schüler an Sicherheit, was sich auch in der steigenden affektiven Beteiligung ausdrückt. Es zeigt sich, dass die affektive Beteiligung mit den kognitiven Anforderungen korrespondiert. Bei einer kognitiven Überforderung sinkt auch das Interesse. Nach den Experimenten erinnern sich die Kinder sehr gut an deren Durchführung, fast die Hälfte der Kinder kann sich zudem an die Deutung erinnern.

Im Rahmen einer Längsschnittstudie untersuchen Krauß und Woest (2013) mittels Einzelfallanalysen die mentalen Prozesse beim naturwissenschaftlichen Lernen von Lernenden des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung. Zur Unterstützung der Lernenden werden visuelle Zeichensysteme eingesetzt. Als wesentliche Gestaltungskriterien werden die Nummerierung der Teilschritte, die Darstellung als mathematisches Gleichungssystem, Hinweise auf die Zeit sowie die Visualisierung von Handlungsaufforderungen, chemischen Geräten und Materialien genannt.

Anhand des Unterrichtsbeispiels Steinsalzreinigung gibt Filusch (2017) verschiedene Gelingensbedingungen für den Unterricht an, die von den Unterrichtsprinzipien der Geistigbehindertenpädagogik abgeleitet sind und sich auf alle Unterrichtsfächer übertragen lassen. Sie konkretisiert diese Gelingensbedingungen in Bezug auf Schülerversuche. Zunächst einmal wird ein Thema mit Lebensweltbezug gewählt, damit die Schüler ihr Vorwissen aktivieren können, sich kompetent fühlen und dadurch ihre Motivation steigt. Zu den Gelingensbedingungen zählen:

- **Strukturierung:** Die Strukturierung bezieht sich auf den zeitlichen, räumlichen (auch in Bezug auf den eigenen Arbeitsplatz) und inhaltlichen Ablauf der Unterrichtsstunde und gibt den Schülern Sicherheit und Orientierung. Das Organisieren des eigenen Lernens erfordert viel kognitive Arbeitsleistung, die durch vorgegebene Strukturen erleichtert werden kann. Zudem kann durch eine Zusammenstellung der benötigten Materialien in einer Kiste, das selbstständige Arbeiten unterstützt werden.
- **Visualisierung von Arbeitsanleitungen:** Die Anleitungen werden in zwei Niveaus ausgegeben. Die anspruchsvolle Anleitung beinhaltet mehr Schrift und weniger Symbole und Fotos, während die einfachere Anleitung den Text auf das nötigste reduziert, Schlüsselwörter hervorhebt und die Aufträge vollständig mit Fotos oder Symbolen abbildet. Für eine geringere Transferleistung vom realen Objekt zum Foto, sollten die tatsächlich genutzten Gegenstände fotografiert werden.
- **Visualisierung und Strukturierung bei der Dokumentation:** Die Dokumentation kann je nach Kompetenzen der Lernenden eigenständig erfolgen oder aber durch eine Darstellung des strukturellen Aufbaus allgemein bzw. konkret auf einem Arbeitsblatt mit unterschiedlichen Formulierungshilfen, Ankreuzmöglichkeiten oder Zeichnungen vorgegeben sein.
- **Organisation des Arbeitsplatzes:** Der Arbeitsplatz lässt sich in einen Bereich für den Versuchsaufbau, die Dokumentation und die Materialien, die am besten auf einem separaten Tisch aufgestellt sind, einteilen.
- **Zeit und direkte Unterstützung:** Schüler profitieren besonders von einer Wiederholung der Versuche. Durch die Zuverlässigkeit der Versuche können Schüler bei der Wiederholung ggf. den Ausgang voraussagen und sich kompetent erleben. Zudem

brauchen die Schüler bei einer Wiederholung weniger Unterstützung als bei der ersten Durchführung.

- Formulierung von differenzierten Lernchancen: Auf Grundlage der Aneignungsmöglichkeiten kann eine Differenzierung hinsichtlich des Lernweges erfolgen. Die Aneignungsmöglichkeiten orientieren sich an denen von Kutzer (1999): basal-perzeptive Aneignungsmöglichkeit, konkret-gegenständliche Aneignungsmöglichkeit, anschauliche Aneignung und abstrakt-begriffliche Aneignung (siehe Kapitel 3.1). Auch wenn die Schüler schon auf einer höheren Stufe arbeiten können, profitieren sie von den Erfahrungen auf einer niedrigeren Stufe.

In mehreren Veröffentlichungen befassen sich Scholz et al. (2016a; 2016b; 2018) mit der Gestaltung von Lernmaterialien zu naturwissenschaftlichen Inhalten für Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen. Dabei betrachten sie sowohl den schulischen Unterricht als auch außerschulische Lernorte. Das Ziel ist eine Durchführung von Schülerexperimenten durch die Schüler selbst, um nicht nur Inhalte sondern auch Eigenständigkeit zu fördern. Die Aufgaben und Arbeitsaufträge wurden auf Grundlage verschiedener Überlegungen erstellt:

- Textvereinfachung: Unter Berücksichtigung einzelner Regeln Leichter Sprache und einer Überprüfung des Vereinfachungsprozesses durch den Lesbarkeitsindex nach Björnsson werden Arbeitsaufträge vereinfacht.
- Verknüpfung von (Bild-)Symbol und Text: Handlungen und Gegenstände werden konkret und verständlich dargestellt. Analog zu den Forschungen von Jones et al. (2007) wird sich auf die Symbolisierung von wichtigen Schlüsselwörtern festgelegt. Die Symbole sind über dem entsprechenden Wort platziert. Die Abbildung der Materialien erleichtert den Schülern die Identifikation von Objekten, vor allem bei unbekanntem Begriffen.
- Zahl der Informationen: Pro Zeile sollte die Zahl an Informationen auf ein Minimum reduziert werden. Gerade Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen haben aufgrund von kognitiven Einschränkungen oft weniger Kapazitäten.
- Visualisierung und Layout: Möglichst viele grundlegende gestaltpsychologische Aspekte (z. B. Figur-Grund-Kontrast, Einfachheit) werden versucht zu beachten. Zudem liegt zwischen den einzelnen Textzeilen mindestens eine komplette Leerzeile Abstand. Zusammengehörige Inhalte werden mit einem Rahmen versehen, um sie von anderen Bereichen abzutrennen, bspw. Material und Versuchsanleitung. Die klare Sequenzierung erleichtert den Schülern das Lesen und das Verstehen der einzelnen Handlungsschritte.
- Die Aufgaben müssen einen Alltagsbezug aufzeigen. Materialien mit abstraktem Lerninhalt und ohne lebensweltlichen Bezug eignen sich weniger für Versuche.

- Bei der Erstellung von Experimenten sind die Nutzung von Alltagsmaterialien und der weitestgehende Verzicht auf Chemikalien sinnvoll.
- Versuche, die aus mehreren Teilen bestehen, sind in kleine klar abzugrenzende Sequenzen zu zerlegen.
- Alle Aufgaben bzw. Versuche sollten konkret handelnd möglich und die Beobachtung und das Ergebnis direkt wahrnehmbar sein. Klar wahrnehmbare Versuche und eindeutige Ergebnisse erleichtern die Erinnerung bei den Schülern.
- Auch wenn Fachbegriffe häufig nicht bekannt sind, sollte nicht gänzlich darauf verzichtet werden. Fachbegriffe sind in den Naturwissenschaften sehr bedeutsam und können nicht vermieden werden. Aber auch vermeintlich bekannte Alltagsbegriffe können neu für die Schüler sein. Um Verständnis zu ermöglichen, ist eine Wortschatzarbeit wichtig.

Zusätzlich zu Unterstützungsmaßnahmen können Barrieren und Schwierigkeiten identifiziert werden:

- Weichen die abgebildeten Symbole von den tatsächlichen Objekten ab, kommt es zu Verwirrung und die Schüler müssen sich bei einem Betreuer rückversichern. Dies gilt ebenso für Handlungen. Ein Symbol muss die jeweilige Handlung exakt beschreiben.
- Ein Abmessen von Mengenangaben mittels Ziffern (z. B. 50 ml) ist häufig eine Hürde, die Schüler nicht ohne Hilfestellung bewältigen können. Ungenaue oder fehlende Angaben von Quantitäten führen zu Unsicherheiten. Daher bieten sich Markierungen an den Gefäßen an, um so die entsprechende Menge ohne Wertangabe abmessen zu können.
- Fehlende Möglichkeiten der Dokumentation von Informationen oder Messergebnissen führen dazu, dass die Schüler Schwierigkeiten bei der Beschreibung der Beobachtung oder dem Ergebnis zeigen.
- Bereitgestelltes Material hat einen hohen Aufforderungscharakter, sodass Schüler gerne direkt damit arbeiten möchten. Den Schülern sollte nur das für die Aufgabe relevante Material zur Verfügung stehen.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich, auch aufgrund der kleinen Stichprobengrößen, nicht auf alle Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf übertragen, liefern aber dennoch wichtige Anhaltspunkte für die Gestaltung von vereinfachten Aufgaben. Hauptsächlich richtet sich der Blick auf die Lesefähigkeit und die Verringerung schriftsprachlicher Versuchsanleitungen, die sehr häufig eine Barriere darstellen (siehe Kapitel 3.2). Im Anschluss an die Versuche kann sich ein Großteil der Schüler an den Aufbau, Ablauf und das Ergebnis erinnern. Das liegt allerdings nicht nur an den aufbereiteten Versuchsanleitungen, die lediglich einen Baustein im Vermittlungsprozess sind, sondern auch an der Lehrkraft. Durch Hilfestellungen, Herstellung von Bezügen, geschickten Fragestellungen und Besprechung der Ergebnisse können Denkprozesse angeregt werden.

Naturwissenschaften & Inklusion aller Förderschwerpunkte

Das Projekt „Chemie all-inclusive“ konzipiert, erprobt, überarbeitet und evaluiert inklusive Experimentier-Stationen, an denen alle Schüler, unabhängig von ihren körperlichen und kognitiven Voraussetzungen, teilnehmen können (Weirauch et al., 2020a; Weirauch et al., 2020b). Dabei geht es nicht nur um die Handlung an sich, sondern auch um das Erreichen von Fachlichkeit. Zu Beginn einer Experimentier-Station steht immer ein Phänomen aus der Lebenswelt der Schüler, da diese so Vorwissen einbringen und einen Zugang zu chemischen Inhalten finden können. Der fachliche Inhalt wird erst nach dem Bezug zum Erlebten herausgearbeitet, wobei es für die Lehrkraft wichtig ist, zunächst ein grundlegendes Verständnis der Inhalte zu entwickeln. Ausgehend von dem Phänomen und seinen fachlichen Hintergründen werden Fragestellungen erarbeitet, die an der Station mit dem Experiment beantwortet werden soll. Dafür müssen die Experimente so konzipiert sein, dass sie von den Lernenden selbst gefahrlos durchführbar sind und tatsächlich eine Antwort auf die gestellte Frage geben. Die Zugangsebenen werden auf der Grundlage verschiedener theoretischer Überlegungen gestaltet: Niveaustufen der geistigen Tätigkeiten nach Leontjew (1980), verschiedene Aneignungsmöglichkeiten nach Strassmeier (2000), Repräsentationsmodi nach Bruner, Olver und Grennfield (1971), Lernstrukturgitter Kutzer (1999) (siehe Kapitel 3.1). Ausgehend von dem Lernstrukturgitter von Kutzer (1999) hat Goschler (2018) ein Planungsinstrument entworfen, bei dem in einer Tabelle konkrete Vorhaben zum Gegenstand auf den jeweiligen vier Ebenen (basal-perzeptiv, konkret-gegenständlich, anschaulich-symbolisch, abstrakt-begrifflich) notiert werden können. Dabei ist zu beachten, dass sich die Zugangsebenen zum einen wechselseitig beeinflussen können und zum anderen nicht scharf voneinander abzugrenzen sind. Außerdem sind die Schüler verschiedener Schulformen nicht an eine bestimmte Ebene gebunden. Auf kommunikativer Ebene kommen Strategien zur Vermeidung von Lese- und Sprachbarrieren zum Einsatz, welche von Dechant, Scholz, Dönges, Kaltenbach, Risch und Köppen (2018) sowie Scholz et al. (2016b) abgeleitet sind (siehe Kapitel 3.2). Zusätzlich bietet das Projekt die Möglichkeit, sich die Anleitungen und weiteren Schritte durch den Anybook-Reader oder andere technische Ausgabegeräte vorlesen zu lassen. Am Ende werden die Experimentier-Stationen entlang der Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges strukturiert und mithilfe der Forscher-Scheibe während des Erkenntnisprozesses mit den Lernenden nachvollzogen. Die gewonnenen Erkenntnisse werden häufig anhand von Modellen erklärt. Auch wenn in der Chemie die Arbeit mit Modellen oft unausweichlich ist, kann sich nicht jeder Lernende etwas Nicht-Sichtbares vorstellen. Der Einsatz von Modellen sollte wohlüberlegt und nicht zu früh erfolgen, zudem muss er immer konkret greifbar sein.

Brauns und Abels (2021a) leiten aus einer breiten Literaturanalyse ein Kategoriensystem inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts ab (KinU). Für die größte Hauptkategorie

„naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten“ werden die Bereiche Aktionen, Ausführungsformen, Funktionen, experimentelle Kompetenz und Offenheit naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden zur Strukturierung genutzt. Die Ergebnisse sind in Brauns und Abels (2020), Brauns und Abels (2021a) und Brauns und Abels (2021b) dargestellt.

Mithilfe des Unterstützungsrasters, das inklusionspädagogische und naturwissenschaftliche Perspektiven verbindet, lässt sich inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht planen und reflektieren (Ferreira González, Fühner, Sühning, Weck, Weirauch & Abels, 2021). Abbildung 18 zeigt das Raster mit seiner inklusionspädagogischen (vertikalen) Achse und der fachdidaktischen (horizontalen) Achse. Auf der inklusionspädagogischen Achse gilt es die Diversität anzuerkennen (Dimension I), Barrieren zu identifizieren (Dimension II) und eine Partizipation für alle zu ermöglichen (Dimension III). Niemand soll benachteiligt oder diskriminiert werden. Um dem vorzubeugen, sind Barrieren in verschiedenen Bereichen des Lehrens und Lernens (z. B. sozial-sprachlich, kognitiv, affektiv) zu finden und davon ausgehend Möglichkeiten des Zugangs für alle zu schaffen. Eine Partizipation aller Lernenden gilt als übergeordnetes Ziel. Die naturwissenschaftsdidaktische Achse nimmt fachdidaktische Ziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Blick, welche nicht alle parallel im Unterricht verfolgt werden können:

- Sich mit naturwissenschaftlichen Kontexten auseinandersetzen (Dimension A): Der Unterricht beinhaltet naturwissenschaftliche Kontexte und Fragen für alle Lernenden.
- Naturwissenschaftliche Inhalte lernen (Dimension B): Die Entwicklung des konzeptuellen Verstehens, vordergründig der Wechsel zwischen der beobachtbaren Phänomenebene und der abstrakten Ebene, wird berücksichtigt.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben (Dimension C): Lernende setzen sich theoretisch und praktisch mit naturwissenschaftlichen Phänomenen und Denk- und Arbeitsweisen auseinander. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der praktischen Untersuchung und dem Entwickeln des eigenen Verständnisses und nicht auf dem Erlernen von Methoden oder Techniken.
- Über Naturwissenschaften lernen (Dimension D): Das Verstehen der Naturwissenschaften steht im Fokus.

Durch die Kombination der Unterpunkte von inklusionspädagogischen und naturwissenschaftsdidaktischen Zielen ergeben sich Schnittstellen, sogenannte Knotenpunkte (grüne Punkte). Jeder Knotenpunkt ist mit ein bis fünf Fragestellungen hinterlegt, die den Lehrkräften bei einer systematischen inklusiven Planung und Reflexion ihres Unterrichts unterstützen sollen. Bei der Anwendung des Rasters ist als erstes die Dimension A zu bearbeiten, erst danach kann mit den weiteren naturwissenschaftlichen Dimensionen B, C und D fortgefahren werden, die parallel laufen und keine bestimmte Reihenfolge erfordern. Auch

die Dimensionen I, II und III bauen jeweils aufeinander auf und müssen daher nacheinander bearbeitet werden. Genauere Informationen zum Einsatz des Rasters und Anwendungsbeispiele finden sich in Ferreira González et al. (2021).

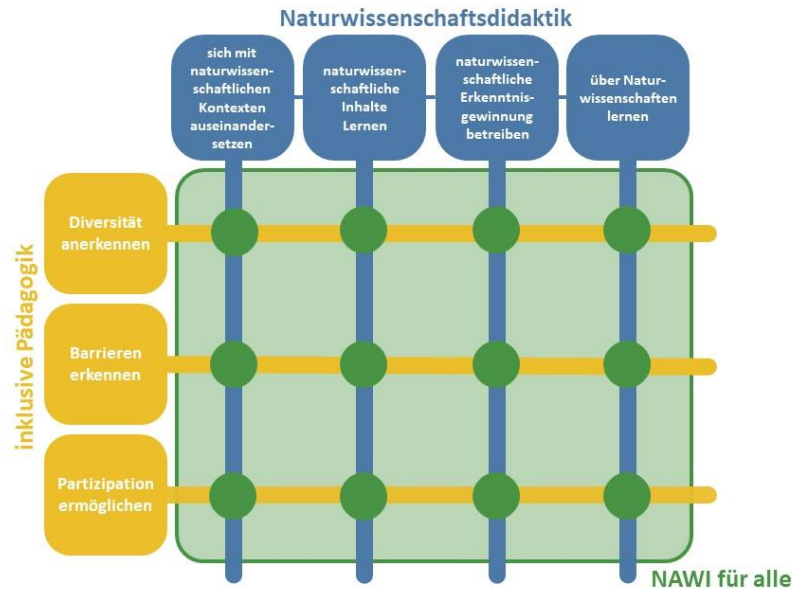


Abbildung 18: Vernetzung der inklusiven und naturwissenschaftsdidaktischen Perspektive im Schema (Stinken-Rösner, Abels, Hundertmark, Menthe, Nehring & Rott, 2021, S. 170, übersetzt nach Stinken-Rösner et al., 2020, S. 37)

Es gibt einige wenige Praxisbeispiele, die Naturwissenschaften und Inklusion vereinen (z. B. Albrecht, 2017; Pötter, 2017; Weirauch, Schenk & Ratz, 2021a).

BNE & Förderschwerpunkte

Die Zeitschrift Lernen konkret hat ein Heft zu dem Thema „Prima Klima!? Bildung für nachhaltige Entwicklung im FgE“ (2020) herausgebracht, in dem BNE im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung thematisiert und Anwendungsbeispiel aus der Praxis gegeben werden. Die genannten Praxisbeispiele befassen sich mit Schulverpflegung (Schäfer, Steinmetz & Griebler-Trossen, 2020), dem Umgang mit Nutztieren (Jöhnck & Baumann, 2020), der Herkunft und Entstehung unserer (Fuß-)Bälle (Böhme, 2020), Müll (Kremer, 2020) sowie sauberem Wasser (Blaseio & Westphal, 2020), um exemplarisch einige aufgegriffene Themen zu nennen. Beim Thema sauberes Wasser wird u. a. auf die Filtervorgänge im Alltag eingegangen. In diesem Kontext lässt sich der Weg zu unserem sauberen Wasser durch die natürliche Filterfunktion des Bodens, Kläranlagen oder Alltagsmaterialien durch Experimente veranschaulichen. Weitere fachliche und unterrichtliche Anregungen sind in dem Themenheft „Blaues Wunder“ (bezev 2014) für den inklusiven Grundschulbereich aufgeführt.

Auch die Themenhefte „Inklusion für nachhaltige Entwicklung“ (2017) und „BNE inklusiv“ (Engagement Global gGmbH, 2020) richten ihren Blick auf die Verbindung von Bildung für nachhaltige Entwicklung und Menschen mit und ohne Behinderungen.

Dechant et al. (2018) haben eine Handreichung mit differenzierten Lernmaterialien zum Thema Boden entwickelt. Die erstellten Lernmaterialien sind für den Unterricht mit inklusiven Gruppen aufbereitet, indem die Anleitungen in Vereinfachter Sprache und als Fotografischer Handlungsablauf zur Verfügung stehen. Inhaltlich wird in einigen Experimenten ein BNE-Bezug bedacht.

Das Projekt BNEx (BNE-spezifische Experimentierangebote für heterogene/inklusive Lerngruppen zu Schlüsselthemen einer nachhaltigen Entwicklung), in dessen Rahmen diese Studie stattfindet, entwickelt zu fünf SDGs (6: Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen, 7: Bezahlbare und saubere Energie, 13: Maßnahmen zum Klimaschutz, 14: Leben unter Wasser, 15: Leben an Land) jeweils acht Lernstationen, die im inklusiven Unterricht oder an außerschulischen Lernorten mit heterogenen Gruppen durchgeführt werden können (Risch, Klein, Dönges & Scholz, 2021). Alle Experimente stehen online zur Verfügung (<https://www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/fb7/inb/ag-chemiedidaktik/material>, 2021). Zudem gibt es zu jedem SDG einen eigenen Leitfaden, bei denen der SDG-Bezug deutlich herausgestellt wird¹ (Klein, Schehl, Köppen & Risch 2021a; 2021b).

Zusammenfassung und Implikation für das Forschungsprojekt

Im Allgemeinen zeigen die wenigen existierenden Studien, dass Schüler mit Förderbedarf, im speziellen auch Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, an naturwissenschaftliches Arbeiten herangeführt werden können, wenn die Experimente, Inhalte und Lernmaterialien entsprechend der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zur Verfügung stehen. Welche Kriterien im Einzelnen die Lernmaterialien und das Experimentieren begünstigen, und wie sich die Schüler über einen bestimmten Zeitraum entwickeln, wird kaum bis gar nicht thematisiert. Diesem Forschungsdesiderat nimmt sich die Studie an und leitet Kriterien für naturwissenschaftliche Experimente und deren Lernmaterialien ab, um Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung an die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Experimentierens heranzuführen. Zudem werden die Schüler über einen längeren Zeitraum beobachtet, um eine Aussage über die Entwicklung ihrer experimentellen Kompetenz treffen zu können. Kapitel 2.4 zeigt, dass auch zu Beobachtungsbögen bzw. Testinstrumenten, mit denen sich die experimentelle Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung erfassen ließe, keine Literatur auffindbar ist. Dies wird daher in dieser Studie ebenfalls in den Blick genommen.

¹ Bisher sind nur die beiden Leitfäden zu SDG6 und SDG14 erschienen. Es ist geplant, auch zu den Lernstationen der weiteren drei SDGs (7, 13 und 15) noch einen Leitfaden zu veröffentlichen.

C Methodisches Vorgehen

5 Methodischer Bezugsrahmen

5.1 Design-Based Research-Ansatz (DBR)

Ziel des Forschungsprojektes ist es, sich einem bestehenden Problem der Schulpraxis anzunähern. Derzeit gibt es kaum Lernmaterialien zum Durchführen von naturwissenschaftlichen Experimenten von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Als Forschungs- und Entwicklungsansatz ist daher für die vorliegende Studie der Design-Based Research-Ansatz (kurz: DBR) gewählt. Der Ansatz ermöglicht eine designbasierte Entwicklung und Optimierung von Lernmaterialien mit gleichzeitiger Verknüpfung der Theorieentwicklung.

Designbasierte Forschung zielt darauf, praktische Problemstellungen zu lösen und gleichzeitig wissenschaftliche Theorien (weiter) zu entwickeln (Brahm & Jenert, 2014, S. 45).

Entwicklungen des DBR

Seit etwa 20 Jahren wird die Forschungskonzeption des DBR diskutiert (Anderson & Shattuck, 2012). Die Etablierung des DBR in die Lehr-Lernforschung geht vor allem auf die Arbeiten von Ann Brown (1992) und Allan Collins (1992) zurück (Anderson & Shattuck, 2012; Reinmann, 2018). In aktuellen Forschungen finden sich verschiedene Begrifflichkeiten, welche unterschiedliche Strömungen des Ansatzes beinhalten, wie „design experiments“, „design research“, „educational design research“ oder „developmental research“ (Raatz, 2016, S. 38f.). Der Begriff Design-Based Research hat sich durch das DBR Collective (2003) durchgesetzt. Aus der Kritik der „mangelnden praktischen Anwendung von Befunden aus der empirisch-analytisch ausgerichteten Lehr-Lernforschung“ (Euler & Sloane, 2014, S. 7) entstand der DBR. Durch die charakteristische Zielsetzung, sowohl für die Forschung als auch für die pädagogische Praxis Ergebnisse zu erhalten, lässt sich der Erfolg des Ansatzes erklären (Anderson & Shattuck, 2012).

Nach The Design-Based Research Collective (2003, S. 8) ist der Einsatz von DBR in den folgenden Bereichen besonders nützlich:

- *Exploring Possibilities for Novel Learning and Teaching Environments*
- *Developing Contextualized Theories of Learning and Teaching*
- *Constructing Cumulative Design Knowledge*
- *Increasing Human Capacity for Innovation*

Im deutschsprachigen Raum hat insbesondere Reinmann, welche die Bedeutung von Innovation als wissenschaftlichen Akt thematisiert, den DBR-Ansatz vorangetrieben (Reinmann, 2005). Mittlerweile gibt es immer mehr Projekte, die im Bereich der fachdidaktischen Forschung den DBR als Forschungsansatz wählen (Wilhelm & Hopf, 2014).

Merkmale des DBR

Der Einsatz von DBR ist vielfältig und Forschungsprozesse können erheblich variieren (Bell, 2004 in Knogler & Lewalter, 2014). Trotz verschiedener Begrifflichkeiten gibt es einige Kernmerkmale (Euler & Sloane, 2014). Diese Merkmale werden zunächst überblicksartig genannt und nachfolgend vereinzelt vertieft ausgeführt (ebd.; Raatz, 2016; Reinmann, 2019):

- iteratives, zyklisches Vorgehen
- Verschränkung von praktischen und wissenschaftlichen Interessen
- theoriegeleitete Verankerung des Forschungsprozesses
- durchgehende Anwendungsorientierung
- Zielsetzung
- kontinuierlicher Einbezug von Praktikern
- integrativer Einsatz von Forschungsmethoden

Das zentrale Merkmal von DBR ist das Prinzip der Iteration. Durch ein kontinuierliches, zyklisches Vorgehen wird eine Intervention wiederholt theoriebasiert entwickelt, implementiert und analysiert (Knogler & Lewalter, 2014). Im DBR wird zunächst eine Ausgangssituation analysiert und daraus ableitend ein Problem präzisiert (Seufert, 2014). Darauf aufbauend werden durch theoriebasierte Design-Prozesse die aktuelle Lehr-Lernforschung sowie die pädagogische Praxis vorangebracht. Entwicklung und Forschung finden also in einem Zyklus aus Design, Umsetzung, Analyse und Re-Design statt (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 33). Die Intervention wird dabei systematisch gestaltet, durchgeführt, überprüft und überarbeitet (Reinmann, 2005). Die einzelnen Zyklen des Design-Experiments laufen nicht ausschließlich linear ab, sondern können zeitlich parallel stattfinden (Reinmann, 2017). Zudem können sich während der Erprobung Annahmen zu Voraussetzungen, Zielen und Rahmenbedingungen, durch gewonnene Erkenntnisse anderer Zyklen des Design-Experiments verändern (Raatz, 2016, S. 51).

In der Anwendung steht nicht die Frage im Vordergrund, ob diese funktioniert, sondern wie die Akteure darauf reagieren. Es geht also um die von der Theorie abgeleiteten Vermutungen der Wechselwirkungen zwischen Lehr- und Lernprozessen, ebenso wie die Beobachtung und Verbesserung der Interventionen im realen Kontext, um diese abschließend zu verstehen (Cobb, Confrey, dieSessa, Lehrer & Schauble, 2003). Das Ziel ist am Ende eine Ergebnisdarstellung, welche sowohl wissenschaftliche als auch praktische Interessen einfasst

(Raatz, 2016). Diese Ergebnisdarstellung bezieht sich auf die Lösung eines zu Beginn präzierten Problems der Bildungspraxis (Reinmann, 2005). Wilhelm und Hopf fassen treffend zusammen:

Der Ansatz versucht, Lernumgebungen in einer Perspektive des komplexen Zusammenwirkens verschiedener Einflussfaktoren zu entwickeln und zu verbessern. Dennoch sollten gleichzeitig Beiträge zur Grundlagenforschung geliefert werden (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 33).

Ein weiteres wesentliches Merkmal ist der Einbezug von Praktikern in einzelne Phasen des Entwicklungs- und Forschungsprozesses (Raatz, 2016, S. 57). Praktiker können zum Beispiel Lehrpersonen sein, durch deren Mitwirken eine Sammlung wichtiger Erfahrungen über das Lehren, das Lernen und den Bildungskontext möglich sind (Reinmann, 2018, S. 9). Dabei werden die Praktiker nicht primär zu Forschenden, stattdessen bringen sie ihre Expertise in den Forschungsprozess ein, indem sie zum Verstehen der Ausgangssituation und der Interventionsanpassung an die situativen Gegebenheiten beitragen (Reinmann, 2017). Es ist sinnvoll, den Lehrkräften Medien und Arbeitsmaterialien für den Einsatz im Unterricht vorzubereiten und Rückmeldungen der Praktiker für den weiteren Unterricht einzuarbeiten (Wilhelm & Hopf, 2014).

Im DBR kommt eine Vielzahl von qualitativen und quantitativen Methoden zum Einsatz, die auch bei anderen Forschungsansätzen einfließen. Demnach sind nicht die Methoden selbst kennzeichnend für den DBR, sondern deren integrativer Einsatz während des Forschungsprozesses (Euler, 2014, S. 29). Die Verbindung von qualitativen und quantitativen Methoden wird als „Mixed-Methods“ beschrieben und gilt als weiteres charakteristisches Merkmal des DBR. Nach Brahm und Jenert (2014) sind Mixed-Methods besonders gut geeignet, da sie verschiedene Perspektiven ermöglichen und eine Komplexität des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens erzwingen.

Kritik des DBR

Die Erhebungsmethoden im DBR haben häufig einen qualitativen Fokus. Daher werden ihm mehrere Grenzen zugeschrieben. Die Erprobungen finden nicht in zuvor geschaffenen Laborsituationen statt, sondern in realen Bildungssituationen. In diesem Setting gibt es viele Variablen, die von außen nicht zu steuern sind. Eine Kontrolle dieser Variablen ist in diesem Ansatz auch nicht sinnvoll, da sie die reale Bildungssituation verfälschen würde. Trotzdem ist es zweckmäßig, vorab die organisatorischen und sozialen Rahmenbedingungen zu klären, damit der Einsatz in der Praxis mit den vorhandenen Voraussetzungen abgestimmt ist. Für eine gute Nachvollziehbarkeit ist es von großer Relevanz, den gesamten Forschungsprozess,

mit den einzelnen Phasen und den dabei vorliegenden Gegebenheiten, ausführlich zu beschreiben. Eine Verallgemeinerung, der aus den realen Bildungssituationen gewonnenen Ergebnisse, ist nicht vollständig möglich (Brown, 1992; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004; Raatz, 2016). Es können jedoch theoretische Konstrukte entstehen, die in nachfolgenden wissenschaftlichen Erhebungen zu prüfen sind.

Häufig tendieren Forschungsprojekte im Feld dazu, viele Faktoren gleichzeitig zu erheben, wodurch sich eine große Anzahl von Variablen und Datenmaterial ergibt (Wilhelm & Hopf, 2014). Um das zu verhindern, sollte eine Auswahl von Daten reflektiert und gut begründet getroffen werden.

Die weit gefasste Definition des DBR ist ein weiterer Problempunkt. Es ist schwierig, den DBR gegenüber anderen Forschungsansätzen prägnant abzugrenzen. Viele Parallelen zeigen sich zu Ansätzen der Aktionsforschung (Reinmann, 2017). Ebenso wie im DBR wird eine Fragestellung von einem Problem aus der Praxis abgeleitet. Dieses Problem wird durch ein zyklisches Vorgehen, in Kooperation von Wissenschaft und Praxis, mit durchgehender Verbesserung zu lösen versucht. Ein Unterschied liegt in der Art der Kooperation von Wissenschaft und Praxis. In der Aktionsforschung sind die Praktiker selbst Forschende und das Ziel hat einen sehr hohen Praxisbezug. Die Rolle der einbezogenen Praktiker im DBR-Ansatz besteht im Einbringen ihrer Expertise, durch beispielsweise Verstehen der Ausgangssituation oder Passung von Interventionen. Zudem findet eine gleichrangige Betrachtung von Theorie und Praxis statt, wobei die Verantwortung auf Seiten des Forschers liegt (Altrichter, Posch & Spann, 2018; Reinmann, 2017).

5.2 Methoden der Datenerhebung

Der DBR wird nicht durch seine Methodik definiert (Bereiter, 2002). Somit liegen dem DBR keine spezifischen Erhebungs- oder Auswertungsverfahren zugrunde (Reinmann, 2017). Stattdessen wird eine Auswahl an Methoden getroffen, die sich aus einer Mischung von vorhandenen Forschungsinstrumenten zusammensetzt (Anderson & Shattuck, 2012).

Design researchers draw from both quantitative and qualitative methods, often using a combination of the two. The methods are selected based on the most accurate and productive way to answer the research questions. Accurate methods are able to collect the specific kind of information that is needed to answer the research question(s) well (McKenney & Reeves, 2014, S. 145).

Durch die Kombination von verschiedenen Datenerhebungs-, Datenaufbereitungs- und Datenauswertungsmethoden können die untergeordneten Fragestellungen und Zielsetzungen der Mesozyklen umfassender beantwortet werden. Auch in den einzelnen Mesozyklen dieses

Forschungsprojekten kommen verschiedene Erhebungsmethoden und Auswertungsmethoden zum Einsatz (zur Begriffsdefinition Mesozyklus siehe Kapitel 5.5.1).

Mixed-Methods Design

Der Begriff Mixed-Methods beschreibt die Vermischung von qualitativen und quantitativen Methoden in verschiedenen Ausprägungen (Tashakkori & Creswell, 2007). Schon seit den 1930er Jahren gibt es erste methodenkombinierte Forschungen, allerdings ohne dass sich diese wirklich etablierten (Völcker, Meyer & Jörke, 2019). Das forschungspraktische Interesse an dieser Kombination erneuerte sich seit Beginn der 1980er Jahre. Die Impulse in Deutschland gingen von Kluge, Kelle, Lamnek, Schröder und Baur aus. In Amerika wurde die Entwicklung durch die Arbeiten von Greene, Caracelli, Graham und Gage erneut initiiert (Baur, Kelle & Kuckartz, 2017c).

Aus einer Sammlung einer Vielzahl an Definitionen leiten Johnson, Onwuegbuzie & Turner (2007) die folgende Definition der Mixed-Methods ab:

Mixed methods research is the type of research in which a researcher or team of researchers combines elements of qualitative and quantitative research approaches (e.g., use of qualitative and quantitative viewpoints, data collection, analysis, inference techniques) for the broad purposes of breadth and depth of understanding and corroboration (Johnson et al., 2007, S. 123).

Völcker (2019, S. 80) gibt fünf Qualitätskriterien an, die eine gute Mixed-Methods-Forschung im breiten Anwendungsfeld auszeichnen:

Good Mixed Methods research is characterised by the fact that

- a) quantitative and qualitative procedures are each conducted separately and according to the standards of the respective method.*
- b) analysis procedures are conducted and pursued rigorously in accordance with their methodological criteria.*
- c) explicitly, a mixed method research design should be used, and this should be presented and justified.*
- d) terms and language should be used that are used and have become established in Mixed Methods Research.*
- e) different data should be integrated in the research process.*

Der Einsatz von Mixed-Methods bringt nach Kuckartz (2014, S. 54) folgende potenzielle Gewinne mit sich:

- *Statistische Zusammenhänge werden verständlicher und plastischer durch verbale Daten, Bilder und Filme.*

- *Befunde qualitativer Forschung gewinnen, wenn auch zahlenmäßige Angaben gemacht werden können.*
- *Die Chance zur Generalisierung qualitativer Forschungsergebnisse wächst.*
- *Quantitative Forschungsergebnisse gewinnen durch den detaillierten Blick nach innen, auf das Kleine, den einzelnen Fall und die persönlichen Erfahrungen der Einzelnen.*
- *Die Kontextualisierung der quantitativen Forschungsergebnisse durch die Ergebnisse der qualitativen Forschung ermöglicht ein besseres Verständnis des untersuchten Problems.*
- *Das Wissen und die Erkenntnisse, die das Projekt bringt, sind umfangreicher, mehrperspektivischer und somit vollständiger.*
- *Das Spektrum und der Detailgrad der Fragen, die man durch die Forschung beantworten kann, sind breiter.*

Bei der Integration von qualitativen und quantitativen Methoden existieren für die Umsetzung verschiedene Designtypen (Völcker et al., 2019). Schoonenboom und Johnson (2017) geben einen Überblick über die unterschiedlichen Designtypen. Erstmals wurde im Jahr 1989 eine Klassifizierung von Greene, Caracelli & Graham vorgenommen, die auch heute noch in Verwendung ist.

- **Triangulation:** Validierung der Ergebnisse durch mehrere Methoden, bzw. Perspektiven.
- **Komplementarität:** Die Ergebnisse von einer Methode werden mit den Ergebnissen einer anderen Methode verglichen.
- **Entwicklung:** Aus den Ergebnissen einer Methode wird die folgende Methode entwickelt.
- **Initiation:** Paradoxien und Widersprüche sollen durch den Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Methoden aufgedeckt werden.
- **Expansion:** Durch Anwendung verschiedener Methoden wird ein breiter Blick ermöglicht.

Auch bei weiteren Designtypen und deren vielen Unterformen wird in Hinblick auf die verschiedenen Verbindungsmöglichkeiten von qualitativen und quantitativen Anteilen unterschieden. Ein häufiges Kriterium ist die Implementation (Collins, Onwuegbuzie & Jiao, 2007). Die Implementation kann um drei weitere Punkte ergänzt werden, sodass sich vier Dimensionen unterscheiden lassen (Creswell et al. 2003 in Kuckartz, 2014, S. 65f.):

- **Implementation:** Reihenfolge des qualitativen und quantitativen Vorgehens (gleichzeitig vs. sequenziell, d. h. eine Form folgt auf die andere)
- **Priorität:** vorrangiger Untersuchungstyp (gleichwertig vs. eine Richtung steht im Vordergrund)
- **Integration:** Zeitpunkt der Integration von qualitativen und quantitativen Daten bzw. Ergebnissen (mögliche Zeitpunkte: Datenerhebung, Datenanalyse, Dateninterpretation, zu mehreren Zeitpunkten)
- **Theoretische Perspektive:** implizit vs. explizit

Die vier Dimensionen mit ihren spezifischen Ausprägungen ergeben verschiedene Design-Typen. Diese werden von der jeweiligen Fragestellung abgeleitet, wodurch auch eine Verbindung mehrerer Design-Typen möglich ist (Kuckartz, 2014). Die Vielzahl der Forschungsfragen der Studie sind im DBR untergliedert. Zu deren Beantwortung werden verschiedene Datenerhebungs-, Datenanalyse- und Datenauswertungsarten herangezogen. Die Forschungsarbeit vereint verschiedene Methoden im Sinne der Mixed-Methods, kann aber keinem Designtyp eindeutig zugeordnet werden. Zur besseren Nachvollziehbarkeit sind die einzelnen Analysen und Auswertungen zu den jeweiligen Fragen im DBR detailliert an der entsprechenden Stelle beschrieben.

Als Überblick sind die in dieser Forschungsarbeit angewandten Erhebungsmethoden nachfolgend aufgeführt und in wenigen Sätzen erläutert.

Interview

Das Interview kann als „ein planmäßiges Vorgehen mit wissenschaftlicher Zielsetzung, bei dem die Versuchsperson durch eine Reihe gezielter Fragen oder mitgeteilter Stimuli zu verbalen Informationen veranlaßt werden soll“ (Scheuch 1967, S. 70 in Lamnek & Krell, 2016, S. 315) definiert werden. Durch verschiedene Dimensionen der Differenzierung und Formen des Interviews setzen sich die verschiedenen Arten von Befragungen zusammen (Lamnek & Krell, 2016, S. 315). Für einen Austausch über das Material bieten sich Gruppeninterviews und Gruppendiskussionen in mündlicher sowie schriftlicher Form an. Die Interviewform Experteninterview bietet die Möglichkeit, Personen zu befragen, die sich durch eine bestimmte Expertise über den Forschungsstand auszeichnen (Hug & Poscheschnik, 2015, S. 101). Das erhobene Wissen bezieht sich auf strukturelles Fachwissen sowie auf Praxis- und Handlungswissen (Döring & Bortz, 2016, S. 375). Mithilfe von leitfadengestützten Interviews lassen sich vorab Themen herausfiltern und sortieren, die dem Interview eine Struktur geben. Während des Interviews sollte sich zwar am Leitfaden orientiert, aber keine Einengung des Gesprächsflusses verursacht werden. Zudem können spontan Vertiefungen oder Nachfragen erfolgen oder es kann vom Leitfaden abgewichen werden (Niebert & Gropengießer, 2014).

Lauter Denken

Bei der Methode *Lauter Denken* werden die Untersuchungspersonen aufgefordert, alle Gedanken während einer Aktivität in Worte zu fassen (Döring & Bortz, 2016, S. 317). Die Methode wird hauptsächlich bei der Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen, aber auch für die Analyse von Unterricht angewendet (Sandmann, 2014, S. 179). Meistens wird das laute Denken introspektiv, d. h., zeitgleich zur Aufgabe ausgeführt, und ermöglicht so eine Prüfung der Aufgabe (Konrad, 2010, S. 476; Sandmann, 2014, S. 182).

Teilnehmende Beobachtung

Eine wissenschaftliche Beobachtung muss immer als eine zielgerichtete und systematische Beobachtung im Forschungsprozess geplant sein (Döring & Bortz, 2016, S. 326). Die Teilnehmende Beobachtung kommt zum Einsatz, wenn die Untersuchungsperson in ihrer natürlichen Lebenswelt betrachtet wird. Der Forscher nimmt dabei an dem Alltag der Personen oder der Gruppen teil. Es ist ihm allerdings nur möglich, in einem beschränkten Raum eine kleine Personengruppe zeitlich zu beobachten (Lamnek & Krell, 2016). Die Teilnehmende Beobachtung kann anhand von sechs zentralen Klassifikationskriterien unterschieden werden: strukturiert – unstrukturiert, offen – verdeckt, teilnehmend – nicht teilnehmend, direkt – indirekt, Feld – Labor, Fremdbeobachtung – Selbstbeobachtung (Atteslander, 2010; Döring & Bortz, 2016; Hug & Poscheschnik, 2015; Schwinghammer, 2018). Auf eine genaue Ausführung der einzelnen Kriterien wird mit Verweis auf die Literaturstellen verzichtet. In dieser Studie finden alle teilnehmenden Beobachtungen in Form von strukturierten, offenen, teilnehmenden und direkten Fremdbeobachtungen im Feld statt.

Beobachtungsbogen

Während der Zyklen der Langzeitstudie füllen die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte einen Beobachtungsbogen aus. Da sich für die Entwicklung der experimentellen Kompetenz in Verbindung mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung keine Erhebungsinstrumente finden lassen, muss ein eigener Beobachtungsbogen entwickelt werden. Ein Beobachtungsbogen ermöglicht eine zielgerichtete Beobachtung. In Kapitel 2.3 ist die zweidimensionale Matrix zur Einordnung des Offenheitsgrades eines Experiments von Baur et al. (2017a) beschrieben. Die einzelnen Experimentierphasen sind in Kapitel 2.2 dargestellt. Basierend auf diesen beiden Grundlagen wird ein eigener Beobachtungsbogen entwickelt, mit dem sich die Entwicklung der allgemeinen Experimentierfähigkeit von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung erfassen lässt. Die Entwicklung und Testung des Beobachtungsbogens ist in Kapitel 6.4 dargestellt.

Die Interrater-Übereinstimmung des Beobachtungsbogens lässt sich mithilfe des Fleiss-Kappa-Wertes berechnen. Bei der Berechnung ergeben sich Werte zwischen 0 und 1. Tabelle 18 zeigt die Werte und deren Aussage über die Stärke der Übereinstimmung.

Tabelle 18: Fleiss-Kappa-Werte und Aussage über die Stärke der Übereinstimmung (Landis & Koch, 1977, S. 165)

Kappa statistic	<0,00	0,00-0,20	0,21-0,40	0,41-0,60	0,61-0,81	0,81-1,00
Strength of agreement	poor	slight	fair	moderate	substantial	almost perfect

Fallstudien

Durch Fallstudien lässt sich die soziale Wirklichkeit umfassender und besser abbilden als es quantitative Erhebungsmethoden vermögen (Borchardt & Göthlich, 2009). Fallstudien zielen

auf einen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn, der meist durch eine Betrachtung von Individuen erfolgt. Auch wenn sie hier unter den Datenerhebungsmethoden aufgeführt werden, zählen sie nicht zu diesen, sondern sind als Forschungsansatz zu verstehen, der mehrere Methoden miteinander kombiniert. Die aus Fallstudien gewonnenen Erkenntnisse können als Basis genutzt werden, um typische Handlungsmuster und Strukturen zu beschreiben. „Auch wenn eine Theorieentwicklung durch einen Einzelfall selbstverständlich nur vorläufig geschehen könne, sei letztlich nicht die Anzahl weiterer Fallstudien entscheidend, sondern deren jeweilige Qualität.“ (Petri, 2014, S. 98). Bisher gibt es noch keine einheitlichen Vorgaben, wie genau bei der Fallstudienanalyse vorgegangen werden sollte. Es existieren nur verschiedene Vorschläge, an denen man sich orientieren kann (Yin, 2014). In Kapitel 6.6 richtet sich der Blick intensiver auf Fallbeschreibungen.

5.3 Methoden der Datenauswertung

Als Aufbereitungs- und Auswertungsmethode gilt vorrangig die *Qualitative Inhaltsanalyse* nach Mayring (2015) und Kuckartz (2016). Der Beobachtungsbogen hat eine spezifische Auswertungsform. Da ein eigener Beobachtungsbogen erstellt und in neuer Form getestet wird, ist die Auswertung dessen in dem entsprechenden Kapitel 6.4 gegeben.

Das Ziel einer qualitativen Inhaltsanalyse liegt darin, Material, welches aus jedweder Art der Kommunikation stammt, zu analysieren. Dabei kann es sich um sprachliche Texte, Audio- und Videomaterial, Bilder oder Musik handeln. Das Vorgehen ist systematisch, regel- und theoriegeleitet, um durch Interpretationen Rückschlüsse auf bestimmte Aspekte der Kommunikation ziehen zu können. Im Zentrum der Analyse steht ein Kategoriensystem, welches als Grundlage für die Materialanalyse gilt (Mayring, 2015).

Nach Mayring (2015) lassen sich drei Grundformen der Materialanalyse nennen, wobei die Unterformen nicht aufgeführt sind: Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. Die Zusammenfassung hat zum Ziel, das Material auf die wesentlichen Inhalte zu reduzieren. Bei der Explikation wird zu einzelnen fraglichen Textteilen zusätzliches Material zum besseren Verständnis herangetragen. Das Ziel der Strukturierung ist es, bestimmte Aspekte nach vorab festgelegten Kriterien herauszufiltern. Kuckartz (2016) hingegen unterscheidet die inhaltlich strukturierende, evaluative und typenbildende qualitative Inhaltsanalyse. Die inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse bedient sich eines breiten Spektrums von Kategorien, die induktiv und/oder deduktiv gebildet werden können und das Material durch ein mehrstufiges Verfahren differenzieren und auf die wichtigsten Punkte reduzieren. Bei der evaluativ qualitativen Inhaltsanalyse werden Einschätzungen, Klassifizierungen und Bewertungen von Inhalten durch die Forschenden vorgenommen, deren Ausprägung meist ordinaler Art sind. Im Rahmen der typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse werden Gruppierungen von ähnlichen Mustern oder Gruppen vorgenommen, welche sich deutlich von

anderen Mustern oder Gruppen abgrenzen und somit durch ihre Merkmalsausprägung einem Typ zugeordnet werden. Zu den unterschiedlichen Basismodellen werden von Autoren verschiedene Ablaufmodelle beschrieben. Eine Gemeinsamkeit liegt darin, dass bestimmte Phasen zu durchlaufen sind, die sich aufeinander beziehen und deren Ablauf iterativ ist. Das iterative Vorgehen ermöglicht es, eine Flexibilität erhalten, wodurch Forschungsfragen während des Prozesses verändert werden können (Kuckartz, 2016). Ein allgemeines Ablaufmodell der qualitativen Inhaltsanalyse zeigt Abbildung 19.

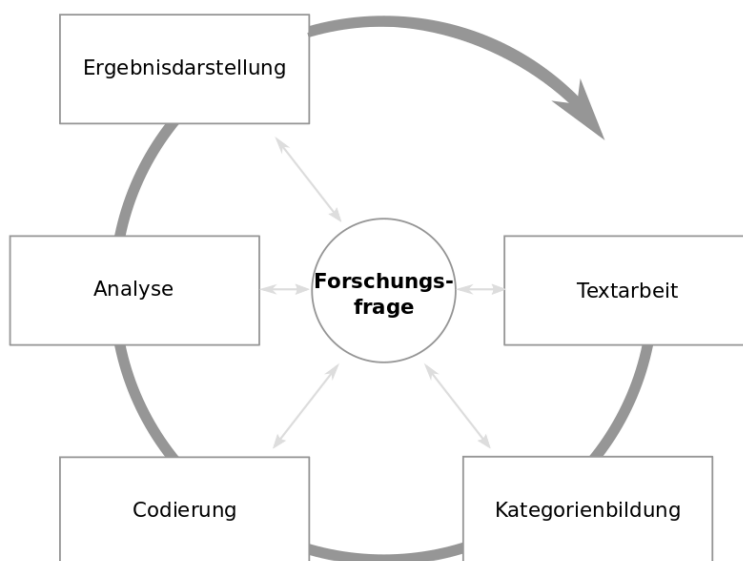


Abbildung 19: Allgemeines Ablaufmodell der qualitativen Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz, 2016, S. 45)

Das Ablaufmodell zeigt das iterative Vorgehen, bei dem alle Phasen in Bezug zur Forschungsfrage stehen. Das Material wird zu Beginn gesichtet und erste Auffälligkeiten und zentrale Begriffe werden markiert. Um eine, auf Grundlage von wenigen Fällen beruhende, Schlussfolgerung zu vermeiden, werden alle vorliegenden Daten analysiert. Vor Festlegung der Analyserichtung werden die Entstehungssituation des Materials und formale Charakteristika beschrieben. Die darauffolgende Kategorienbildung gilt als Basis für das weitere Vorgehen. Das Aufstellen eines Kategoriensystems ist ein Prozess. Die Kategorien können entweder aus bestehendem Material abgeleitet (deduktiv/a-priori), aus dem Material gewonnen (induktiv) oder als deduktive Kategorien durch deren Anwendung am Material erweitert und ausdifferenziert werden (deduktiv-induktiv). Neben dem auf Grundlage der Forschungsfrage bestimmten Ziel, gibt es weitere Elemente der Kategorienbildung: Kategorienart und Abstraktionsniveau. Kuckartz (2016, S. 33–35) beschreibt folgende Kategorienarten:

- Fakten-Kategorien (Faktencodes): objektive oder vermeintlich objektive Gegebenheiten (z. B. Beruf, Ort, Ereignis)

- Thematische Kategorien (Themencodes): Thema oder Argument, das sich an einer bestimmten Textstelle wiederfindet
- Evaluative Kategorien (evaluative oder bewertende Codes): Bezug auf externe Bewertungsmaßstäbe, meist mit ordinalem Skalenniveau
- Analytische Kategorien (analytische Codes): aufbauend auf thematischen Kategorien, interpretatives Vorgehen
- Natürliche Kategorien (In-vivo-Codes): Terminologie oder Begriffe, die von Handelnden im Feld selbst verwendet werden
- Formale Kategorien: Daten und Information über die zu analysierende Einheit (z. B. Datum, Länge des Interviews)

Vor der Codierung sollten nach Mayring (2015) auch die Kodier- und Kontexteinheit festgelegt werden. Dabei handelt es sich um den kleinsten bzw. größten Materialbestandteil, der unter eine Kategorie fallen kann. Auch Codiereinheiten sollten, in Form eines Satzes oder einer Sinneseinheit, bestimmt werden. Das bestehende Kategoriensystem wird daraufhin ggf. am Material entwickelt oder ausdifferenziert, systematisiert und organisiert. Der Aufbau des Kategoriensystems kann eine Liste, Hierarchie oder ein Netzwerk sein. Die üblichste Form ist die Hierarchie (Kuckartz, 2016). Einzelne Hauptkategorien sind in Unterkategorien differenziert, die wiederum in weitere Ebenen unterteilt sein können. Das Material wird so lange durchgearbeitet, bis sich an dem bestehenden Kategoriensystem keine Änderungen mehr ergeben. In einem Kategorienhandbuch, auch Codebuch genannt, werden die Kategorien festgehalten, definiert, Codierregeln erstellt und Ankerbeispiele aufgeführt. Mit diesem Codebuch wird das Material anschließend codiert. Zuletzt erfolgen die Analyse und eine Darstellung der Ergebnisse.

In dieser Arbeit ist hauptsächlich die inhaltlich strukturierte Inhaltsanalyse gewählt. Teilweise sind die Datenerhebungen für einen besseren Nachvollzug durch Audioaufnahmen festgehalten. Die Audioaufnahmen wurden für eine leichtere Kategorienzuordnung transkribiert, wobei die Transkriptionsregeln nach Dresing und Pehl (2018) angewendet wurden. Abbildung 20 zeigt die unterschiedlichen Auswertungsformen der inhaltlich strukturierten Inhaltsanalyse. Jede Auswertung sollte am Ende einen Bezug zur Forschungsfrage herstellen. Dazu zählt deren Beantwortung oder die Nennung offen gebliebener Aspekte (Kuckartz, 2016).

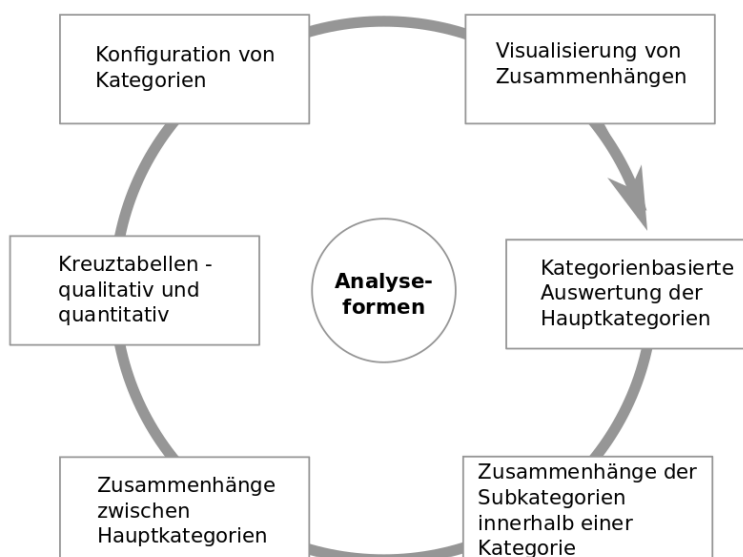


Abbildung 20: Auswertungsformen der inhaltlichen strukturierten Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz, 2016, S. 118)

5.4 Gütekriterien und Methodenkritik

Jede empirische Forschung sollte sich die Frage nach der Qualität des Messvorgangs stellen, welche den Untersuchungserfolg und die Aussagekraft der Ergebnisse beeinflusst (Himme, 2009). Allgemein lassen sich dafür drei klassische Gütekriterien formulieren: Objektivität, Validität und Reliabilität (Kruse, 2015). Die drei Gütekriterien werden an dieser Stelle kurz definiert und in Kapitel 6.4.3 in Bezug auf den Beobachtungsbogen und vereinzelt auch in weiteren Kapiteln des Design-Experiments angewendet.

- 1) **Objektivität:** Unter Objektivität versteht sich die Unabhängigkeit der Ergebnisse eines Tests vom Untersucher. Demnach müssen unterschiedliche Personen unter gleichen Bedingungen bei einer bestimmten Untersuchung zu den gleichen Ergebnissen kommen. Ein Test wird als vollkommen objektiv angesehen, wenn verschiedene Untersucher bei denselben Probanden die gleichen Ergebnisse erzielen. Dabei bezieht sich die Objektivität auf die Durchführung, Auswertung und Interpretation (Hussy, 2013; Lienert & Raatz, 1998).
- 2) **Reliabilität (Zuverlässigkeit):** Bei der Reliabilität wird die Genauigkeit der Messung betrachtet. Es geht also darum, wie zuverlässig der Messwert zu dem „wahren Wert“ ist (Schumann, 2018). Das kann beispielsweise durch zwei parallele Tests, die Trennung eines Tests in zwei Hälften oder die Wiederholung des Tests unter den gleichen Bedingungen erfolgen (Rammstedt, 2010). Eine weitere Möglichkeit ist die Bestimmung der Interrater-Reliabilität, bei der unterschiedliche Beobachter bei den gleichen Testpersonen zu ähnlichen oder gleichen Einschätzungen kommen (Schreier, 2013).
- 3) **Validität (Gültigkeit):** Bei der Validität stellt sich die Frage, ob ein Test wirklich das misst, was er messen soll. Es existiert kein standardisiertes Routineverfahren, um die Validität zu messen (Hartig et al., 2012; Schmiemann & Lücken, 2014).

Die beschriebenen Gütekriterien sind sowohl für die quantitative als auch für die qualitative Forschung anwendbar. Nach Mayring (2016) greifen diese drei Gütekriterien in der qualitativen Forschung allerdings zu kurz. Daher leitet er aus einzelnen aufgestellten Katalogen zu spezifischen qualitativen Gütekriterien sechs sich überschneidende Kriterien ab, mit denen sich in einem argumentativen Vorgehen die Flexibilität des Ablaufs in die Begründung der Ergebnisse einbeziehen lassen. Nach Ackermann und Rosenbusch (2002) sind diese sechs Gütekriterien qualitativer Forschung gut geeignet, um eine erste Orientierung zu geben und schulpädagogische Studien zu beurteilen. Die sechs Kriterien sind nachfolgend aufgeführt, wobei zunächst die Bedeutung des Kriteriums erläutert ist und anschließend die Anwendung des Kriteriums auf diese Forschung erfolgt (Mayring, 2016).

- 1) *Verfahrensdokumentation*: Damit der Forschungsprozess nachvollziehbar ist und einen wissenschaftlichen Wert erlangt, muss das Verfahren genau dokumentiert sein. Es wird nach einer detaillierten Dokumentation verlangt, da in der qualitativen Forschung häufig speziell entwickelte oder differenzierte Methoden auf den jeweiligen Gegenstand angewendet werden.

In Kapitel 5.5.4 zeigt Tabelle 21 (Seite 121) einen Überblick über alle Mesozyklen des Design-Experiments mit deren Fragen, Zielen und der dazugehörigen Datenmethode. Zudem ist in Kapitel 6 der Ablauf der einzelnen Mesozyklen, inklusive Analyseinstrument, Durchführung und Auswertung, detailliert beschrieben. Durch die gesamte Dokumentation der Forschung in Form dieser Arbeit ist das Kriterium erfüllt.

- 2) *Argumentative Interpretationsabsicherung*: In qualitativen Forschungsansätzen spielt die Interpretation eine große Rolle. Da sich Interpretationen nicht beweisen lassen, müssen sie auf Grundlage verschiedener Kriterien argumentativ begründet werden. Die Interpretation bedarf einer theoretischen Grundlage, muss in sich schlüssig sein und wo Brüche sind, muss nach Alternativdeutungen gesucht und diese überprüft werden.

Die Qualität der Interpretationen wird durch ihre schrittweise Analyse bestmöglich abgesichert. Zudem werden einige Daten durch mehrere Forscher ausgewertet und auf Übereinstimmung abgeglichen. Da sich kaum Abweichungen in den Interpretationen finden lassen und bei Abweichung gemeinsam über die Bedeutung einer Aussage diskutiert wurde, weisen die Ergebnisse eine hohe Interpretationsabsicherung auf.

- 3) *Regelgeleitetheit*: Die Offenheit gegenüber dem Gegenstand ist ein entscheidendes Merkmal qualitativer Forschung. Damit ist es möglich, eine Änderung der geplanten Schritte vorzunehmen und eine höhere Annäherung an den Forschungsgegenstand zu erreichen. Diese Offenheit darf allerdings nicht in ein völlig unsystematisches Vorgehen münden. Das Datenmaterial ist systematisch nach bestimmten Verfahrensregeln und vorab festgelegten Schritten zu analysieren. Trotz der Regelgeleitetheit können bei einer Unterteilung in sinnvolle Einheiten in Ausnahmefällen Änderungen vorgenommen werden.

Der DBR-Ansatz sieht vor, dass aus den vorherigen die nachfolgenden Mesozyklen abgeleitet werden können, wobei vorab die Anzahl der Durchläufe eines Mesozyklus nicht angegeben werden kann. Trotzdem stehen vor der Anwendung eines jeden Zyklus die Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung fest. Die einzelnen Mesozyklen bilden also kleine Einheiten, die nacheinander die Festlegung von Analyseschritten ermöglichen.

- 4) *Nähe zum Gegenstand*: Bei dieser Kategorie soll möglichst nah an der Alltagswelt des beforschten Subjekts angeknüpft werden. Die Forschung sollte in der natürlichen Lebenswelt der Person, also im „Feld“, stattfinden und auf die Schaffung von künstlichen Rahmenbedingungen verzichten. Um ein offenes und gleichberechtigtes Verhältnis zwischen den Beteiligten zu schaffen, ist die Interessenübereinstimmung mit dem Beforschten zentral.

Alle Erhebungen finden in der Lebenswelt der Personen, konkret im schulischen Umfeld statt. Eine Ausnahme bilden die Telefoninterviews aufgrund der Covid-19-Lage, bei der sich die Befragten in ihrem Zuhause befinden. Die Interviews mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften sowie mit den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen finden ohne vorheriges Kennenlernen statt. Einige Schüler kennen die Verfasserin bereits von Begegnungen auf dem Schulflur. Bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sind die Lehrerin und/oder Pädagogische Fachkräfte mit im Klassenraum anwesend und geben den Schülern so ein Gefühl der Sicherheit. Einige Schüler werden über einen längeren Zeitraum begleitet, wodurch sie auch die Verfasserin besser kennen lernen.

- 5) *Kommunikative Validierung*: Unter kommunikativer Validierung versteht sich die Prüfung der Interpretationen und der Ergebnisse, indem diese den Beforschten nochmals vorgelegt und mit ihnen diskutiert werden. Finden sich die Beforschten in den Analyseergebnissen wieder, kann dies ein wichtiges Argument zur Absicherung der Ergebnisse sein.

Die Analysen und Ergebnisse werden teilweise mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften besprochen, Verweise dazu finden sich in den entsprechenden Mesozyklen. Im Sinne des DBR-Ansatzes werden die Beforschten somit nicht nur als Datenlieferanten, sondern auch als denkende Individuen mit gewissen Kompetenzen gesehen.

- 6) *Triangulation*: Durch die Verbindung verschiedener Analysegänge kann die Qualität der Forschung verbessert werden. Denzin (1989) unterscheidet vier verschiedene Zugänge: Datenquellen, Forscher, Theorieansätze und Methoden. Das Ziel besteht nicht in einer völligen Übereinstimmung der Ergebnisse, sondern lediglich im Vergleich von Stärken und Schwächen der Analysewege. Dabei ist auch ein Vergleich von qualitativen und quantitativen Ergebnissen möglich.

Die Triangulation kommt durch die verschiedenen Datenquellen und Methoden innerhalb der Mesozyklen sowie übergreifend zum Einsatz. Zudem werden einige der Daten durch mehr als einen Forscher ausgewertet und auf Übereinstimmungen untersucht, wobei die Kategorienzuordnungen und Analysen nahezu gleich sind.

Die Gütekriterien qualitativer Forschung sind an dieser Stelle übergeordnet auf die gesamte Forschung angewendet. Am Ende der einzelnen Mesozyklen sind in der Reflexion einzelne Kriterien zur besseren Einordnung ihrer Gültigkeit kurz aufgegriffen.

Die Methodenkritik ist nicht in diesem Kapitel zu finden, da es sich als sinnvoll erweist, an den entsprechenden Stellen darauf einzugehen. In Kapitel 5.1 wird der DBR-Ansatz inklusive seiner Kritikpunkte vorgestellt. Die weitere Methodenkritik zu den Erhebungs- und Auswertungsmethoden ist bei den entsprechenden Mesozyklen zum Ende der jeweiligen Kapitel aufgeführt (siehe Kapitel 6). Auch in Kapitel 7 wird eine abschließende übergreifende kritische Reflexion vorgenommen.

5.5 Design der Studie

5.5.1 Ablaufmodell

Die Ausprägung und der Ablauf des DBR werden in der Literatur unterschiedlich dargestellt. Auf Grundlage der Arbeiten von Cobb et al. (2003), McKenney und Reeves (2012), Rohrbach-Lochner (2019), Rohrbach-Lochner und Marohn (2018), Rott und Marohn (2016) und van den Akker, Gravemejer, McKenney und Nieveen (2006) ist der Ablauf dieses Forschungsprojekts entwickelt. Die Bezeichnungen der einzelnen Phasen gehen ebenfalls auf diese Arbeiten zurück. Zur besseren Nachvollziehbarkeit zeigen Abbildung 21 und Tabelle 21 den Forschungsablauf (siehe Ende Kapitel 5.5.1 bzw. 5.5.4 auf den Seiten 114 und 121). Diese Darstellungen sollen modellhaft zur Orientierung dienen. Denn in der Realität laufen die Phasen nicht exakt zeitlich nacheinander ab, sondern stattdessen gibt es Überschneidungen zwischen den Phasen.

Der DBR lässt sich in drei Phasen unterteilen: Framing (Vorbereitung), Design-Experiment (Analyse- und Durchführungsphase) und Re-Framing (retrospektive Analyse).

Die erste Phase des DBR ist die *Framing-Phase*. Als Ausgangspunkt wird ein Problem aus der Praxis des Schulalltags identifiziert. Dieses Problem wird zu Beginn theoretisch analysiert. Dabei werden die Rahmenbedingungen zusammengetragen. Es ergibt sich eine breite Literaturrecherche, in der alle relevanten Aspekte aufgegriffen werden und die im Verlauf des Forschungsprojekts mit weiteren Aspekten ergänzt werden kann. Zu den Rahmenbedingungen zählt auch die Zusammenarbeit zwischen Forschern und Praktikern. Es

müssen Kontakte hergestellt und ein gemeinsamer Arbeitsplan erstellt werden (Rott & Marohn, 2016). Am Ende der Phase werden übergeordnete Fragestellungen und Ziele formuliert. Die beiden Ziele beziehen sich sowohl auf ein praktisches, als auch auf ein theoretisches Ziel. Auf der praktischen Seite sollen Lernmaterialien konzipiert und mit Schülern erprobt werden. Mit diesen Lernmaterialien steht in einer anschließenden Unterrichtskonzeption die Entwicklung der Experimentierfähigkeit von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung im Vordergrund. Die theoretische Seite fokussiert die Faktoren, die sich für den Einsatz von naturwissenschaftlichen Experimenten mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung herausarbeiten lassen. Zudem entsteht ein Beobachtungsbogen, mit dem sich die experimentelle Kompetenz der Schüler erfassen lässt.

[...] the purpose of educational design research is to develop research-based solutions for complex problems in educational practice. This type of design research is defined as the systematic analysis, design and evaluation of educational interventions with the dual aim of generating research-based solutions for complex problems in educational practice, and advancing our knowledge about the characteristics of these interventions and the processes of designing and developing them (Plomp, 2013, 16).

Den Großteil der Projektzeit nimmt das auf die Framing-Phase folgende *Design-Experiment* ein. Innerhalb des Design-Experiments liegt der Fokus auf der Lösung des Problems im Lehr-Lern-Kontext. Der Makrozyklus umfasst das gesamte Design-Experiment und geht der übergeordneten Frage nach. Dieser Makrozyklus wird wiederum in Mesozyklen unterteilt. In jedem Mesozyklus wird ein eigenes Ziel mit einer Fragestellung beantwortet. Jeder Mesozyklus ist wiederum in die einzelne Mikrophasen eingeteilt, bei denen verschiedene Autoren zwischen vier oder drei Mikrophasen unterscheiden. Die vier Phasen sind in Synthese & Vorbereitung, (Re-)Design, Erprobung und Analyse & Reflexion eingeteilt (Gravemeijer & Cobb, 2013; van den Akker, 2013). Eine Unterscheidung der drei Phasen unterteilt sich in Analyse & Beschreibung, Konstruktion & Durchführung und Evaluation & Reflexion (McKenney & Reeves, 2012). Aufgrund des zyklische Vorgehens können während der Design- und Forschungszyklen Ziele entstehen oder wegfallen (Bereiter, 2002). Durch Anpassungen des didaktischen Designs und der Erprobung in der Praxis mit anschließender Überarbeitung können diese geänderten Ziele und Fragestellung in den Forschungsprozess aufgenommen werden. Zudem laufen die Mesozyklen nicht zeitlich nacheinander ab, sondern es ist möglich, in vorherige Phasen zurückzukehren. Auch der Übergang der einzelnen Phasen verläuft nicht fließend (Reinmann, 2017). Die Mesozyklen dieser Studie befassen sich mit der Konzeption und Erprobung von Lernmaterialien sowie der Entwicklung einer experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung.

Die vier Mikrozyklen lassen sich folgendermaßen beschreiben (Rott & Marohn, 2016): In der Phase *Synthese & Vorbereitung* werden, anknüpfend an die Theorien, zunächst Fragen und Ziele des Mesozyklus herausgearbeitet. Auch die Rahmenbedingungen werden festgelegt. Dazu zählen die institutionellen Bedingungen und die Beschreibung der Lerngruppe. Im *(Re-)Design* steht die Entwicklung des Produktes im Vordergrund, in welche auch der Zusammenhang von theoretischen Überlegungen und praktischer Situation einfließt. Bei einem erneuten Durchlauf des Mesozyklus wird das Design durch ein Re-Design weiter verbessert. Nach der Konstruktion erfolgt in der *Erprobungs-Phase* die Durchführung des Designs, bei der die Daten erhoben werden. Die aufgenommenen Daten werden in der Phase der *Reflexion & Analyse* im Hinblick auf die Fragestellung des Mesozyklus ausgewertet. Zwei Konsequenzen sind möglich: Ein erneuter Durchlauf des Mesozyklus oder der Übergang in den nächsten Mesozyklus. Der nachfolgende Mesozyklus beginnt wieder mit der Phase *Synthese & Vorbereitung*, in der theoretische Aspekte mit den Erkenntnissen des vorherigen Mesozyklus in Beziehung gesetzt werden. Besonders in den Phasen *(Re-)Design* und *Erprobung* ist eine Dokumentation von Entscheidungen, Festlegungen und Daten besonders bedeutsam.

Ähnlich der vier Mikrozyklen lassen sich auch die drei Mikrozyklen beschreiben (Rohrbach-Lochner, 2019). Die *Analyse & Vorbereitung* wird analog zur *Synthese & Vorbereitung* gesehen. Es stehen also die Literaturrecherche, Fragestellung und Beschreibung der Rahmenbedingungen im Zentrum. Der Mikrozyklus *Konstruktion & Durchführung* kombiniert die beiden zuvor beschriebenen Zyklen *(Re-)Design* und *Erprobung*. In diesem Mikrozyklus ist die ausführliche Dokumentation der Konstruktion und aller getroffenen Entscheidungen von großer Relevanz. Bei der *Evaluation & Reflexion* werden die Daten, wie in dem Mikrozyklus *Reflexion & Analyse*, im Hinblick auf die Fragestellung analysiert. Auch die Intervention, eingesetzte Instrumente und Methoden werden evaluiert und können einen sinnvollen Hinweis auf Modifikationen im nächsten Mesozyklus geben.

Die letzte Phase des DBR bildet das *Re-Framing*. In dieser Phase findet eine retrospektive Analyse statt. Die zu Beginn aufgestellte übergeordnete Fragestellung wird zu beantworten versucht. Dazu werden die Ergebnisse der einzelnen Mesozyklen zusammengetragen. Die Verbindung zwischen Theorie und Praxis steht dabei erneut im Mittelpunkt „what works?“ und „how can we make this work and why?“ (McKenney & Reeves, 2014, S. 142). Die Phase kann den Abschluss des Projekts bedeuten oder es können neue Fragestellungen abgeleitet werden, welche neue Desiderate an die Forschung stellen.

In den folgenden Kapiteln wird die Framing- und Design-Experiment-Phase überblicksmäßig dargestellt. Eine genaue Ausführung des Design-Experiments gibt Kapitel 6, das *Re-Framing* findet sich in Kapitel 7.

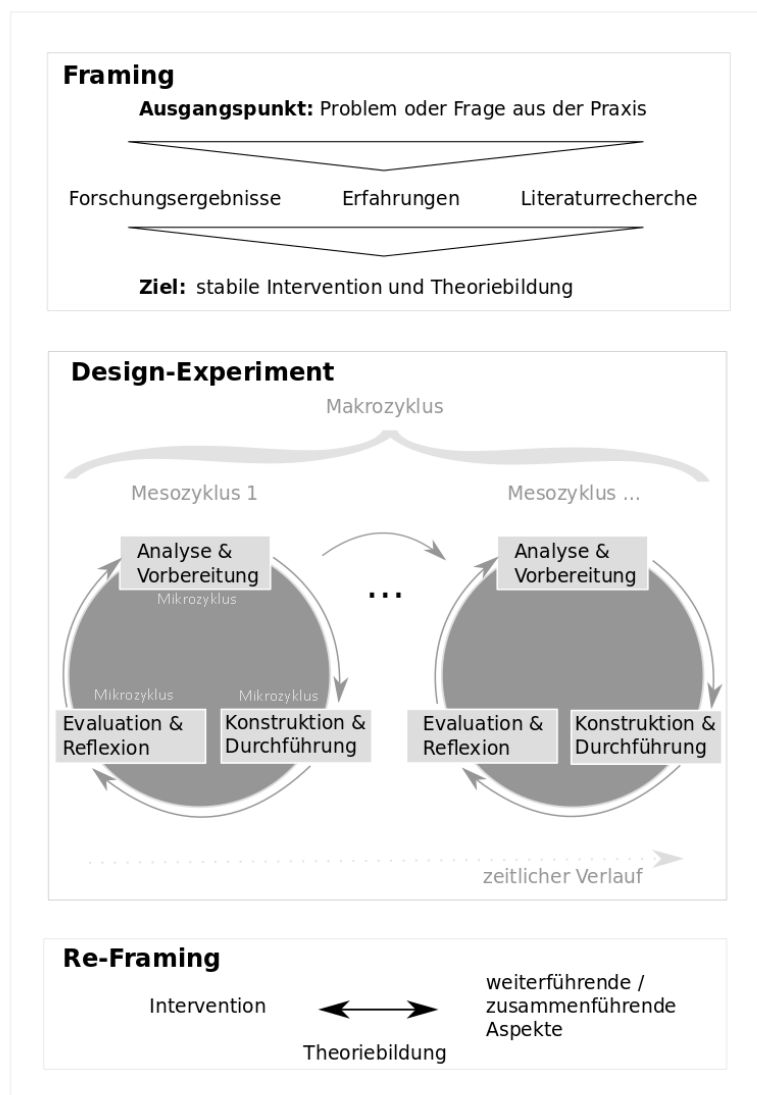


Abbildung 21: Ablaufmodell der Forschung im Rahmen von DBR (in Anlehnung an Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018; Rott & Marohn, 2016)

5.5.2 Ablauf der Framing-Phase

Der Ausgangspunkt der Framing-Phase ist ein bestehendes Problem aus dem schulischen Kontext. Es gibt kaum Unterrichtsmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, die sich mit naturwissenschaftlichen Themen und einem möglichen Zugang über Experimente beschäftigen. Bislang lassen sich kaum Konzepte zur Gestaltung von naturwissenschaftlichen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, noch konkrete Umsetzungsbeispiele finden. Die Framing-Phase ist im Kapitel B zum theoretischen Hintergrund eingefasst. Dort sind alle Grundlagen und Einflüsse, die für das Projekt von Bedeutung sind, thematisiert. In die einzelnen Mesozyklen des Design-Experiments fließen unterschiedliche theoretische Aspekte ein, auf die an der entsprechenden Stelle verwiesen wird.

Um den Bedarf an naturwissenschaftlichen Experimenten nicht nur aus der Literatur abzuleiten, sondern auch aus der Praxis zu erfassen, ist ein kurzer Fragebogen entwickelt worden. Dieser Fragebogen richtet sich an Mitarbeiter von Schulen, die im Bereich geistige Entwicklung arbeiten. Insgesamt haben 22 Lehrer, Pädagogische Fachkräfte und Lehramtsanwärter, die alle an einer Förderschule arbeiten, teilgenommen. 43 % haben noch nie ein Experiment mit der Schülerschaft durchgeführt. Von den 57 %, die bereits naturwissenschaftliche Experimente durchgeführt haben, haben neun Personen insgesamt 2-5 und drei Personen 6-10 verschiedene Experimente durchgeführt (Abbildung 22 links). Die Häufigkeit der Durchführung von Experimenten zeigt ebenfalls Abbildung 22 (rechts). Innerhalb von durchschnittlich 14 Berufsjahren wurde mit den Schülern teilweise noch nicht einmal ein Experiment im Schuljahr durchgeführt. Hauptsächlich werden Experimente zum Thema Wasser (Schwimmen und Sinken, Wasserkreislauf, Aggregatzustände), Müll und Umwelt, Wachsen von Pflanzen, Farben und Stromkreis genannt. Nur eine Person gibt an, dass die Schüler eigenständig gearbeitet haben. Zu 58 % wurden die Experimente gemeinsam durchgeführt und in 33 % der Fälle kam es zu einer Vorführung durch die Lehrkraft oder Pädagogische Fachkraft.

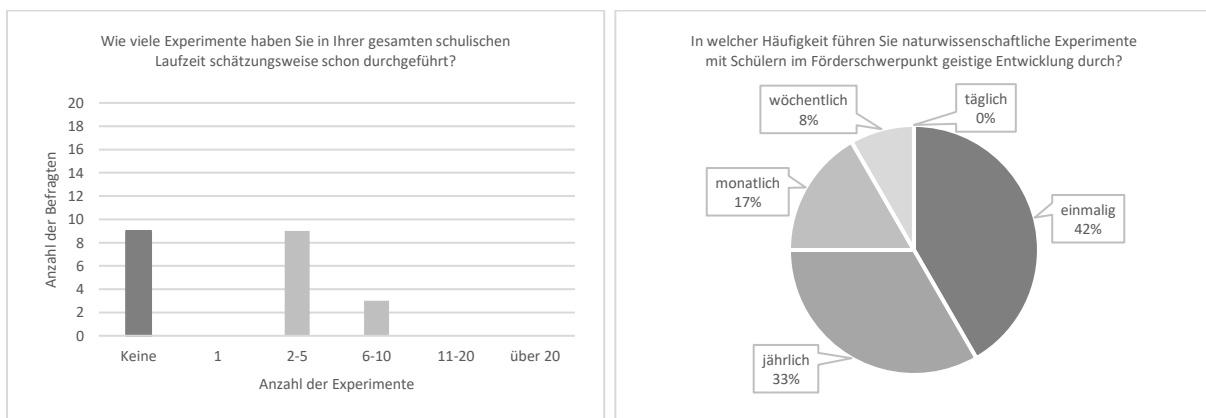


Abbildung 22: Anzahl durchgeführter Experimente (links); Häufigkeit der durchgeführten Experimente (rechts)

Die Befragten geben an, dass es sich schwierig gestaltet, geeignete Experimente für die Schülergruppe zu finden. Selten können die Experimente wie beschrieben übernommen werden, meistens müssen kleine oder sehr großer Änderungen vorgenommen werden (Abbildung 23 links). Vorschläge aus dem Kindergarten-Bereich lassen sich gut nutzen. Für den Förderschulbereich geistige Entwicklung sind allerdings kaum Experimente bekannt (Abbildung 23 rechts). Ein Grund für den nicht vorhandenen oder seltenen Einsatz von Experimenten ist auf die Schwierigkeiten zurückzuführen, die 71 % der Befragten sehen. Dazu zählt auch das wenig vorhandene Material. Trotzdem sind 90 % der Meinung, dass ein naturwissenschaftliches Experiment viele Vorteile für die Schülergruppe mit sich bringt.

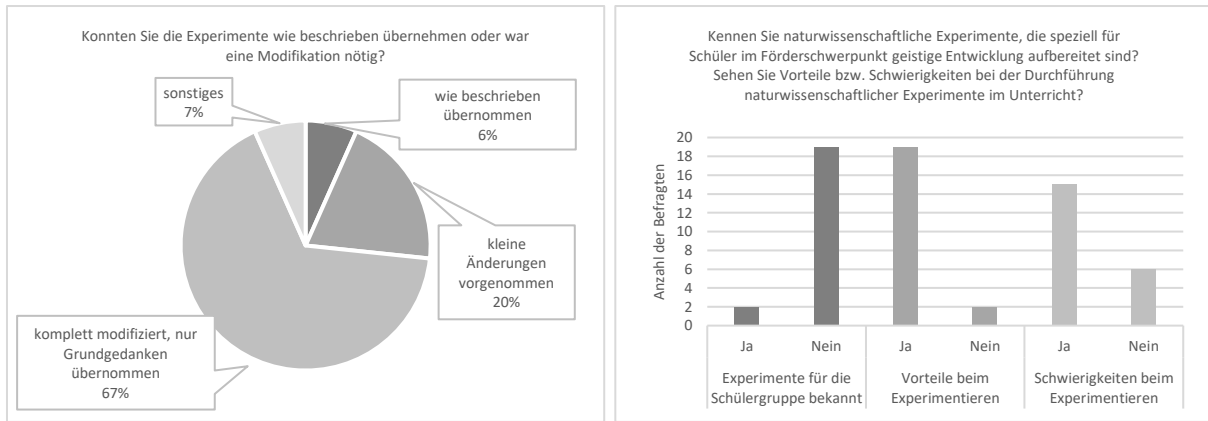


Abbildung 23: Grad der Modifikation der Experimente (links); Bewertung von Experimenten (rechts)

Einen Überblick über die Vorteile und Schwierigkeiten, die Lehrer und Pädagogische Fachkräfte beim Einsatz von naturwissenschaftlichen Experimenten mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sehen, zeigt Tabelle 19.

Tabelle 19: Vorteile und Schwierigkeiten des Einsatzes von naturwissenschaftlichen Experimenten

Vorteile	Schwierigkeiten
<p>Inhalt/Wissensvermittlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thema zugänglich machen. • Der Verstehensprozess wird durch konkretes Handeln unterstützt. • Komplexe Sachverhalte oder Zusammenhänge können anschaulich leichter verstanden und erfasst werden. • Praktische Erfahrungen sind besonders für die Schülergruppe wichtig, um Wissen zu erlangen. Vieles wird dadurch greifbarer und sichtbarer. • Einfache Wissensvermittlung, die jedoch sehr kleinschrittig sein muss. • Eigene Erfahrungen prägen sich dauerhaft ein. <p>Experimentieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Schüler in diesem Bereich • starker Lern- und Spaßfaktor: Kinder sammeln mehr Erfahrungen in unterschiedlichen Bereichen • Zum eigenständigen Forschen anregen. <p>Motivation:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neugier wecken • Motivation wird gesteigert. 	<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • teilweise zu gefährlich • ungefährliche Materialien wählen <p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Je nach Entwicklungsstand ist es schwierig, die Schüler umfänglich einzubinden, wenn sie nicht selbst handeln können. • Motorische Fähigkeiten sind oft eingeschränkt. <p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übertragung und Ableitung von konkreten Beobachtungen auf allgemeine Sachverhalte oder Gesetzmäßigkeiten sind kognitiv sehr schwierig. <p>Gesamtes Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alltagsbezug schwierig • Vereinfachung der Fachsprache bzw. Fachbegriffe • Geringeres Gefahrenbewusstsein, daher besteht die Gefahr, dass die Schüler es zu Hause nachmachen wollen. <p>Anpassung an Schülerschaft:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwierig, wenn Schüler kognitiv sehr schwach sind. • Zusätzlicher Förderschwerpunkt Sehen verlangt eine ungeheure Kreativität, um Versuche anzupassen und Ergebnisse deutlich zu machen. • heterogene Schülerschaft • Beeinträchtigungen erschweren die Planung und Durchführung. Schüler sind auf unterschiedlichen Lernniveaus, weshalb nicht alle gleich gefördert werden können. • Adaption des Materials ist sehr aufwendig und schwierig. • Wenig Beispiele für eine mögliche Umsetzung vorhanden. • Wenn Experimente entsprechend aufbereitet bzw. verständlich vereinfacht werden, würden keine Schwierigkeiten bestehen

Insgesamt besteht bei 90 % der Befragten der Wunsch nach ausgearbeiteten naturwissenschaftlichen Experimenten für den Einsatz mit Schülern mit dem

Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Zum Schluss des Fragebogens konnten konkrete Wünsche formuliert werden, die in Tabelle 20 aufgelistet sind.

Tabelle 20: Wünsche der Befragten an naturwissenschaftliche Experimente

<p>Allgemeiner Anspruch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mehr Arbeitsmaterial, Ideensammlung für Lehrkräfte ohne naturwissenschaftliches Studium für den Gesamtunterricht • konkrete Beispiele, wie Experimente mit Schülern durchführbar sind • verschiedene Möglichkeiten des Einsatzes aufzeigen • Modifikation für unterschiedliche Schüler aus dem Bildungsgang • projektbezogene Experimente, die über einen langen Zeitraum Wiederholung und Anwendung finden • Experimente sollten so aufbereitet sein, dass jeder Schüler daran teilnehmen kann • Sollte auch für Rollstuhlfahrer mitmachbar sein. Alles sollte anfassbar sein und nicht direkt kaputtgehen. • ungefährliche Experimente mit hohem Aufforderungscharakter • Selbsterfahrung • Spaßfaktor und Aufbau oder Vertiefen des Wissens • Spaß am Ausprobieren • Selbstständigkeit erhöhen
<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> • klare, einfache Struktur • Aufbau sehr kleinschrittig, aber auch manuell für Schüler durchführbar • einfache, keine komplexen Handlungen • leichte Umsetzbarkeit der Experimente, zum Beispiel mit Haushaltsmaterialien • Materialien müssen gut handhabbar und bruchfest sein • klare Anleitungen mit einer Auflistung der benötigten Materialien • einfache, bildliche Darstellung • Alltagsbezug • Praxisbezug • Schüler sollen selbst experimentieren können, so werden die Ergebnisse besser begreiflich. • ungefährlich, gefahrenfrei
<p>Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basiskompetenzen kennenlernen: Wasser, Luft (Bewegung, Temperatur, Geruch), Pflanzen, Geschmack, Temperatur, Wetter • Wasser, Luft, fünf Sinne • Gesetzmäßigkeiten vermitteln

Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen die vorhandene Lücke auf und verdeutlichen den Wunsch der Praktiker nach aufbereiteten Experimenten für den Einsatz mit der Schülergruppe mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In die Studie sind die Wünsche der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte eingeflossen.

Ohne vorhandene Gestaltungsmöglichkeiten von naturwissenschaftlichen Experimenten für die Schülerschaft ist ein naturwissenschaftlicher Unterricht kaum möglich. Das stellt auch auf dem Weg zur Inklusion eine Hürde dar. Alle Schüler sollten an naturwissenschaftlichem Unterricht partizipieren können. Dafür ist es nötig, naturwissenschaftliche Experimente zu entwickeln, die einen individuellen Zugang und ein gemeinsames Lernen ermöglichen. Dabei sind zwei Dinge zu beachten: Zum einen braucht es eine einheitliche Struktur über den Ablauf von Experimenten, welche den Schülern eine Orientierung bei der Durchführung der Experimente gibt (siehe Kapitel 2). Zum anderen sind bei der Erstellung von Lernmaterialien die Beachtung der Gestaltungsmerkmale für ein barrierefreies Lernen relevant (siehe Kapitel 3).

Das Forschungsprojekt verfolgt auf der praktischen und theoretischen Seite verschiedene Ziele. Auf der praktischen Seite werden Experimente für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung konzipiert und weiterentwickelt. Durch den Einsatz der Lernmaterialien soll den Schülern eine Entwicklung in der Experimentierfähigkeit über ein Schuljahr hinweg ermöglicht werden. Das Ziel auf der theoretischen Ebene ist die Identifizierung und Beschreibung von Gestaltungsfaktoren, die ein Experimentieren von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ermöglichen. Zudem soll ein Beobachtungsbogen zur Verfügung gestellt werden, mit dem sich die Entwicklung der Schüler hinsichtlich ihrer experimentellen Kompetenz erfassen lässt.

Die übergeordneten Fragestellungen lauten:

- 1) Wie müssen Lernmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestaltet sein, um ihnen die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente zu ermöglichen?
- 2) Ermöglichen die Lernmaterialien bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung einen Aufbau und die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenz?

Die übergeordneten Ziele lauten:

- 1) Bereitstellung von adressatengerechten Experimentiermaterialien für den Einsatz im Unterricht mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung.
 - Akzeptanz bei den Lehrern erreichen
 - Arbeitsfähigkeit der Schüler ermöglichen
- 2) Ermittlung der experimentellen Kompetenzentwicklung von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung während eines Schuljahres mit regelmäßigen Experimentiereinheiten.

5.5.3 Forschungsfragen und Leitfragen

Insgesamt liegen der Studie zwei Forschungsfragen zugrunde. Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen sind Leitfragen formuliert. Diese Fragen sind leitend für die Teilstudien der Mesozyklen und werden in diesen durch die Ergebnisdarstellung übergreifend beantwortet. Daher wird nicht jede einzelne Leitfrage im Ergebnis aufgegriffen. Die beiden Forschungsfragen und deren Leitfragen sind nachfolgend aufgelistet und in Tabelle 21 (Seite 121) den einzelnen Mesozyklen zugeordnet.

- 1) Wie müssen Lernmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestaltet sein, um ihnen die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente zu ermöglichen?
 - 1.1 Welche Gestaltungsmerkmale lassen sich aus der Literatur ableiten?
 - 1.2 Sind die Experimente praxistauglich bzgl. Material, Durchführung sowie inhaltlicher und visueller Verständlichkeit?
 - 1.3 Wie beurteilen Experten (Wissenschaftler der Chemie und Sonderpädagogik) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?
 - 1.4 Wie beurteilen Experten (Wissenschaftler der Chemie und Sonderpädagogik) die Experimentieranleitungen in den Lesestufen Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf?
 - 1.5 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt Lernen) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?
 - 1.6 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?
 - 1.7 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?
 - 1.8 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Symbolschrift?
 - 1.9 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Fotografischer Handlungsablauf?
 - 1.10 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Symbolschrift?
 - 1.11 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Fotografischer Handlungsablauf?
 - 1.12 Welche Kriterien lassen sich für die Erstellung von Lernmaterialien zu naturwissenschaftlichen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ableiten?

- 2) Ermöglichen die Lernmaterialien bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung einen Aufbau und die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenz?
 - 2.1 Eignet sich der erarbeitete Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung?

- 2.2 Wie entwickelt sich die Schülergruppe in den einzelnen experimentellen Teilkompetenzen?
- 2.3 Wie entwickeln sich die einzelnen Schüler in ihren experimentellen Teilkompetenzen?
- 2.4 Können sich die Schüler innerhalb eines Schuljahres von einem kochrezeptartigen Experimentieren mit Unterstützung lösen?
- 2.5 Entwickeln die Schüler ein Verständnis für den Ablauf des Experimentierprozesses (Forscherkreislauf)?
- 2.6 Wie beurteilen die Schüler aus affektiv-motivationaler Sicht die Experimentiereinheiten?
- 2.7 Welche Erinnerungsfähigkeit an die Inhalte der Lernstationen weisen die Schüler auf?

5.5.4 Ablauf des Design-Experiments und Datenüberblick

Zur Beantwortung der übergeordneten Fragen und der damit verbundenen Zielsetzungen wurden in der Phase des Design-Experiments in den einzelnen Mesozyklen verschiedene untergeordnete Ziele verfolgt. Insgesamt verlief das Projekt in neun Mesozyklen. Teilweise fanden diese Mesozyklen gleichzeitig statt, zum größten Teil folgten die einzelnen Zyklen zeitlich aufeinander. Einen Überblick über die Mesozyklen des Design-Experiments mit deren Zielen, Fragestellungen und der Datengewinnung zeigt Tabelle 21. Die Fragestellungen sind als Nummern aufgeführt, die Nummern-Frage-Zuordnung lässt sich aus Kapitel 5.5.3 entnehmen. Die Tabelle zeigt außerdem den zeitlichen Ablauf der Durchläufe an.

Tabelle 21: Übersicht über das Design-Experiment (Abkürzungen: FSP gE = Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, FSP L = Förderschwerpunkt Lernen)

Design-Experiment: Makrozyklus						
Materialkonzeption und Materialerprobung						
	Mesozyklus 1	Mesozyklus 2	Mesozyklus 3	Mesozyklus 4	Mesozyklus 5	
Maßnahme zur Zielerreichung	Konzeption der Experimente und Testung auf Praxistauglichkeit	Evaluation der Experimente in Vereinfachter Sprache durch Experten (Lehrkräfte)	Evaluation der Experimente in Vereinfachter Sprache durch Experten (Schüler)	Evaluation der Experimente in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf durch Experten (Lehrkräfte)	Evaluation der Lernstationen in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf durch Experten (Schüler)	
Fragen	1.1, 1.2, 1.3, 1.4	1.5, 1.6	1.7	1.8, 1.9	1.10, 1.11	
Datenaufnahme und -grundlage	Personengruppe	Studierende (Lehramt und / oder Naturwissenschaften) Wissenschaftler (Sonderpädagogik oder Chemie)	Lehrkräfte mit dem FSP Lernen sowie Lehrkräfte u. a. mit dem FSP gE und FSP Sehen	Schüler mit dem FSP L	Lehrkräfte u. a. mit dem FSP gE und FSP Sehen	Lehrkräfte und Schüler mit dem FSP gE
	Stichproben-größe	4 Wissenschaftler 55 Studierende (zwischen 10 und 34 pro SDG)	8 Lehrkräfte 9 Lehrkräfte	13 Schüler	9 Lehrkräfte	6 Lehrkräfte 13 Schüler
	Methode	Gruppen-Interview (mündlich, schriftlich) - Notizen	Gruppen-Interview (mündlich, schriftlich) - Notizen - Einzel- und Gruppen-Interview (mündlich) - Tonaufnahmen - Notizen	Lautes Denken - Tonaufnahme - Teilnehmende Beobachtung - Notizen	Gruppeninterview (mündlich) - Tonaufnahmen - Notizen	Teilnehmende Beobachtung - Notizen - Gespräche

	Erhebungsinstrument entwickeln	Entwicklung der experimentellen Kompetenz		Kriterien zur Lernmaterialgestaltung	
	Mesozyklus 6	Mesozyklus 7	Mesozyklus 8	Mesozyklus 9	
Maßnahme zur Zielerreichung	Entwicklung und Evaluation eines Beobachtungsinstruments, mit dem sich die experimentelle Kompetenz und ihre Teilkompetenzen messen lassen	Entwicklung der experimentellen Kompetenz durch die Entwicklung der Teilkompetenzen aller Schüler beschreiben	Entwicklung der experimentellen Kompetenz durch die Entwicklung der einzelnen Schüler in Fallbeschreibung betrachten	Kriterien für optimales Lernmaterial benennen/formulieren	
Fragen	2.1	2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7	2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7	1, 1.12	
Datenaufnahme und -grundlage	Personengruppe	Lehrkräfte und Schüler mit dem FSP gE	Lehrkräfte und Schüler mit dem FSP gE	Lehrkräfte und Schüler mit dem FSP gE	Lehrkräfte und Schüler mit dem FSP gE und FSP L
	Stichproben-größe	8 Lehrkräfte 14 Schüler	7 Lehrkräfte 9 Schüler	6 Lehrkräfte 9 Schüler	
	Methode	Teilnehmende Beobachtung - Tonaufnahmen - Videografien - Beobachtungsbogen - Notizen - Gespräche Interview - Tonaufnahmen	Teilnehmende Beobachtung - Beobachtungsbogen - Notizen Interview mit Tonaufnahme - Forscherkreislauf - Schüler einzeln - Lehrkräfte im Team	Teilnehmende Beobachtung - Beobachtungsbogen - Erlebnisbericht - Notizen Interview mit Tonaufnahme - Forscherkreislauf - Schüler einzeln - Lehrkräfte im Team Arbeitsmaterialien - Lernmaterialien der Schüler Charakterisierungsbogen Analysen aus vorherigen Zyklen	Analysen aus vorherigen Zyklen

Die Mesozyklen 1 bis 5 fokussieren die Konzeption und anschließende Erprobung, Reflexion und Überarbeitung der Experimente. Um die Schüler in der Langzeiterhebung zielführend beobachten zu können, wird in Mesozyklus 6 ein geeignetes Erhebungsinstrument in Form eines Beobachtungsbogens entwickelt und getestet. Dieser Beobachtungsbogen wird anschließend in Mesozyklus 7 und Mesozyklus 8, welche sich mit der Datenaufnahme und Analyse der Langzeiterhebung mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung befassen, eingesetzt. Die aufgenommenen Daten werden in Mesozyklus 9 in Hinblick auf eine Ableitung von Gestaltungsprinzipien für die Lernmaterialien erneut analysiert. Auch wenn die Mesozyklen separat aufgeführt sind, gibt es viele Wechselwirkungen zwischen den einzelnen

Zyklen. Die Beziehungen zwischen den Mesozyklen soll Kapitel 6 verdeutlichen. Nachfolgend sind die Mesozyklen genauer ausgeführt.

In den Mesozyklen 1 bis 5 stehen die Entwicklung und Optimierung der Experimente im Allgemeinen sowie deren Experimentieranleitungen im Vordergrund. Thematisch befassen sich die Experimente mit dem SDG6 „Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“, SDG14 „Leben unter Wasser“ und SDG15 „Leben an Land“. Zu jedem SDG wurden jeweils vier Experimente in drei verschiedenen Differenzierungsstufen konzipiert. Für eine optimale Überarbeitung wurden die Experimente zunächst von Studierenden und Wissenschaftlern und anschließend von Lehrern, Pädagogischen Fachkräften und Schülern mit den Förderschwerpunkten Lernen, Sehen und geistige Entwicklung durchgeführt (Mesozyklus 1). Die Datenaufnahme mit den Studierenden und Wissenschaftlern fand an der Universität statt und variierte bei den unterschiedlichen Experimenten zwischen zehn und 34 Personen. In den Mesozyklen 2 und 3 wurden mit sieben Lehrern und Pädagogischen Fachkräften des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung und Sehen Gruppen- und Einzelinterviews vorgenommen, nachdem zuvor acht Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt Lernen die Experimente evaluiert hatten. Mit der Methode des Lauten Denkens haben 13 Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen die Experimente in Schriftform durchgeführt (Mesozyklus 4). Die letzte Erprobung fand mit insgesamt 13 Schülern aus drei Klassen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung statt (Mesozyklus 5).

Ein Erhebungsinstrument zur Beobachtung der Experimentierfähigkeit von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung wird in Mesozyklus 6 entwickelt. Dazu wurden in einer Klasse mit fünf Schülern vier verschiedene Experimente durchgeführt und währenddessen der Beobachtungsbogen von vier Lehrern bzw. Pädagogischen Fachkräften ausgefüllt und evaluiert. Anschließend wurde der Beobachtungsbogen über ein Schuljahr in zwei Klassen mit insgesamt neun Schülern und fünf beobachtenden Lehrern und Pädagogischen Fachkräften wöchentlich angewendet und alle zwei Wochen in ihrer Rater-Übereinstimmung analysiert.

Nachdem alle vorherigen Zyklen abgeschlossen wurden, fand über ein Schuljahr in zwei Klassen einer Förderschule mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und Sehen die Datenaufnahme zur Entwicklung der experimentellen Kompetenz der Schüler statt (Mesozyklen 7 und 8). Die neun Lernenden befanden sich im Schulbesuchsjahr acht bis zehn. Dabei wurden besonders die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte der Langzeiterhebung zu einem Teil des Forschungsprojekts. Sie teilten den Schülern die Experimentieranleitungen in den unterschiedlichen Differenzierungsformen zu und gaben während der Durchführung der Experimente immer wieder Rückmeldung zum allgemeinen Ablauf, damit die nachfolgenden Experimente ggf. angepasst werden konnten. Zudem füllten die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte vor dem Start der Experimentiereinheiten einen Charakterisierungsbogen aus und

beobachteten die Schüler in jeder Unterrichtsstunde mit dem in Mesozyklus 6 entwickelten Beobachtungsbogen. Zusätzlich dazu wurde in regelmäßigen Abständen das theoretische Wissen der Schüler über den Forscherkreislauf erhoben und abschließende Interviews mit den einzelnen Schülern und den Klassenteams geführt. In Mesozyklus 7 werden die Teilkompetenzen auf einer allgemeinen schülerübergreifenden Ebene ausgewertet. In Mesozyklus 8 werden die individuellen Entwicklungen der einzelnen Schüler anhand von Fallbeschreibungen betrachtet.

Auf Grundlage der gewonnenen Daten werden rückblickend auf alle vorangegangenen Mesozyklen, Kriterien für die Erstellung von Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung aufgestellt (Mesozyklus 9).

6 Design-Experiment

In diesem Kapitel werden die einzelnen Mesozyklen des Design-Experiments detailliert betrachtet. Zunächst werden die Lernmaterialien erstellt und auf ihre Praxistauglichkeit geprüft (Mesozyklus 1 in Kapitel 6.1). Anschließend werden die Lernmaterialien in der Vereinfachten Sprache evaluiert (Mesozyklen 2 und 3 in Kapitel 6.2). Auch die Lernmaterialien in der Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf werden reflektiert (Mesozyklen 4 und 5 in Kapitel 6.3). In den fünf Mesozyklen sind alle Lernmaterialien exemplarisch an einer Lernstation veranschaulicht. Alle weiteren Lernstationen sind wegen des Umfangs in Vereinfachter Sprache und an einer beispielhaften Lernstation mit den gesamten Lernmaterialien im Anhang eingefügt. Die Erstellung und Überarbeitung des Beobachtungsbogens (Mesozyklus 6 in Kapitel 6.4) wird für die weitere Datenaufnahme benötigt. Über einen Zeitraum von einem Schuljahr werden neun Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung in Hinblick auf ihre Entwicklung der experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten beobachtet. Die Entwicklung der experimentellen Kompetenz wird zum einen in Bezug auf die einzelnen Teilkompetenzen analysiert (Mesozyklus 7 in Kapitel 6.5) und zum anderen auf Schülerebene betrachtet (Mesozyklus 8 in Kapitel 6.6). Auf Grundlage aller vorangegangenen Mesozyklen werden allgemeine Gestaltungsmerkmale für Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung abgeleitet (Mesozyklus 9 in Kapitel 6.7).

Alle Kapitel folgen der gleichen Gliederung in die drei Mikrozyklen, analog zum Strukturmodell designbasierter Forschung (Rohrbach-Lochner, 2019). In dem ersten Mikrozyklus „Analyse und Synthese“ fällt die Betrachtung auf Verweise von relevanter Literatur, den Fragestellungen und Zielen sowie den Rahmenbedingungen, worunter beispielsweise der institutionelle Rahmen und die Personengruppe zählen. Der Mikrozyklus „Konstruktion und Durchführung“ nimmt die Konstruktion und die Durchführung mit der Datenaufnahme in den Blick. Zum Ende dieses Mikrozyklus gibt es einen tabellarischen Überblick der Datenaufnahme. In dem Mikrozyklus „Evaluation und Reflexion“ findet die Datenanalyse statt. Dort ist auch das gewonnene Datenmaterial und deren Auswertungsmethode in einer Tabelle zusammengefasst. Die Ergebnisse des Mikrozyklus werden ebenfalls dargestellt und reflektiert, wobei die Ergebnisse zur besseren Übersicht teilweise weiter untergliedert werden. Der Reflexion schließt sich ein erneuter Durchlauf der Mikrozyklen, ein neuer Mesozyklus oder der Abschluss der Studie an (Rott & Marohn, 2016).

Es werden einige Abkürzungen gebraucht: Schüler (S), Lehrer (L), Pädagogische Fachkraft (PF), Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (FSP gE), Förderschwerpunkt Lernen (FSP L).

6.1 Entwicklung der Lernmaterialien und Erprobung der Praxistauglichkeit (Mesozyklus 1)

Zunächst müssen geeignete Experimente ausgewählt, aufbereitet und erstmalig geprüft werden. Um den grundlegenden Aufbau der Experimente und deren Praxistauglichkeit zu testen, haben Wissenschaftler und Studierende der Fächer Sonderpädagogik, Naturwissenschaften und/oder Chemie die Experimente evaluiert.

6.1.1 Analyse und Vorbereitung

In einem ersten Schritt muss der Inhalt deutlich definiert werden. Dabei richtet sich der Blick zum einen auf die Gestaltung von Experimenten mit deren Experimentiervorschrift und der praktischen Durchführbarkeit, zum anderen auf den Inhalt. Bei der Auswahl und Erstellung von Experimenten sind vorab einige Punkte zu beachten. Die Anforderungen an die Experimente sind für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung kaum definiert und leiten sich daher aus den Vorschlägen für die allgemeine Schule und die Grundschule ab (siehe Kapitel 2.3). Für eine eigenständige Durchführung der Experimente werden Anleitungen erstellt, die nicht nur die Durchführung, sondern auch eine Kontextualisierung, Beobachtung und Ergebnisbeschreibung enthalten. Die Gestaltung der Lernmaterialien orientiert sich grundlegend an dem UDL-Prinzip (siehe Kapitel 3). Weitere Maßnahmen zur Erstellung der Experimentiervorschriften ergeben sich aus den verschiedenen Aneignungswegen sowie den sprachlichen, visuellen und kognitiven Gestaltungsmöglichkeiten (siehe Kapitel 3.1 bis 3.4). Die inhaltliche Auswahl für die Experimente bilden die Nachhaltigkeitsziele (siehe Kapitel 4.1).

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:

- 1.1 Welche Gestaltungsmerkmale lassen sich aus der Literatur ableiten?
- 1.2 Sind die Experimente praxistauglich bzgl. Material, Durchführung sowie inhaltlicher und visueller Verständlichkeit?
- 1.3 Wie beurteilen Experten (Wissenschaftler der Chemie und Sonderpädagogik) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?
- 1.4 Wie beurteilen Experten (Wissenschaftler der Chemie und Sonderpädagogik) die Experimentieranleitungen in den Lesestufen Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf?

Zielsetzung:

Konzeption der Experimente und Testung auf Praxistauglichkeit

Rahmenbedingungen

Die Experimente wurden auf ihr grundsätzliches Verständnis und deren praktische Ausführbarkeit getestet. Dazu wurden die Experimente entweder ausschließlich gelesen, zunächst gelesen und anschließend durchgeführt oder parallel gelesen und durchgeführt. Die

Wissenschaftler aus der Sonderpädagogik bzw. der Chemiedidaktik haben die Experimente ausschließlich gelesen. Die Studierenden haben die Experimente gelesen und durchgeführt, wobei sie meist in Gruppen gearbeitet haben. Diese Studierendengruppen setzten sich aus Studierenden der Fachrichtung Sonderpädagogik und/oder Naturwissenschaften (Chemie, Sachunterricht, Umweltwissenschaften) zusammen. Teilweise wurden die Experimente in Seminaren eingesetzt oder von wissenschaftlichen Hilfskräften getestet. Alle Durchführungen fanden in Räumen oder außerschulischen Lernorten der Universität Koblenz-Landau am Campus Landau statt.

6.1.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Aufgrund der kaum vorhandenen Experimente für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung müssen zunächst geeignete Experimente ausgewählt, selbst konzipiert und entsprechend der Bedürfnisse der Schüler aufbereitet werden. Alle Experimente sind im Rahmen des Projekts BNE_x unter der Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in den Varianten der Vereinfachten Sprache und Fotografischer Handlungsablauf für heterogene Lerngruppen entstanden und im Rahmen dieser Studie mit Blick auf die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung weiter angepasst worden.




Inhalt: Bildung für nachhaltige Entwicklung findet immer mehr Eingang in die Schulen und wird mit dem Nationalen Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung für alle Schüler gefordert ([Nationale Plattform BNE/BMBF], 2017). Daher orientiert sich der inhaltliche Schwerpunkt der Experimente an den Nachhaltigkeitszielen, speziell den SDGs 6, 14 und 15 (Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen, Leben unter Wasser, Leben an Land). Die SDGs mit ihren Zielen und Unterzielen sind gegen Ende des Kapitels 4.1 aufgelistet. Zu jedem SDG werden jeweils vier Experimente entwickelt. Mit den Experimenten sollen den Schülern naturwissenschaftliche Phänomene in einem angemessenen Rahmen erklärt werden, d. h. weder zu einfach noch zu komplex. Alle Experimente weisen, soweit möglich, in unterschiedlichen Facetten einen Alltagsbezug für die Schüler auf. Einen Überblick über die insgesamt zwölf Experimente zeigt Tabelle 25 (Seite 136) in der Ergebnisdarstellung dieses Mesozyklus.

Anforderungen an Experimente: Bei der Erstellung von Experimenten sind neben dem inhaltlichen Aspekt weitere Rahmenbedingungen zu beachten (siehe Kapitel 2.3). Gerade im Bereich geistige Entwicklung ist eine ungefährliche Durchführbarkeit von hoher Relevanz. Aus diesem Grund wird nur in Ausnahmefällen auf nicht haushaltsübliche „Chemikalien“ zurückgegriffen. Alle Geräte, wie beispielsweise Becherglas, Pipette oder Messzylinder, bestehen aus Plastik, sodass sie beim Herunterfallen nicht zerbrechen können. Aber auch die Handhabung spielt in die Auswahl der Materialien hinein, zum Beispiel die Überlegungen, wie einfach sich Materialien befüllen lassen oder ob weitere Hilfsmittel dazu benötigt werden.

Wenn möglich sollte die Durchführung immer gelingen und einen deutlichen Effekt zeigen. Sollten Experimente in der Beobachtung nicht deutlich genug sein oder zu häufig misslingen, wurde das Experiment so lange überarbeitet, bis ein eindeutig, gut sichtbares und zuverlässiges Ergebnis zu beobachten war. Die reine Durchführungszeit des Experiments variiert zwischen fünf und 20 Minuten, womit die vorgeschlagene maximale Versuchsdauer von 20-30 Minuten für Kinder im Vorschulbereich nicht überschritten wird (Lück, 2012). Alle benötigten Materialien sind in einer Kiste zusammengestellt, um unabhängig von der räumlichen Ausstattung der Schule zu experimentieren. Da die Schüler später möglichst eigenständig experimentieren sollen, ist die Beachtung der visuellen Wahrnehmungsgesetze schwierig. Gut zu realisieren sind einfache Versuchsaufbauten und die einheitliche Nutzung von gleichartigen Geräten. Bei der Gestaltung der Experimentivorschriften lassen sich die visuellen Wahrnehmungsgesetze leichter anwenden. Die Experimente sind alle so konzipiert, dass die Schüler diese mit Realgegenständen selbst durchführen können, unabhängig davon ob sie nach einer kochbuchartigen Anleitung oder offen arbeiten. Zu jedem SDG sind drei Experimente mit einer Kochbuchanleitung und ein Experiment in einer offenen Variante erstellt. So wie bei der offenen Variante auch die Möglichkeit besteht, auf ein Kochbuch zurückzugreifen, so ist es bei einigen der Kochbuchanleitungen ebenso möglich, das Experiment zu öffnen. Bei den Experimenten mit einer offenen Durchführung wird in dieser Arbeit von einem *Forscherauftrag* gesprochen.

Gestaltung der Experimentivorschriften/-anleitungen: Durch verschiedene Varianten von Experimentivorschriften wird, im Sinne des UDL, versucht, möglichst alle Schülergruppen im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung abzudecken und ihnen ein selbstständiges Experimentieren zu ermöglichen (siehe Kapitel 3). Dazu wurden drei Varianten von Experimentivorschriften zu jedem Experiment erstellt, die durch ein eigenes Symbol gekennzeichnet sind (siehe Tabelle 22): (1) Vereinfachte Sprache, (2) Symbolschrift und (3) Fotografischer Handlungsablauf. Die Studie von Noll (2020) hat gezeigt, dass Schüler besonders gut mit Leichter Sprache sowie mit Leichter Sprache und Fotos lernen können. Da in Schulen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung häufig auch die sogenannte „Pfeil-Lese-Methode“ eingesetzt wird, ist diese in Form der Symbolschrift als dritte Variante gewählt (Günthner, 2018). Durch die verschiedenen Anleitungen werden für die Schüler verschiedene Zugänge geschaffen. Nach Bruner (1974) und Kutzer (Thews & Menthe, 2020) bietet die Leichte Sprache einen symbolisch/symbolisch-abstrakten Zugang und die Symbolschrift und der Fotografische Handlungsablauf einen ikonisch/anschaulich-bildhaften Zugang. Bei beiden Varianten ermöglicht die Durchführung des Experiments einen enaktiv/konkret-handelnden Zugang. Wie nicht nur die Anleitungen, sondern auch die Unterrichtsgestaltung verschiedene Zugänge schaffen kann, zeigt Kapitel 6.5.2.

Tabelle 22: Symbole der drei Varianten der Experimentiervorschriften

Vereinfachte Sprache	Symbolschrift	Fotografischer Handlungsablauf
		

In allen drei Varianten werden die Regeln der Leichten Sprache beachtet und die vorgeschlagene Schriftart Arial gewählt. Während die Schüler bei der Vereinfachten Sprache den Text zum Verständnis benötigen, können die Schüler bei der Symbolschrift und dem Fotografischen Handlungsablauf das Experiment auch ohne den Text durchführen. Trotzdem ist der Text auch bei diesen beiden Varianten aus zwei Gründen angegeben. Er dient zur Unterstützung der Lehrkräfte, aber auch derjenigen Schüler, die zwar schon lesen können, mit einem reinen Text aber noch Schwierigkeiten haben. Ein Aspekt, der sowohl als Regel der Leichten Sprache als auch bei der Komplexität von Sachverhalten genannt wird, ist die Anzahl von Fakten, die in einem Satz genannt werden. In den Experimentiervorschriften wird in jedem Satz nur ein Aspekt genannt. Auch bei den einzelnen Durchführungsschritten wird genau darauf geachtet, dass nur eine Aufgabe pro Satz formuliert ist. Besteht eine Handlung aus mehreren Aspekten, werden diese in separaten Sätzen genannt. Bei der Durchführung werden zudem die Maßangaben, beispielsweise die Mengenangabe des abzufüllenden Wassers, nicht als Zahlen aufgeführt, sondern mit deutlichen roten Markierungen an den Bechergläsern angebracht. Nach der Prüfung der Regeln Leichter Sprache wurde die Schwierigkeit der Texte in einem zweiten Schritt anhand der Lesbarkeitsindizes LIX und RATTE bestimmt (siehe Abbildung 24).

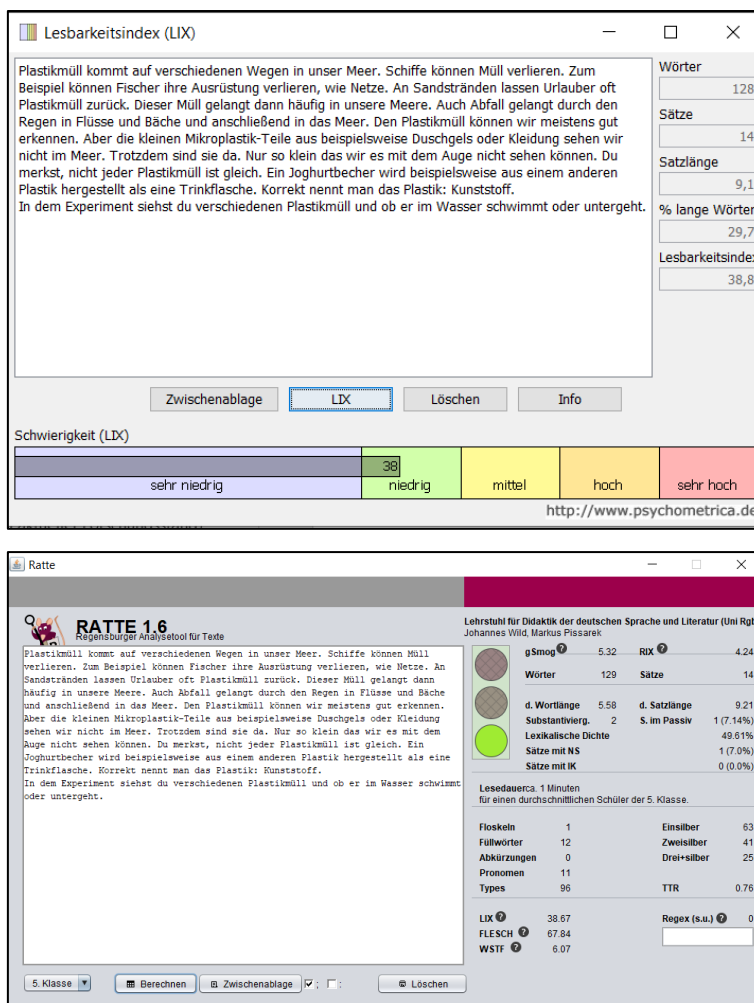


Abbildung 24: Lesbarkeitsindizes anhand eines Beispiels (Berechnung mit der Desktop-Version, oben: LIX, unten: RATTE)

Für die Symbolschrift sind Zeichnungen und für den Fotografischen Handlungsablauf Fotos angefertigt worden. Dabei wurden die Gestaltungsgesetze der visuellen Wahrnehmung beachtet. Für einen guten Kontrast sind alle Fotos freigestellt (Gesetz des Figur-Grund-Kontrast, siehe Abbildung 25). Des Weiteren sind nur die Dinge abgebildet, die in der Handlung wirklich benötigt werden. Eine Zusammengehörigkeit für eine Handlung wird dadurch verdeutlicht, dass die Dinge dicht beieinanderstehen (Gesetz der Einfachheit und Gesetz der Nähe). Bei mehr als einem Handlungsschritt auf einem Bild, ist immer die Arbeitsrichtung von links nach rechts eingehalten (Gesetz der Dynamik von links nach rechts). Wenn beispielsweise zwei Bechergläser mit Wasser gefüllt werden sollen, ist das linke Becherglas auf einem Foto schon gefüllt, während das rechte Becherglas gerade befüllt wird, der linke Schritt wurde also schon vorab vollzogen.



Abbildung 25: Unterschied zwischen einem nicht freigestellten und freigestellten Objekt (Figur-Grund-Kontrast)

Damit alle Schüler, unabhängig von der Variante der Experimentiervorschrift, am Unterricht teilnehmen können, ist in allen drei Varianten und somit auch bei allen Experimenten der gleiche strukturelle Aufbau eingehalten. Der Aufbau orientiert sich an den Experimentierphasen (Fragestellung, Vermutung, Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten, Dokumentieren, Ergebnis). Zunächst sind der Titel des Experiments und eine Zeichnung abgebildet, welche den Kontext verdeutlichen sollen. Im Anschluss starten die meisten Experimentieranleitungen üblicherweise direkt mit den Materialien, obwohl es sinnvoll ist, zu Beginn einen Kontext zu schaffen (Bockwoldt, 2016). Aus diesem Grund ist der Kontext direkt am Anfang der Versuchsvorschrift in Worten beschrieben. In der Symbolschrift und dem Fotografischen Handlungsablauf ist der Kontext durch zwei bis drei Zeichnungen verbildlicht. Am Ende der Einleitung in das Experiment schließt sich ein Auftrag oder eine Fragestellung an, die sich mit dem Experiment beantworten lässt. Bevor die Durchführung beginnen kann, müssen die dafür notwendigen Materialien, bestehend aus Geräten und Chemikalien, auf Vollständigkeit geprüft werden. Dazu können die Schüler in einer Checkbox die Materialien abhaken. Die Durchführung ist in einzelnen Schritten formuliert. Jeder Schritt wird bei der Symbolschrift durch Zeichnungen in Anlehnung an die „Pfeil-Lese-Methode“ und beim Fotografischen Handlungsablauf durch ein Foto dargestellt. Bei der Symbolschrift werden zwei Schritte pro Seite abgebildet, während beim Fotografischen Handlungsablauf nur ein Schritt pro Seite gezeigt ist. Die Durchführung bekommt eine weitere Strukturierungshilfe: Auf jeder Seite sind in einer Kopfzeile alle Schritte in Bildern veranschaulicht, von denen der aktuelle Schritt mit einem roten Rahmen hervorgehoben ist (siehe Abbildung 26). Bei der Symbolschrift ist aus Gründen der Klarheit und des reduzierten Umfangs nur das Ergebnis in der Bildleiste abgedruckt und nicht die gesamte Pfeilschrift. Diese Form der ständig präsenten Bilder und der Fokussierung des aktuellen Schrittes ist eine Mischung aus simultan-statisch-permanenter und sequenziell-statisch-permanenter Darstellung (H'mida et al., 2020). Bei der Vereinfachten Sprache sind alle Durchführungsschritte auf einer Seite aufgelistet und mit Checkboxes zum Abhaken versehen. Meist schließt sich am Ende der Durchführung ein Beobachtungsauftrag an. Besonders wenn ein bestimmter Aspekt beobachtet werden soll, ist

ein Auftrag mit diesem Hinweis für die Schüler sehr hilfreich (Nawrath et al., 2011). Die Schüler bekommen die Gelegenheit, ihre Beobachtung selbstständig zu formulieren und zwischen zwei Beobachtungsbildern das richtige auszuwählen. Erst im Anschluss wird ihnen das richtige Bild mit einer textlichen Beschreibung gezeigt. Nun muss die Beobachtung noch in den zu Beginn gestellten Kontext gesetzt werden, was durch den Ergebnistext erfolgt. Da es schwierig ist, alle Inhalte zu behalten, ist in einem Merksatz bzw. in mehreren Sätzen der wichtigste Aspekt noch einmal zusammengefasst. Um die Wichtigkeit dessen zu verdeutlichen, ist der Merksatz mit einem dicken roten Rahmen hinterlegt und in einer größeren Schriftgröße verfasst. Nicht zu vergessen ist das Aufräumen, das einen wichtigen Teil des Experimentierens einnimmt. Denn erst nach dem Aufräumen ist das Experiment vollständig abgeschlossen. Da das Aufräumen aus mehreren Teilschritten besteht, wird immer in der gleichen Reihenfolge aufgeräumt. Zuerst werden Flüssigkeiten in den Ausguss geschüttet, anschließend der Müll entsorgt und zum Schluss alle Materialien abgewaschen und weggeräumt. Sollten Materialien nicht in den Müll geworfen, sondern zurück in die Dosen gefüllt werden, ist dieser Schritt an die erste Stelle zu setzen. Zur Unterstützung haben die Schüler in allen drei Versionen in einem unterschiedlichen Grad die Möglichkeit, einen auditiven Vorlesestift zu nutzen. Hier ist der Tellimero-Lesestift von Betzold gewählt. In der Vereinfachten Sprache und der Symbolschrift können die Schüler sich die Einleitung und das Ergebnis unterstützend anhören. Neben Einleitung und Ergebnis können sich die Schüler bei dem Fotografischen Handlungsablauf zusätzlich alle Seiten anhören, also auch den Titel, die einzelnen Materialien und Durchführungsschritte. Bei der Ergebnisdarstellung dieses Mesozyklus ist für jede Variante der Experimentiervorschrift ein Beispiel abgebildet (siehe Abbildung 27, Abbildung 28, Abbildung 29 auf den Seiten 141-143).



Abbildung 26: Laufleiste (oben: Symbolschrift, unten: Fotografischer Handlungsablauf)

Durchführung und Datenaufnahme

Auf Grundlage der Literaturhinweise wurden zunächst die Experimente mit ihren Experimentiervorschriften erstellt und kontinuierlich verändert. Dazu wurden viele verschiedenen Materialien erprobt und die für am besten befundenen Versionen für eine erste Evaluation ausgewählt. Zunächst haben jeweils zwei Wissenschaftler der Sonderpädagogik

bzw. der Chemie die Experimentiervorschriften gelesen und ihre Rückmeldung in Gesprächen oder mit schriftlichen Anmerkungen in den Anleitungen gegeben. Anschließend haben Studierende der Fächer Sonderpädagogik und/oder Chemie die Experimente mit den Experimentiervorschriften durchgeführt. Die Gruppengrößen variierten zwischen zwei und vier Personen, die gleichzeitig an einem Experiment teilnahmen. Während des Experimentierens wurden die Studierenden beobachtet und Äußerungen von der Beobachterin notiert. Zusätzlich haben die Studierenden ihre Anmerkungen auf Zetteln zusammengefasst und zum Abschluss präsentiert, wodurch ebenfalls Daten gewonnen werden können. Einen Überblick über die Datenaufnahme zeigt Tabelle 23.

Tabelle 23: Datenüberblick Mesozyklus 1

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Wissenschaftler (Sonderpädagogik oder Chemie)	4	keine	Gruppeninterview (mündlich, schriftlich), Teilnehmende Beobachtung	Notizen
Studierende (Sonderpädagogik und/oder Chemie)	55	keine	Gruppeninterview (mündlich, schriftlich), Teilnehmende Beobachtung	Notizen

6.1.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Aus der Datenaufnahme können die Notizen der Wissenschaftler und Studierenden sowie die Notizen durch die Teilnehmende Beobachtung als Datenmaterial gewonnen werden. Diese Notizen werden mittels Qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Dazu werden die Aussagen einer der drei verschiedenen Varianten in der allgemeinen Gestaltung und Struktur der Experimentiervorschriften oder einem speziellen Experiment in allen drei bzw. einer der drei Experimentiervorschriften zugeordnet. Auch die verwendeten Materialien und die praktische Durchführbarkeit in Bezug auf die einzelnen Experimente bilden Überarbeitungskategorien. Alle Haupt- und Unterkategorien sind aus der Analyse des Datenmaterials induktiv abgeleitet. Die Hauptkategorien setzen sich aus übergreifenden Aspekten aller Varianten und Experimente, den einzelnen Varianten der Experimentiervorschriften und den separaten Experimentierstationen zusammen. Die Unterkategorien bestehen aus Deckblatt, Einleitung, Material, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz, Aufräumen und weiteren Aspekten, wie beispielsweise Interesse. Abschließend werden die Lesbarkeitsindizes erneut berechnet. Einen Überblick zu Datenmaterial und Datenauswertungsmethode zeigt Tabelle 24.

Tabelle 24: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 1

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Notizen (9 Termine)	29.01.2019 - 10.07.2021	60 - 180	Berechnung Lesbarkeitsindex, Qualitative Inhaltsanalyse, Materialüberarbeitung und Reflexion im Team

Ergebnisse

Alle drei Varianten der Experimentiervorschriften haben gemeinsam, dass deren einheitlicher Aufbau und der bewusst als separater Punkt aufgeführte Aufräumschritt als sehr positiv gewertet werden. Ebenso wird die Einsatzmöglichkeit des auditiven Vorlesestifts als sehr gewinnbringend erachtet.

Bei der *Vereinfachten Sprache* wird kritisiert, dass die Schüler bei der Beobachtung nicht zum eigenständigen Denken angeregt werden. Während bei den anderen beiden Varianten eine Seite mit der Auswahl zwischen zwei Beobachtungsbildern eingefügt ist, fehlt diese bei der Vereinfachten Sprache. Bisher bestand die Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache aus einer Vorder- und Rückseite (siehe Abbildung 27 rechts und links auf Seite 141). Um die Schüler jedoch zum Nachdenken und genauen Beobachten anzuregen, wird die Rückseite der Experimentiervorschrift mit einer neuen Seite verdeckt. Diese neue Seite wird mit doppelseitigem Klebeband oben an der Kopfleiste befestigt und durch einen Klettverschluss in der Fußzeile zusammengehalten. Auf ihr sind die beiden Beobachtungsbilder zur Auswahl abgebildet und die Schüler werden aufgefordert, selbst über ihre Beobachtung nachzudenken. Ihre Beobachtung können sie überprüfen, indem sie das Klettband in der Fußzeile lösen und die neue Seite hochklappen (siehe Abbildung 27 Mitte auf Seite 141).


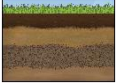
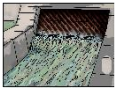



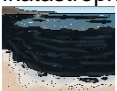





Die *Symbolschrift* wird als gut strukturiert und sehr ansprechend eingeschätzt. In der Laufleiste ist der rote Rahmen um den aktuellen Schritt nicht kontrastreich genug, weshalb die nicht aktuellen Schritte in schwarz-weiß abgebildet werden. Nur der aktuelle Schritt ist in Farbe und mit roter Umrandung zu sehen. Der Merksatz war bisher ausschließlich nach dem Aufräumen eingefügt. Vor dem Hintergrund, dass die Schüler sich beim Aufräumen gedanklich schon von dem Experiment lösen, wird der Merksatz zusätzlich vor dem Aufräumen ergänzt. Jeder Phase des Experimentierens ist ein eigenes Piktogramm zugeordnet (genauer siehe Kapitel 6.3.2). Neben diesen Piktogrammen steht auf jeder Seite die Phase, zum Beispiel befindet sich bei der Durchführung neben dem Piktogramm der Hände immer „Das machst du:“. Um deutlich aufzuzeigen, wann ein Wechsel zwischen den Piktogrammen erfolgt, wird ein Piktogramm nur noch mit der Schrift verknüpft, wenn es sich von dem Piktogramm der vorherigen Seite unterscheidet. Wird es im Ablauf wiederholt, ist nur das Piktogramm abgebildet.

Beim *Fotografischen Handlungsablauf* sind die Bebilderung durch die Fotos, die Auswahl und der Einsatz der Piktogramme sowie die Handhabung der Anleitung durch die Aufstellmappe als gewinnbringend eingestuft. Der Strich zwischen Bild und Text bildet bei der Durchführung eine bewusste Abtrennung. Analog zur Symbolschrift wird der Merksatz vor dem Aufräumen

ergänzt, in der Laufleiste die nicht aktuellen Schritte in schwarz-weiß dargestellt und das Piktogramm nur bei einem Wechsel mit der Schrift versehen. Bisher gab es in dieser Version zwar die Aufforderung, bei der Beobachtung zwischen den beiden Bildern auszuwählen, allerdings konnte nur mithilfe des Tellimero-Lesestifts durch Antippen der Kästchen unter den Bildern herausgefunden werden, ob die Auswahl von dem Schüler richtig getroffen wurde. Aus diesem Grund ist im Anschluss an die Aufforderung ein Bild auszuwählen, auf der nächsten Seite das richtige Lösungsbild noch einmal vergrößert dargestellt. Zudem wird vorgeschlagen, die Fotos, obwohl diese schon freigestellt sind, noch kontrastreicher zu machen, da sie zu diesem Zeitpunkt noch recht dunkel waren. In einer Überarbeitung werden die Fotos alle erneut aufgenommen und besser belichtet. Als letzter Punkt wird angeregt, mit den Experten in der Schule mehrere Punkte des Aufräumens zu besprechen. Zum einen stellt sich die Frage, ob alle Aufräumpunkte auf einer Seite oder jeder Schritt des Aufräumens auf einer eigenen Seite abgebildet werden sollte. Zum anderen existieren noch keine geeigneten Piktogramme, welche die einzelnen Aufräumschritte abbilden, weshalb die Experten die neu entwickelten Piktogramme bewerten sollen oder ggf. schon bekannte Piktogramme für einen Austausch benennen können.

Bevor auf die Evaluation der einzelnen Experimente eingegangen wird, sind diese in Tabelle 25 in alphabetischer Reihenfolge als Überblick mit dem Titel der Lernstation und deren inhaltlichem Kontext kurz vorgestellt. Die Ergebnisse der SDG6-, SDG14- und SDG15-Experimente werden dargestellt, indem SDG-bezogen zunächst die positiven Aspekte aufgeführt und anschließend die Kritik und Verbesserungsvorschläge in einer Tabelle zusammengefasst sind. Zum Ende sind anhand eines Beispielexperiments alle drei Varianten der Experimentiervorschrift veranschaulicht.




Tabelle 25: Übersicht der Lernstationen

Titel der Lernstation	Inhaltlicher Kontext der Lernstation
SDG6: Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen	
Boden als Schadstofffilter 	Der Boden schützt unser Grundwasser. Die Filterfunktion des Bodens kann jedoch durch Waschmittelabwasser geschädigt werden, beispielsweise wenn wir unser Auto mit Seife waschen. Die Schüler vergleichen bei dem Experiment, wie viele Schadstoffe der Boden freigibt, wenn Wasser ohne und mit Spülmittel hindurchfließt.
Naturfilter 	Unser Boden hat eine natürliche Filterfunktion. Die Schüler können die Bodenschichten selbst nachbauen und schmutziges Wasser durch den Boden filtern.
Rätsel ums Klärwerk 	In unserem Alltag verschmutzen wir viel Wasser, so auch im Badezimmer. Das schmutzige Wasser fließt in eine Kläranlage, in der es gesäubert wird. In einem ersten Schritt fließt das Wasser durch den Rechen. Die Schüler können bei diesem Experiment eigenständig forschen. Dabei lernen sie die Funktion des Rechens kennen, der grobe Stücke aus dem Wasser herausfiltert.
Wettlauf ums Trinkwasser 	Nicht überall auf der Welt kommen die Menschen so leicht an Wasser. In manchen Ländern müssen die Menschen ihr Wasser selbst aus Brunnen pumpen. Durch große Fabriken sinkt der Grundwasserspiegel und die Menschen kommen mit ihren kleinen Brunnen nicht mehr an das Wasser. Die Schüler vergleichen mit zwei Modellpumpen, wie viel Wasser die Fabrik bzw. die Einheimischen pumpen können.
SDG14: Leben unter Wasser	
Blub, blub 	Das Kohlenstoffdioxid in der Luft kann von Ozeanen gespeichert werden. Je wärmer das Wasser ist, desto schlechter kann es Kohlenstoffdioxid aufnehmen. Die Schüler vergleichen, ob warmes oder kaltes Wasser besser Kohlenstoffdioxid speichern kann.
Feind der Tiere 	Häufig gelangt Müll in das Meer. Der Müll ist für die Meereslebewesen und andere Tiere gefährlich. Die Schüler vergleichen bei dem Experiment, wie viel Plastik in Wasser mit und ohne Salz schwimmt oder sinkt.
Ölkatastrophe 	Durch Unfälle von beispielsweise Schiffen gelangt Öl in unser Meer. Das Öl ist gefährlich für seine Meeresbewohner und andere Lebewesen. Es ist sehr schwierig, Wasser und Öl zu trennen. Die Schüler können bei diesem Experiment eigenständig forschen. Zunächst können sie das Wasser selbst verschmutzen und anschließend mit verschiedenen Gegenständen versuchen, das Öl wieder aus dem Wasser zu entfernen.
Von Eierschalen und Korallenriffen 	Eierschalen und Korallenriffe bestehen aus Kalk. Kalk löst sich in Essig. Wenn die Ozeane saurer werden, lösen sich die Korallenriffe auf. Die Schüler vergleichen, wie sich Kalk in Wasser und in Essig verhält.
SDG15: Leben an Land	
Durstige Bäume 	Nicht nur wir Menschen sind durstig, auch die Bäume brauchen Wasser. Sie nehmen das Wasser durch die Wurzeln auf und leiten es durch Kapillare bis in die Blätter. Die Schüler können durch ein Modellexperiment herausfinden, wie das Wasser durch kleine Röhrchen bis in die Baumkrone steigt.
Geheimnisvolle Blätter 	Es gibt viele verschiedene Pflanzen. Die Blätter der Pflanzen scheinen immer sauber zu sein und bei heftigen Regen ertrinken sie auch nicht. Das liegt am Lotus-Effekt. Die Schüler können bei diesem Experiment eigenständig forschen. Nachdem sie ein Blatt mit verschiedenen Materialien verschmutzt haben, können sie beobachten, dass das Wasser fast allen Schmutz direkt oder nach einiger Zeit von dem Blatt spült.
Hochwassergefahr 	Auf verschiedenen Wegen kann es zur Verdichtung der Böden kommen. Durch verdichteten Boden kann das Wasser schlechter bis gar nicht abfließen. Die Schüler vergleichen, ob das Wasser durch einen lockeren oder festgedrückten Boden besser hindurchfließen kann.
Wie Regenwürmer atmen 	Der Boden besteht aus vielen unterschiedlich großen Hohlräumen, die mit Luft gefüllt sind. Dadurch kann der Regenwurm unter der Erde atmen. Wenn es regnet, füllen sich die Hohlräume mit Wasser und der Regenwurm muss zum Atmen an die Erdoberfläche kommen. Die Schüler können sehen, dass Blubberblasen aufsteigen, wenn Wasser in ein Glas mit Erde geschüttet wird.

Ergebnisse der SDG6-Experimente

Zunächst sind die positiven Rückmeldungen zu den einzelnen Experimenten aufgeführt. In der Einleitung des Experiments *Boden als Schadstofffilter* ist ein eindeutiger Arbeitsauftrag formuliert. Die Beobachtung zeigt einen schnellen und deutlichen Effekt. Das Experiment *Naturfilter* verdeutlicht sehr gut das Thema und macht viel Spaß. Die Anleitung für den Filterbau zu Hause wird als sehr schön empfunden. Nach Aussage der Interviewten ist es für die Schüler super, dass sie bei dem Experiment *Rätsel ums Klärwerk* selbst forschen können. Auch das Experiment *Wettlauf ums Trinkwasser* gibt eine eindeutige Aufgabenstellung und stellt das Problem gut dar. Der Medieneinsatz durch das Video bietet eine Abwechslung. Die Durchführung ist gut zu bewältigen, besonders durch die bebilderte Zuordnung der Pumpen und Flaschen zu der Fabrik oder den Einheimischen. Es haben sich einige Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge ergeben, die in Tabelle 26 zusammengefasst und, wenn nötig, mit einer Beschreibung der Überarbeitung versehen sind. Wenn sich Anmerkungen auf eine spezielle Version der Experimentiervorschrift beziehen, ist das entsprechende Symbol der Version abgebildet. Aspekte, wie beispielsweise ein poröser Dichtungsring, sind nicht aufgeführt, da alle Materialien vor dem Einsatz in der Schule auf ihre Funktionsfähigkeit getestet werden müssen.

Tabelle 26: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 1

Version	Kritik und Verbesserungsvorschläge
Boden als Schadstofffilter	
	keine
Naturfilter	
	Einleitung: Aufbau der Schichten veranschaulichen. → Deckblattbild mit Schichten wird erstellt.
	Durchführung: Den Aufbau der Schichten (Reihenfolge) bei der Durchführung wiederholen.
	Durchführung: - Reihenfolge der Schichten in einem Schritt klarer kennzeichnen. → Einstiegsbild mit Schichten ergänzen und in den Text aufnehmen. - Möglichkeit ergänzen, dass das Wasser mehrmals durch die Schichten laufen kann.
Rätsel ums Klärwerk	
	Fokus auf Verschmutzen oder auf Säubern des Wassers legen?
Wettlauf ums Trinkwasser	
	Materialien: Brunnen greifbarer machen. → Bisher wurde nur ein Becherglas als Brunnen verwendet. Es wird ein Brunnen gebastelt, in den das Becherglas zur Visualisierung hineingestellt wird.
	Materialien: - Dasselbe Bild für Fabrik und Einwohner bei der Einleitung und der Visualisierung auf den Materialien nutzen. → Vorher waren es unterschiedliche Bilder. - Fabrik nicht dreidimensional darstellen.

Ergebnisse der SDG14-Experimente

Das Experiment *Blub, blub* hat einen sehr strukturierten Ablauf und zeigt eine deutlich sichtbare Beobachtung. Auch das Experiment *Feind der Tiere* ist in seiner Durchführung sehr verständlich formuliert und nah an der Alltagswelt der Schüler. Der Forscherauftrag *Ölkatastrophe* hat eine präzise und leicht verständliche Fragestellung als Auftrag formuliert.

Zudem führt die Fragestellung zu einem intensiven und aktiven Problemlöseverhalten, das gleichzeitig zielgerichtet ist. Das freie Ausprobieren macht sehr viel Spaß, der Rückgriff auf einen Vorschlag zur Durchführung ist sinnvoll. Anschaulich, verständlich und sicher funktioniert das Experiment *Von Eierschalen und Korallenriffen*. Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den einzelnen Experimenten sind für alle Versionen der Experimentiervorschriften in Tabelle 27 übergreifend aufgelistet.

Tabelle 27: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 1

Kritik und Verbesserungsvorschläge
Blub, blub
Durchführung: Koordinative Herausforderung beim Befüllen der beiden Plastikkisten und der Messzylinder ist erforderlich.
Feind der Tiere
Einleitung/Ergebnis: Plastik oder Kunststoff einheitlich schreiben. → Begriff Plastik verwenden, da er umgangssprachlich besser bekannt ist.
Materialien: - Die drei verschiedenen Plastikarten sind in der gleichen Farbe schwer zu unterscheiden. → Jede Plastikart wird in einer anderen Farbe verwendet, so sind die schwimmenden und sinkenden Plastikteile sehr gut zu unterscheiden. - Viele Plastikstücke in den Sand geben.
Durchführung: „Rühre kräftig um.“ statt „Rühre um.“
Ergebnis: Überall die Abkürzung des Kunststoffs für eine Einheitlichkeit angeben.
Aufräumen: Ein Sieb der Materialienliste hinzufügen, um das Sandgemisch beim Ausschütten des Wassers aufzufangen und anschließend in den Mülleimer zu werfen.
Ök Katastrophe
keine
Von Eierschalen und Korallenriffen
Materialien: - Öl wenn möglich einfärben, da das Öl im Wasser sonst schlecht zu erkennen ist. Fühlen kann man das Öl gut. - Zwei Bechergläser statt einem Becherglas zum Umgießen zur Verfügung stellen.

Ergebnisse der SDG15-Experimente

Die Titel der Experimente werden alle als sehr anschaulich und passend bewertet. Das Experiment *Durstige Bäume* hat eine eindeutig formulierte Anleitung und eine zuverlässig gelingende Durchführung. Insgesamt ist es ein sehr schönes Experiment. Die Einleitung des Experiments *Geheimnisvolle Blätter* zeigt in einem Einführungsbild eine Lupe (Wachskristalle des Blattes), welches die Kinder neugierig darauf macht zu erfahren, was das Bild wohl zu bedeuten hat. Außerdem kann bei dem Ergebnis das Bild zur Veranschaulichung genutzt werden. Auch die Durchführung des Experiments *Wie Regenwürmer atmen* ist treffend formuliert und gelingt sicher. Die Kritikpunkte und Verbesserungsvorschläge zu den Experimenten sind in Tabelle 28 zusammengefasst und auf alle Versionen der Experimentiervorschriften anwendbar. Das Experiment *Wie Regenwürmer atmen* zeigt keinen SDG-Bezug auf, ist allerdings grundlegend, damit die Schüler verstehen, dass in der Erde Hohlräume sind. Dieses Wissen brauchen sie bei dem Experiment Hochwassergefahr. Auch

die Experimente *Durstige Bäume* und *Geheimnisvolle Blätter* zeigen wenig SDG-Bezug auf, sind aber relevant, um grundlegende Phänomene des Bodens zu verstehen. Darauf aufbauend lassen sich im Anschluss weitere SDG-relevante Experimente durchführen.

Tabelle 28: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus I

Kritik und Verbesserungsvorschläge
Durstige Bäume
Einleitung: Wir können einen Strohhalm nehmen und „das Wasser damit aufsaugen“ statt „daran ziehen“.
Durchführung: - „Du kannst mithilfe der Vorlage den Baum aufmalen und ausschneiden.“ statt „Du kannst die Vorlage zu Hilfe nehmen.“, so ist der Nutzen des Hilfsmittels deutlicher. - „Drehe die rote Sanduhr um.“ statt „Stelle die rote Sanduhr.“
Ergebnis: - In dem Kontext ist die Information, dass die Bäume bei weniger Wasser weiter auseinander stehen, zu umfangreich, daher weglassen. - Immer einen einheitlichen Begriff für einen Vorgang nennen, in diesem Fall „Fließen“ des Wassers statt „Klettern“ oder „Wandern“. - Verweis auf das Puzzle geben, damit den Schülern der Bezug bewusst ist, sie die Kanäle darauf suchen können und ihre Funktion verstehen.
Ergebnis und Merksatz: Entweder Röhrchen oder Kanäle als Begriff verwenden. Wenn bei den Bäumen der Begriff „Kanäle“ und bei den Zahnstochern der Begriff „Röhrchen“ gewählt wird, kann es zu Verwirrung kommen.
Geheimnisvolle Blätter
Einleitung: - Ergänzen, dass mit dem Material sparsam umgegangen werden soll. - An Bäumen wachsen Blätter. „Vielleicht hast du schon einmal Seerosen auf einem Teich schwimmen sehen. Aber auch im Garten finden wir an jeder Pflanze Blätter. Wir sehen die Blätter an Tomatenpflanzen, Weißkohl und Tulpen.“ statt „Aber auch im Garten finden wir welche. Viele Kohlsorten haben Blätter. Vielleicht hast du auch schon einmal Seerosen auf einem Teich schwimmen sehen.“
Beobachtung: Ergänzen, dass die Materialien unterschiedlich gut und schnell vom Blatt gespült werden.
Ergebnis: - „Oberfläche“ statt „Struktur“ ist besser verständlich. - Beispielbild oder Gegenstand für die Wachskristalle bereithalten.
Aufräumen: Ein Sieb der Materialienliste hinzufügen, um die Erde beim Ausschütten des Wassers aufzufangen und anschließend in den Mülleimer zu werfen.
Hochwassergefahr
Einleitung und Ergebnis: - Begriff „verdichtet“ ist vielleicht unklar. Den Begriff in der Einleitung oder dem Ergebnis einführen und erklären. - „Lockerer“ statt „krümelig, gut durchlüfteter“ Boden verwenden.
Durchführung: „Wasser `langsam´ über die Flaschenköpfe gießen.“, da die Schüler sonst zu schnell schütten und die Flaschen umfallen können.
Beobachtung: - „Erde“ statt „Boden“: Der Begriff Erde wird bei den Materialien und der Durchführung verwendet, erst später den Bezug zum Boden in der Natur ziehen. - „Fließen“ statt „Laufen“ des Wassers
Ergebnis: - Einen einheitlichen Begriff für den gleichen Vorgang verwenden, hier „Fließen“ statt „Laufen“ oder „Sickern“ des Wassers. - Am Ende den Satz „So entsteht Hochwasser.“ ergänzen, um einen Bezug zu der Überschrift herzustellen.
Wie Regenwürmer atmen
Einleitung: „... Besonders im Garten fühlt sich der Regenwurm wohl. Im Garten kannst du den Regenwurm auf der Erde sehen. Oft kriecht der Regenwurm auch unter die Erde. ...“ statt „... Er kriecht manchmal auf der Erde. Besonders im Garten fühlt sich der Regenwurm wohl. Oft kriecht der Regenwurm unter die Erde. ...“
Beobachtung: „groß und klein“ statt „verschieden große Blasen“ ist eindeutiger.
Ergebnis und Merksatz: Der Boden „hat“ statt „besteht aus“ Hohlräumen.

Aufräumen:
Ein Sieb der Materialienliste hinzufügen, um die Erde beim Ausschütten des Wassers aufzufangen und anschließend in den Mülleimer zu werfen.

Ergebnisse aller Experimente

Am Ende des Mesozyklus sind alle Experimente entsprechend der Rückmeldungen überarbeitet worden. Von allen Experimentiervorschriften wurden erneut die Lesbarkeitsindizes berechnet. Tabelle 29 zeigt die berechneten LIX-Werte der einzelnen Experimente. Nach Lenhard und Lenhard (2014-2017) ergeben verschiedene Textgattungen im Schnitt unterschiedliche Werte: Kinder- und Jugendliteratur (unter 40), Belletristik (40 bis 50), Sachliteratur (50 bis 60) und Fachliteratur (über 60). Bei der Berechnung des LIX-Wertes werden den Texten mit einem Wert unter 40 eine sehr niedrige, einem Wert zwischen 40 bis 50 eine niedrige und ab einem Wert von 50 eine mittlere, hohe oder sehr hohe Komplexität zugeschrieben. Alle Werte liegen deutlich unter einem Wert von 50, die meisten sogar deutlich unter einem Wert von 40. In der weiteren Untersuchung stellt sich das Ziel, diese Werte nicht weiter zu erhöhen, sondern, wenn möglich, die Werte über 40 noch zu senken, um den Schülern eine möglichst geringe Komplexität in den Texten anzubieten.

Tabelle 29: LIX-Werte der Experimente

	Einleitung	Durchführung	Beobachtung	Ergebnis	Merksatz	gesamt
Experimente zu SDG6						
Boden als Schadstofffilter	42,0	42,0	38,3	38,1	36,8	39,4
Naturfilter	40,5	37,8	34,5	33,9	33,0	35,9
Rätsel ums Klärwerk	40,9	34,2	29,4	35,9	46,1	37,1
Wettlauf ums Trinkwasser	39,6	35,1	36,1	40,4	35,5	38,2
Experimente zu SDG14						
Blub, blub	40,5	37,7	40,0	39,8	32,0	40,1
Feind der Tiere	39,9	29,0	41,7	40,5	36,4	39,2
Ölkatastrophe	35,6	31,4	20,0	33,0	34,3	35,9
Von Eierschalen und Korallenriffen	41,1	33,9	40,3	38,5	28,8	40,3
Experimente zu SDG15						
Durstige Bäume	26,0	36,0	26,0	29,0	23,0	29,0
Geheimnisvolle Blätter	33,0	23,0	33,0	37,0	33,0	32,0
Hochwassergefahr	35,0	33,0	36,0	32,0	39,0	33,0
Wie Regenwürmer atmen	28,0	25,0	25,0	32,0	37,0	30,0

Exemplarisch ist eine in Mesozyklus 1 vollständig überarbeitete Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache, Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf an dem Experiment *Feind der Tiere* in Abbildung 27, Abbildung 28 und Abbildung 29 dargestellt.

UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU **LANDAUER EXPERIMENTIERSPASS**
Neugierig sein und mehr Gutes und Kluges mitbringen

FEIND DER TIERE

Zielvorgabe: 15 Minuten
Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung verlieren, wie Netze. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll zurück. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile aus beispielsweise Duschgels oder Kleidung sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein das wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, nicht jeder Plastikmüll ist gleich. Ein Joghurtbecher wird beispielsweise aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche. Korrekt nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder untergeht.

1. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte	Chemikalien
2 x Becherglas	Sandgemisch
2 x Löffel	Kochsalz
1 x Sieb	Wasser

2. So führst du das Experiment durch:

- Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel des Sandgemischs.
- Fülle beide Bechergläser bis zur Markierung mit 100 ml Wasser.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Gib in ein Becherglas einen Löffel Salz.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Warte kurz. Vergleiche die beiden Bechergläser.

Bleib umdrehen →

Prof. Dr. Sibylla Bock
Lisa-Bothe-Klein
Praxis BNE

? Was konntest du beobachten ?

**Wie kannst du das Beobachtete erklären?
Denk alleine oder in der Gruppe darüber nach.**

Lösung

Klappe das Blatt hoch um deine Vermutung zu überprüfen.

↓
Klapp lösen

UNIVERSITÄT KOBLENZ-LANDAU **LANDAUER EXPERIMENTIERSPASS**
Neugierig sein und mehr Gutes und Kluges mitbringen

3. Das kannst du beobachten:
 Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik.

4. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:
 Schwimmt Plastik unterschiedlich in Wasser?
 In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet. In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet. In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden.

Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meeresbewohner mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Plastik kann im Körper nicht abgebaut werden. Das Plastik verklumpt im Magen. Die Plastikklumpen können nicht mehr ausgeschieden werden. Die Tiere verhungern mit vollem Magen.

5. Aufräumen:
 Becherglas über ein Sieb gießen. Wasser in den Abguss. Sand und Plastik in den Mülleimer.

Merke dir:
 Kunststoffe nannern wir oft Plastik. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Prof. Dr. Sibylla Bock
Lisa-Bothe-Klein
Praxis BNE

Abbildung 27: Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1 (links: Vorderseite, Mitte: Rückseite, rechts: Rückseite nach Hochklappen der Lösung)



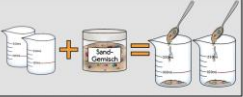

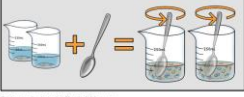
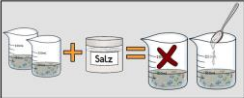



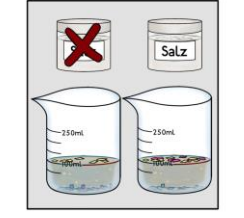

<p>UNIVERSITÄT KOBLENZ LANFANG</p> <p>LEHRGEBIET BIOWISSENSCHAFTEN</p> <h2>FEIND DER TIERE</h2>  <p>Zeitangabe: 15 Minuten</p> <h3>Versuchsvorschrift in Symbolschrift</h3> <p>Prof. Dr. Armin Hesse Lehrstuhl für Biologie Postfach 10155 55074 Koblenz</p>	<p>Worum geht es?</p>  <p>Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung verlieren, wie Netze. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll zurück. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile aus beispielsweise Duschgels oder Kleidung sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein das wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, nicht jeder Plastikmüll ist gleich. Ein Joghurtbecher wird beispielsweise aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche. Korrekt nennt man das Plastik: Kunststoff.</p> <p>In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder untergeht.</p>	<p>Das brauchst du:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Geräte</th> <th>Chemikalien</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2 Bechergläser</td> <td><input type="checkbox"/> Sandgemisch</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2 Löffel</td> <td><input type="checkbox"/> Salz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 1 Sieb</td> <td><input type="checkbox"/> Wasser</td> </tr> </tbody> </table>	Geräte	Chemikalien	<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch	<input type="checkbox"/> 2 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz	<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser
Geräte	Chemikalien									
<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch									
<input type="checkbox"/> 2 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz									
<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser									
<p>Das machst du:</p>  <p>Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel Sandgemisch.</p>  <p>Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.</p>	<p>Das machst du:</p>  <p>Rühre mit dem Löffel kräftig um.</p>  <p>Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.</p>	<p>Das machst du:</p>  <p>Rühre mit dem Löffel kräftig um.</p>  <p>Warte kurz.</p>								
<p>Beobachte was passiert:</p> <p>? Was konntest du beobachten ?</p>  <p>Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denk alleine oder in der Gruppe darüber nach.</p> <p>Lösung auf der nächsten Seite</p>	<p>Beobachte was passiert:</p>  <p>Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik.</p>	<p>Ergebnis:</p> <p>Schwimmt Plastik unterschiedlich in Wasser?</p> <p>In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet.</p> <p>In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet.</p> <p>In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden.</p> <p>Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meeresbewohner mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Plastik kann im Körper nicht abgebaut werden. Das Plastik verklumpt im Magen. Die Plastikklumpen können nicht mehr ausgeschieden werden. Die Tiere verhungern mit vollem Magen.</p>								
<p>Merke dir:</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <p>Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.</p> </div>	<p>Aufräumen:</p>  <p>In den Mülleimer: Sand, Plastik</p> <p>In den Abfluss: Wasser</p> <p>Becherglas über das Sieb gießen. Alles abwischen und wegräumen.</p>	<p>Merke dir:</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <p>Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.</p> </div>								

Abbildung 28: Experimentiervorschrift in Symbolschrift am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1

	<p>Worum geht es?</p>	<p>Das brauchst du:</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2 Bechergläser</td> <td><input type="checkbox"/> Sandgemisch</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2 Löffel</td> <td><input type="checkbox"/> Salz</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 1 Sieb</td> <td><input type="checkbox"/> Wasser</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch	<input type="checkbox"/> 2 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz	<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser
<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch							
<input type="checkbox"/> 2 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz							
<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser							
<p>Das machst du:</p> <p>Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel Sandgemisch.</p>	<p>Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.</p>	<p>Rühre mit dem Löffel kräftig um.</p>						
<p>Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.</p>	<p>Rühre mit dem Löffel kräftig um.</p>	<p>Warte kurz.</p>						
<p>Beobachte was passiert:</p> <p>Vergleiche die beiden Bechergläser.</p>	<p>Weiches Ergebnis ist richtig? Tippe an.</p>	<p>Ergebnis:</p> <p>Das Ergebnis ist richtig.</p>						
<p>Merke dir:</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.</p> </div>	<p>Aufräumen:</p> <p>In den Müllimer: Sandgemisch In den Ausguss: Wasser über das Sieb schütten Alles abwaschen und wegräumen.</p>	<p>Merke dir:</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> <p>Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.</p> </div>						

Abbildung 29: Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1

Reflexion

In diesem ersten Mesozyklus wurden die Experimente erstmals von Wissenschaftlern und Studierenden im Hinblick auf den allgemeinen Aufbau der drei Experimentiervorschriften, die Verständlichkeit der einzelnen Experimente und ihre Durchführbarkeit evaluiert. Drei der Experimente weisen kaum einen SDG-Bezug auf. Die Experimente werden trotzdem

beibehalten, da sie für die Schüler sehr anschaulich sind und der thematische Bezug nicht im Fokus der Forschung steht. Die aktualisierten Experimente und die dazugehörigen Experimentiervorschriften werden als Basis für die nächsten Mesozyklen genommen. Dabei sollten sich die LIX-Werte nicht erhöhen. Bei Werten über 40 sollte stattdessen versucht werden, diese weiter zu senken. Zunächst werden die Experimentiervorschriften in Vereinfachter Sprache von Lehrern und Pädagogischen Fachkräften mit den Förderschwerpunkten Lernen und geistige Entwicklung und anschließend von Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen getestet. Nach den Regeln der Leichten Sprache muss ein Text in Leichter Sprache am Ende immer von den Nutzern selbst geprüft werden (Netzwerk Leichte Sprache, 2013).

6.2 Überarbeitung der Lernmaterialien in der Differenzierungsform Vereinfachte Sprache (Mesozyklus 2 und 3)

Die gewonnenen Experimentiervorschriften aus Mesozyklus 1 werden in der Version Vereinfachte Sprache von Experten beurteilt. Die Experten setzten sich aus Lehrern und Pädagogischen Fachkräften mit dem Förderschwerpunkten geistige Entwicklung und Lernen sowie Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen zusammen.

6.2.1 Analyse und Vorbereitung

Die Experimente und deren Experimentiervorschriften wurden auf Grundlage der Anforderungen und Kriterien von Experimenten, Gestaltungsprinzipien von Lernmaterialien und dem inhaltlichen Kontext in Mesozyklus 1 erstellt (siehe Kapitel 2.3, 3, 4.1 und 6.1). Eine Version der Experimentiervorschriften ist die Vereinfachte Sprache, bei der die Texte in Leichter Sprache verfasst sind. Zur Evaluation der Verständlichkeit der Texte müssen immer Experten einbezogen werden (Hellbusch & Bühler, 2005). In diesem Fall sind die Schüler, welche mit den Experimentiervorschriften arbeiten, als Experten anzusehen. Sie prüfen den Text nicht nur auf Verständlichkeit, sondern führen die Experimente gleichzeitig nach den Vorschriften durch. Dabei lässt sich feststellen, ob sich die Anforderung, dass die Experimente möglichst selbstständig von Schülern ausführbar sind, mit den Formulierungen erreichen lässt (Lück, 2012).

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:

1.5 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt Lernen) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?

1.6 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?

1.7 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Vereinfachte Sprache?

Zielsetzung:

Evaluation der Experimente in Vereinfachter Sprache durch Experten (Lehrer und PF bzw. Schüler)

Rahmenbedingungen

Eine Evaluation der Experimente erfolgte zunächst durch Teams von Lehrern und Pädagogischen Fachkräften mit dem Förderschwerpunkt Lernen an einer Schule mit dem Förderschwerpunkt Lernen. Anschließend haben Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung die Experimentiervorschriften in Einzel- bzw. Gruppengesprächen beurteilt. Geplant war, die Interviews an der Schule im Förderbereich geistige Entwicklung zu führen. Aufgrund der Covid-19-Auflagen waren persönliche Treffen nicht gestattet, weshalb die Interviews zu SDG6 und SDG14 telefonisch stattfanden. Die Interviews zu SDG15 konnten wieder als persönliche Gespräche in der Schule ablaufen. Alle Lehrer im Förderbereich geistige Entwicklung sind an einer Schule mit dem Förderschwerpunkt Sehen angestellt und teilweise auch im Förderbereich Lernen eingesetzt. Die Durchführung der Experimente durch Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen aus den Klassenstufen sechs bis acht konnte in Einzelsituationen wieder vor Ort in der Schule erfolgen. Sowohl die Interviews mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung als auch die Experimentierdurchführung der Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen mittels der Methode Lautes Denken sind mit Tonaufnahmen festgehalten.

6.2.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Die Experimente und deren Experimentiervorschriften sind aus den Analysen und deren anschließenden Überarbeitungen von Mesozyklus 1 übernommen.

Durchführung und Datenaufnahme

Zunächst wurden die Experimente und ihre Experimentiervorschriften zu SDG6 von Lehrern und Pädagogischen Fachkräften mit dem Förderschwerpunkt Lernen in Zweierteams gelesen und gleichzeitig durchgeführt. Die Rückmeldung erfolgte als Notizen auf einem weißen Blatt

Papier, in Form von mündlichen Äußerungen und durch Beobachtungen. Auch mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung war eine gleichzeitige Rückmeldung der Texte und Durchführung der Experimente angedacht. Aufgrund der Covid-19-Lage war ein persönliches Treffen nicht möglich, weshalb zunächst nur die reinen Texte zu den SDG6- und SDG14-Experimenten in Telefoninterviews beurteilt wurden. Aus Gründen der Einheitlichkeit wurde auch bei den SDG15-Experimenten zunächst der reine Text in den Interviews rückgemeldet. Dies erfolgte zu dem damaligen Zeitpunkt wieder vor Ort in der Schule. Die Interviews fanden in Einzelgesprächen und Zweier- oder Dreiergruppen statt. Diesen Experteninterviews lag kein Leitfaden zugrunde, um vorab keine Einschränkungen in den Rückmeldungen vorzunehmen. Bei der Analyse hat sich gezeigt, dass die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte im Förderschwerpunkt Lernen deutlich weniger Aspekte als die Lehrkräfte im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung genannt haben. Deswegen wurde zu den SDG14- und SDG15-Experimenten auf eine separate Rückmeldung durch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte im Förderschwerpunkt Lernen verzichtet. Dadurch, dass einige der befragten Lehrkräfte im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung zusätzlich in den Förderbereichen Lernen sowie Sehen eingesetzt sind, richtet sich ihr Blick auf verschiedene Förderbereiche. An die Datenaufnahme von Mesozyklus 2 schloss sich die Datenauswertung und Überarbeitung der Experimente und ihrer Vorschriften an. Auch wenn es in der Darstellung der Mesozyklen so aussieht, als wäre Mesozyklus 3 vor dem Mesozyklus 4 durchlaufen worden, flossen die Anmerkungen zu der Durchführung der Experimente durch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte in Mesozyklus 4 vor dem Lauten Denken mit den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen in Mesozyklus 3 in die Experimente ein. Die Schüler führten die Experimente in Einzelsituation durch. Zunächst wurde ihnen die Methode *Lautes Denken* erklärt und zwei bis drei Beispielaufgaben dazu gestellt. Anschließend führten die Schüler die Experimente durch. Dabei mussten die Schüler immer wieder daran erinnert werden, ihre Gedanken laut auszusprechen. Teilweise wurden in bestimmten Situationen, in denen aus der Beobachterperspektive Unsicherheiten vermutet wurden, Nachfragen gestellt. Das betraf besonders den Ergebnistext, den die Schüler lasen und angaben, alles verstanden zu haben. Um das Verständnis zu testen und eventuelle Probleme zu identifizieren, wurden Rückfragen von der Verfasserin gestellt. Nach der Datenaufnahme in Mesozyklus 3 wurden auch diese Daten ausgewertet. Insgesamt wurde der Mesozyklus 2 einmal durchlaufen. Nach den Rückmeldungen zu SDG6 und SDG14 wurden die Experimentiervorschriften zu SDG15 angepasst und direkt in überarbeiteter Form im Interview vorgelegt. Mesozyklus 3 wurde je nach Experiment zwei bis dreimal durchlaufen, da jedes Experiment nach der Durchführung durch einen Schüler überarbeitet wurde und der nächste Schüler mit der überarbeiteten Version das Experiment durchgeführt hat. Einen Überblick der Datenaufnahme zeigt Tabelle 30.

Tabelle 30: Datenüberblick Mesozyklus 2 und 3

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP L	8	B10 - B17	Gruppeninterview (schriftlich)	Notizen
Lehrer und PF mit dem FSP gE	9	B1 - B9	Einzel- und Gruppeninterview (mündlich)	Tonaufnahmen, Transkripte, Notizen
Schüler mit dem FSP L	13	S1 - S13	Lautes Denken, Teilnehmende Beobachtung	Tonaufnahmen, Transkripte, Notizen

6.2.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

In Mesozyklus 2 können aus der Datenaufnahme die Notizen der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte im Förderschwerpunkt Lernen und die Notizen durch die Teilnehmende Beobachtung sowie die Transkripte der Interviews mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung als Datenmaterial gewonnen werden. Mesozyklus 3 ergibt Transkripte des Lauten Denkens der Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen. Alle Daten werden mittels der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Zunächst wird der Aufbau und das Design der Version in Vereinfachter Sprache analysiert, anschließend werden die Experimente SDG-bezogen ausgewertet. Daraus leiten sich die Über- und Unterkategorien ab, die analog zu Mesozyklus 1 sind. Die Kategorien sind demnach aus der Analyse des vorherigen Datenmaterials aus Mesozyklus 1 abgeleitet und liegen somit deduktiv vor. Das Datenmaterial aus Mesozyklus 2 und 3 wird auf dieser Grundlage analysiert und um die Unterkategorie der sehbehindertenspezifischen Aspekte induktiv ergänzt. Für eine schlüssige Überarbeitung setzen sich die Überkategorien aus dem allgemeinen Aufbau und den einzelnen Experimentierstationen zusammen. Die Unterkategorien bilden sich aus Deckblatt, Einleitung, Material, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz, Aufräumen, Layout sowie sehbehindertenspezifischen und weiteren Aspekten. Das Layout wird meist schon im allgemeinen Aufbau über alle Experimente hinweg aufgegriffen. Unter Weiteres fallen Aspekte, wie Interesse, Spaß und Merkfähigkeit. Die Zuordnung der Aussagen zu den Kategorien wird neben der Verfasserin von zwei wissenschaftlichen Hilfskräften vorgenommen. Die Zuordnungen sind außer weniger Punkte vollständig übereinstimmend. Einen Überblick über das Datenmaterial in Mesozyklus 2 und Mesozyklus 3 zeigt Tabelle 31.

Tabelle 31: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 2 und 3

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Beobachtung Notizen	26.02.2020	60	Qualitative Inhaltsanalyse, Materialüberarbeitung und Reflexion im Team
Interview 1 - 12 Transkript, Notizen	20.03.2020 - 10.09.2020	7 - 100	
Lautes Denken 1 - 26 Trankskript, Notizen	28.05.2020 - 10.11.2020	15 - 39	

Ergebnisse

Insgesamt sind die Gliederung und der Ablauf der Schritte sehr sinnvoll gewählt. Die Fragestellungen oder Beschreibung des Experimentierziels am Ende der Einleitung verdeutlichen das Problem, mit dem sich die Schüler im jeweiligen Experiment beschäftigen und steigern die Motivation, dieses Problem zu lösen. Das Ankreuzen der Durchführungsschritte vermeidet Verwirrung, an welchem Schritt man sich gerade befindet, und veranschaulicht, welcher Schritt als nächstes ansteht. Eine weitere Erleichterung ist beispielsweise die Mengenangabe von Wasser durch eine Markierung am Becherglas, die ohne Erklärung verständlich ist. Die anschließende Beobachtung können die Schüler schnell und sicher angeben und durch die kurze Formulierung in der Experimentiervorschrift zügig vergleichen. Nach dem Ergebnis bildet der Merksatz mit den wichtigsten Erkenntnissen des Experiments einen gelungenen Abschluss. Sehr wichtig ist der anschließende separate Punkt des Aufräumens. Obwohl die Sprache durchgehend einfach gehalten ist, kann es teilweise trotzdem schwierig sein, alles nachzuvollziehen. Auch wenn die Schüler nicht immer alle Wörter verstehen, haben sie die Begriffe zumindest gehört und können sich mit Erklärungen möglicherweise einen Teil der Bezeichnungen neu merken, zum Beispiel Chemikalien oder Phänomen. Dies dient der Begriffsbildung. Für Schüler, die zwar einzelne Sätze schon gut lesen können, aber bei längeren Texten noch Probleme haben, ist die Unterstützung mittels des Vorlesestifts eine gute Idee. So können sich die Schüler die Einleitung und das Ergebnis bei Bedarf anhören. Alle Experimente sind ausgesprochen spannend, machen Spaß und wecken eine Grundneugier. Durch den Alltagsbezug schaffen sie eine hohe Anschaulichkeit. Die Schüler haben nach der Vermutung der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte viel Spaß, aber auch Freude und Interesse können schon ein Ziel des Experimentierens sein. Das Interesse und der Spaß zeigen sich auch in der anschließenden Durchführung durch die Schüler. Kritik und Verbesserungsvorschläge der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte sind in Tabelle 32 aufgelistet.

Tabelle 32: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den Experimenten in Vereinfachter Sprache in Mesozyklus 2

Kritik und Verbesserungsvorschläge
sehbehindertenspezifische Anmerkungen: <ul style="list-style-type: none"> - Kopf- und Fußzeile entfernen oder auf das Nötigste reduzieren. → Kopf- und Fußzeile werden entfernt. - Jede Phase (Deckblatt, Einleitung, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz, Aufräumen) auf eine eigene Seite, da dies den sehbehinderten Schülern eine bessere Strukturierung und Orientierung gibt. - Text, Zeilenabstand und Bilder sind zu klein. → Durch die Ausweitung auf mehrere Seiten wird alles automatisch größer. - Text und Bilder besser untereinander statt nebeneinander darstellen. Besonders ungeeignet ist es, das Bild rechts neben den Text zu setzen. - Text nicht kursiv schreiben (siehe Regeln Leichter Sprache). - Wie von dem Netzwerk Leichte Sprache (2013) vorgeschlagen, ist die Schriftart Arial gewählt, welche die Lehrkräfte für die Schüler mit den Förderschwerpunkten Sehen, Lernen und geistige Entwicklung als ungeeignet empfinden. Daher werden zusätzlich zwei weitere Schriftarten getestet: Fibel Nord (Experimentieranleitung) und Druckschrift By Wok (Experimentieranleitung). Beide Schriftarten sind frei verfügbar, verwenden die „einfache“ Form von dem kleinen „a“ und verfügen über keine Serifen. Die nichttypografische Form (typografisch: a vs. nichttypografisch: α) wird besonders bei der Erstleseschrift

<p>gewählt (Bredel & Maaß, 2016a). Da die Schriftart Druckschrift By Wok ein deutlich klareres Schriftbild zeigt, wird diese Schriftart für die Experimentiervorschriften festgelegt.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Experimentieranleitungen als zusätzliche Vergrößerung auf A3-Format abdrucken. - Das Wasser ggf. einfärben oder mit einem Hintergrund arbeiten, da das Wasser je nach Experiment sonst schlecht sichtbar ist. <p>Im Sinne des Universal Design sind alle Aspekte, die einer bestimmten Personengruppe einen erleichterten Zugang bringen, hier sind es sehbehindertenspezifische Aspekte, auch für alle anderen Schüler gut geeignet (Wember & Melle, 2018).</p>
<p>Deckblatt:</p> <p>Die Zeitangabe ist für die Schüler irrelevant, weil die Zeitspanne besonders im Förderschulbereich stark variieren kann. → Das neue Deckblatt bekommt eine eigene Seite mit Titel, Titelbild und oben rechts in der Ecke dem Zeichen der Vorschrift in Vereinfachter Sprache sowie etwas kleiner dem Zeichen für das SDG. Diese Überarbeitung ist auf die relevanten Aspekte reduziert und wird von den Lehrkräften als sehr sinnvoll angesehen. Durch das große Zeichen für die Vereinfachte Sprache können die Schüler die Version der Experimentiervorschrift gut erkennen und es besteht die Möglichkeit, dass sie sich im Unterricht eigenständig ihre Mappen holen können.</p>
<p>Einleitung:</p> <p>Je nach Schülerschaft muss die Einleitung zu Beginn gemeinsam besprochen werden, da sie für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung teilweise recht viele Informationen enthält, welche die Schüler ohne Hilfe nicht alleine aufnehmen können.</p>
<p>Materialien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ist die Unterteilung in Geräte und Chemikalien nötig? Die Meinung ist bei der Frage zwiespalten: <ul style="list-style-type: none"> • Für Schüler sind es eher Alltagsgegenstände. Ein Übertrag könnte schwerfallen, da viele jüngere Schüler unter dem Begriff „Geräte“ Küchengeräte oder einen Rasenmäher verstehen. • Auch wenn es für die Schüler schwierig ist, den Begriff Chemikalien zu verstehen, sollen die Schüler den Begriff kennenlernen. Die Unterteilung in Geräte und Chemikalien und die Erlernung der Begriffe dient der Begriffsbildung und die Schüler können sich „Groß“ fühlen. • Falls die Begriffe im Unterricht angewendet werden, bedarf es vorab einer Besprechung. Vielleicht ist es möglich, die Begriffe noch mit Symbolen zu begleiten. - Die Geräte und Chemikalien visuell besser voneinander abgrenzen. → Zunächst wird eine Trennlinie eingefügt, die für eine Abgrenzung zu schwach ist. Anschließend werden die Geräte und Chemikalien jeweils in einen Kasten gesetzt, wodurch eine eindeutige Unterscheidung möglich ist. - Die Materialien visualisieren, da einige Schüler noch nicht mit den Materialien gearbeitet haben. Dies ist möglich durch Hilfskarten, durch eine Kartei oder, wie derzeit vorgesehen, durch Bereitstellung der benötigten Materialien in einer Box. Die Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen können durch die Bereitstellung der Materialien in der Experimentierbox auch die Materialien, die ihnen vorab unbekannt waren, durch Überprüfung aller Materialien zuordnen. - Gemeinsam klären, dass das Wasser nicht mit in der Experimentierkiste liegt, sondern bei dem entsprechenden Schritt am Wasserhahn geholt wird. Sollte in der Klasse kein Wasserhahn zur Verfügung sein, muss sich das Wasser in der Experimentierkiste befinden.
<p>Durchführung:</p> <p>Geräte und Anweisungen können überfordern. Es wird bei den Schülern individuelle Unterschiede geben, auf die im Unterricht eingegangen werden muss.</p>
<p>Beobachtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Was konntest du beobachten?“ reicht als Auftrag. Es ist nicht nötig, zusätzlich „Denk alleine oder in der Gruppe darüber nach.“ zu formulieren. Am besten sollte die Anweisung so kurz wie möglich formuliert sein. - Den Verweis, dass sich die Lösung auf der nächsten Seite befindet, beibehalten. Auch wenn die Schüler es nach mehreren Durchläufen wissen, können sie durch die Information auch bei den ersten Durchführungen schon möglichst eigenständig arbeiten.
<p>Merksatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Merksatz ist eine sehr gute Zusammenfassung. Um dies noch deutlicher hervorzuheben, bietet sich zusätzlich zu dem roten Rahmen eine größere Schrift an. - In jedem Fall muss der Merksatz vor dem Aufräumen stehen, da die Schüler sich während des Aufräumens gedanklich schon von dem Experiment abwenden. Nach dem Aufräumen kann der Merksatz weggelassen werden.
<p>Aufräumen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Aufräumsschritte vom Rest absetzen oder auf eine eigene Seite schreiben. - Verb bei den einzelnen Schritten des Aufräumens ergänzen: „Wasser in den Ausguss `schütten““, vorher war kein Verb verzeichnet. - Reihenfolge der Aufräumsschritte: Weiteres (zum Beispiel etwas zurück in die Dose geben), „... in den Ausguss schütten.“, „... in den Mülleimer werfen.“, „Alles abwaschen und wegräumen.“ - In der Stunde sollte thematisiert werden, in welchen Mülleimer der Abfall entsorgt wird. Da es an verschiedenen Orten unterschiedliche Mülleimerfarben gibt, sind die Mülleimer in der Vorschrift bewusst in weiß dargestellt, sie könnten von der Lehrkraft bei Bedarf allerdings farblich angemalt werden.
<p>Weiteres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Teilweise sind die Experimente, besonders die Ergebnisse, recht textlastig. Werden die Experimente gemeinsam in der Klasse besprochen, ist es in Ordnung.

- Es wird die Vermutung geäußert, dass zu Beginn eine enge Begleitung beim gesamten Experimentieren notwendig ist.
- Eine Wiederholung der Experimente ist mindestens einmal nötig, damit die Schüler die Zusammenhänge begreifen.

Das überarbeitete Layout wurde den Lehrkräften nach den Interviews zu den SDG6- und SDG14-Experimenten erneut vorgelegt und erst nach deren Zustimmung zu dem neuen Layout mit den Schülern weiter getestet. Auch die Experimente zu SDG15 konnten so direkt in dem korrigierten Layout angefertigt werden. Jede Phase hat nun eine eigene Seite. Für eine nachhaltige Nutzung werden die Seiten nach Ablauf der Mesozyklen 1 bis 5 einlaminiert. Die Seiten sind einseitig bedruckt, da die Experimentieranleitungen in ein Flipchart abgeheftet werden und die Schüler die Seiten so nach und nach durchblättern können. Bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen zeigt sich, dass das Umblättern der Vorschrift im Tisch-Flipchart gut geeignet ist und sicher gelingt (siehe Abbildung 30). Die Schüler selbst äußern keine Kritik oder Verbesserungsvorschläge zu dem allgemeinen Layout der Experimentiervorschrift. Wie von den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften vermutet, sind einige Materialien, wie beispielsweise das Becherglas, bei den Schülern nicht bekannt. Da die Schüler für das Experiment eine Kiste mit allen benötigten Materialien erhalten, können sie diese durch Überprüfung zuordnen. Trotzdem kommt eine leichte Verunsicherung auf und die Schüler wollen sich rückversichern. Das Wasser ist als einziges Material nicht in der Kiste enthalten, sondern wird bei Bedarf aus dem Wasserhahn geholt. Einige Schüler kommen selbst auf die Idee, während andere einen Tipp erhalten. Sowohl bei der Materialienliste als auch bei der Durchführung hakt ein Teil der Schüler ab, andere benötigen diese Unterstützung nicht. Die Zusatzmaterialien bei der Durchführung, beispielsweise die Unterlage, erweisen sich als gutes Hilfsangebot (siehe Kapitel 6.3.3). Bei der anschließenden Beobachtung brauchen die Schüler beim ersten Mal teilweise eine Aufforderung, um das richtige Beobachtungsbild auszuwählen. Allgemein zeigt sich, dass einige Schüler bei der ersten Durchführung noch etwas unsicher sind. Sie fragen häufig nach und erkundigen sich, ob sie alles richtig machen. Die Zustimmungen sichern sie ab und lassen sie mit der Zeit eigenständiger arbeiten. Besonders der Forscherauftrag führt bei einigen Schülern zur Verunsicherung, was zeigt, dass diese Form der Anleitung für die Schüler schwieriger ist. Teilweise fühlen sich einige Schüler überfordert und brauchen viel Ermunterung. Die Schüler, die bereits des Öfteren experimentiert haben, trauen sich mehr an den freien Auftrag. Bei mehr als einer Forscherfrage wird die zweite Frage häufig übersehen. Die Schüler müssen durch ein erneutes Lesen erinnert werden. Steht jede Frage zu Beginn einer neuen Zeile, fällt der Überblick über die beiden Fragen leichter. Wichtig ist, die Schüler am Ende aufzuklären, dass die vorgeschlagenen Schritte zur Überprüfung des eigenen Vorgehens von ihrem Vorgehen abweichen können, sie das Experiment aber trotzdem richtig durchgeführt haben. Viele Schüler erzählen im Anschluss an das Experiment ihren Mitschülern davon und können dabei

den Kontext und das Ergebnis meist gut erklären. Besonders viel Interesse und Motivation zeigen die Schüler bei den Forscheraufträgen.



Abbildung 30: Schüler liest die Experimentiervorschrift auf dem Tisch-Flipchart

Ergebnisse der SDG6-Experimente

Bei der Durchführung des Experiments *Boden als Schadstofffilter* ist die Unterlage als Hilfsmittel eine gute Unterstützung, um den Überblick zu behalten. Die Schüler können nach der Dynamik von links nach rechts das Wasser erst ohne und dann mit Spülmittel auf die Unterlage stellen (siehe Ergebnisse aus Mesozyklus 4). Das Experiment ist anschaulich, die Beobachtung ist deutlich zu erkennen und es macht sehr viel Spaß. Auch bei dem Experiment *Naturfilter* ist die Unterlage ein gutes Hilfsmittel zur Strukturierung. Es werden viele bekannte Materialien verwendet. An der Stelle der Materialienüberprüfung ist es noch nicht nötig zu wissen, dass die Plastikbecher mit Löchern versehen sind. Die Schüler gelangen bei der Durchführung automatisch zu der Erkenntnis und finden es in der Situation, in der die Löcher wirklich relevant sind, spannend zu erfahren. Abwechslungsreich ist, dass die Schüler das verschmutzte Wasser mehrmals durch die Schichten oder auch durch alle einzelnen Schichten laufen lassen können. Jedes Mal kommt ein neuer „AHA-Effekt“ dazu, denn der schmutzige Boden kann mit seinen verschiedenen Schichten das verschmutzte Wasser säubern. Das Experiment ist selbstständig durchführbar und sehr anschaulich. Eine Schülerin findet es interessant und spannend zu sehen, wie es unter der Erde ist, denn wir leben nicht unter der Erde. Der Forscherauftrag *Rätsel ums Klärwerk* ist anschaulich und macht viel Spaß. Thematisch ist das Klärwerk ist sehr nah an den Schülern, besonders durch den Alltagsbezug

des Badezimmers. Die Materialien des Experiments *Wettlauf ums Trinkwasser* sind ansprechend und anschaulich. Durch das Öffnen des Brunnens können die Schüler auch in das „Innere“ des Brunnens schauen und beobachten, wie der Wasserstand beim Pumpen immer weiter sinkt. Es bietet sich an, das Wasser bei diesem Experiment einzufärben, da die Wasserstände so deutlich sichtbarer sind. Am Ende lässt sich durch die eindeutige Beobachtung die richtige Schlussfolgerung ziehen. Alle Experimente haben gemeinsam, dass die Schüler ein großes Interesse zeigen und viel Spaß haben. Bei einigen Experimenten sind ihnen einzelne Materialien unbekannt. Kritikpunkte zu den einzelnen Experimenten sind in Tabelle 33 dargestellt. Anmerkungen, wie das Trennen von zu langen Sätzen, sind nicht mit aufgeführt.

Tabelle 33: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3

Kritik und Verbesserungsvorschläge
Boden als Schadstofffilter
Einleitung: <ul style="list-style-type: none"> - Beispiel für „Stoffe“ nennen, da mit Stoff etwas anderes gemeint ist als ein T-Shirt. - Phänomen ist ein schwieriges Wort, kann als Begriffsbildung aber beibehalten werden, wenn der Begriff im Unterricht erklärt wird.
Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> - Über den Schritt, die Flaschenköpfe verkehrt herum in die Flaschenköpfe zu stellen, müssen die Schüler kurz nachdenken, kommen aber selbst auf die richtige Lösung.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Waschmittelabwasser, Grundwasser, Phänomen, Filtern (Tipp: „binden“ in Einleitung)
Als Hinführung auf den Begriff „Filtern“ und die Filterfähigkeit des Bodens vorab das Experiment Naturfilter durchführen.
Naturfilter
Einleitung: <ul style="list-style-type: none"> - Jede Schicht in einem eigenen Satz vorstellen und den Begriff unterstreichen. - Nicht alle Schüler wissen, was Kies und Lehm sind. Eventuell an dieser Stelle besprechen oder bei den Materialien betrachten.
Materialien: Unterschied zwischen Bechergläsern und Plastikbechern ist nicht ganz klar, da die Bechergläser ebenfalls aus Plastik und nicht aus Glas bestehen.
Durchführung: <ul style="list-style-type: none"> - Die Zuordnung der befüllten Plastikbecher zu dem Material ist nach dem Befüllen teilweise schwierig. Eventuell ein Hilfsmittel bereitstellen. - Die Reihenfolge der Schichten ist bei der Durchführung nicht mehr im Gedächtnis. Daher sollte an der Stelle, an der die Schichten gestapelt werden sollen, noch einmal ihre Reihenfolge aufgezählt werden. - Als Zusatzschritt die Möglichkeit anbieten, das verschmutzte Wasser durch die einzelnen Schichten laufen zu lassen. Bei der Durchführung mit den Schülern zeigt sich, dass die Anleitung mit dem Zusatzschritt eine eigene Seite benötigt und visuell dargestellt werden muss, da sonst unklar ist, was genau gemeint ist. → Die Schüler erhalten auf einer separaten Seite den Zusatzschritt dargestellt und darunter eine Abbildung mit den vier Plastikbechern, die nebeneinander in jeweils einem Becherglas stehen. Diese Abbildung lässt sich hochklappen, um die Beobachtung nachzulesen. Mit dieser Änderung ist der Zusatzschritt für die Schüler viel verständlicher.
Beobachtung: Zum direkten Vergleich kann etwas verschmutztes Wasser in ein Becherglas gegeben werden und mit dem Wasser, das durch die Schichten gelaufen ist, verglichen werden. Alternativ wird das gesäuberte Wasser direkt mit der Flasche verglichen. Diese Entscheidung kann je nach Schülergruppe unterschiedlich ausfallen.
Ergebnis: <ul style="list-style-type: none"> - Auch wenn die Anleitung zu einem eigenen Filterbau zu Hause sehr schön ist, ist es für das Experiment zu umfassend. Alternativ kann ein eigenes Aufgabenblatt für zu Hause angefertigt werden. - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Filtern, Krankheitserreger
Rätsel ums Klärwerk
Deckblatt: „Rechen`im Klärwerk“ bei der Bildbeschreibung ergänzen.

<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Im Arbeitsauftrag deutlich formulieren, was zu tun ist, indem die beiden Fragen, die beantwortet werden sollen, in einzelnen Zeilen stehen. - Vergleich der Fließgeschwindigkeit von Wasser zu den Rohren ziehen, durch die unser Wasser abläuft. Sonst schütten die Schüler häufig sehr vorsichtig, wodurch die Reste im Becherglas verbleiben und nur das Wasser durch das Sieb fließt.
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Genau thematisieren, wo das gesäuberte Wasser anschließend hinfließt. - „Groß“ statt „grob und sperrig“ verwenden. - Beispiel nennen, was größer und kleiner Schmutz ist. - Noch einmal den Vergleich zwischen dem Sieb und dem Gitter (Rechen) herstellen (mündlich).
<p>Merke dir:</p> <p>Warum nur Toilettenpapier in die Toilette werfen? In einem Langzeitexperiment kann der Unterschied von Toilettenpapier und beispielsweise Feuchttüchern in Wasser gezeigt werden, wodurch sich die Frage beantworten lässt.</p>
<p>Wettlauf ums Trinkwasser</p>
<p>Einleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Einige Begriffe tauschen, die einfacher auszudrücken sind, zum Beispiel „Länder“ statt „Regionen“, „Fabrik“ statt „Lebensmittelkonzern“, „Einwohner“ statt „Bevölkerung“. - Am Ende der Einleitung erklären, was das Austrocknen von Brunnen bedeutet. - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Entwicklungsländer, Grundwasserspiegel
<p>Beobachtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „ständiges“ statt „durchgehendes“ Pumpen - „Wasserstand“ statt „Wasserpegel“
<p>Durchführung:</p> <p>Handhabung der Pipette ist nicht bekannt und das häufige Pumpen ist anstrengend.</p>
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sehr politisch - Da Mengenverhältnisse schwierig sind, besser „großer“ statt „tausendfacher“ Gewinn. - Im Gespräch den Fokus darauf legen, weshalb die Menschen nicht mehr an das Wasser kommen. - „Fabrik“ statt „Großkonzern“ verwenden, ein Grund dafür ist, dass immer der gleiche Begriff für eine Sache verwendet werden sollte. - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Privatisierung, PET-Flaschen

Prinzipiell stellen die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte fest, dass sie die SDG6-Experimente im Gesamten einfacher finden, als die SDG14-Experimente. Daher sollte zuerst das SDG6 im Unterricht behandelt werden.

Ergebnisse der SDG14-Experimente

Das Experiment *Blub, blub* stellt einen guten Bezug zum Klima dar. Durch den Titel wird die Verbindung zu den auf dem Titelbild gezeigten Blasen direkt deutlich. Einen engen Alltagsbezug zeigt das Experiment *Feind der Tiere*. Die Schüler kennen Plastik, haben sich aber noch nie Gedanken darüber gemacht, dass es verschiedene Plastikarten gibt. Auch wenn die Auswahl der verschiedenen Plastikarten in unterschiedlichen Farben eine gute Visualisierung ist, sollte klargestellt werden, dass die Plastikarten sich nicht aufgrund der Farbe unterscheiden, sondern die Farbzusammenordnungen nur in diesem Fall zur eindeutigen Unterscheidung gewählt sind. Die Unterlage gibt eine weitere Visualisierungs- und Strukturierungshilfe. Ebenso wie bei *Feind der Tiere* geht es bei dem Experiment *Ölkatastrophe*, um die Verschmutzung der Meere. Mit dem Öl werden mehrere Sinne angesprochen, da es im Wasser sowohl gefühlt als auch gesehen werden kann. Durch eine schwarze Färbung des Öls wird dieses deutlich sichtbar im Wasser. Die Schüler finden es

spannend, bei dem Forscherauftrag sich selbst den Ablauf der Durchführung zu überlegen und auszuprobieren. Egal wie versucht wird, das Öl zu entfernen, es ist nicht möglich, es komplett aus dem Wasser zu trennen. Diese Beobachtung zeigt deutlich, dass es vermieden werden sollte, Öl in das Meer zu schütten. Denn es ist kaum möglich, das Öl anschließend wieder aus dem Wasser zu trennen. Die Schüler finden es erschreckend, dass das Öl sehr schlecht aus dem Wasser zu entfernen ist, und Tiere dadurch leiden oder sogar sterben. Es gibt also nicht immer für alles eine Lösung. Bei dem Experiment *Von Eierschalen und Korallenriffen* ist das Beispiel des Wasserhahns für die Ablagerung von Kalk ein sehr treffendes Anschauungsobjekt. Zusätzlich dazu könnte auch noch ein Wasserkocher gemeinsam betrachtet werden. Auch bei diesem Experiment wird die Unterlage als sehr hilfreich empfunden, besonders durch den dunklen Kontrast zu der weißen Eierschale. Für die Beobachtung wird zusätzlich ein Bildschirmlesegerät bereitgehalten, um die Blasen an der Eierschale in der Vergrößerung sehen zu können, dieses Angebot wird je nach Seheinschränkung genutzt. Eine Schülerin äußert die Idee, dass das Experiment sehr schön zu Hause wiederholbar ist. Insgesamt finden die Schüler die Experimente sehr interessant und spannend. Verbesserungsvorschläge und Kritik finden sich in Tabelle 34.

Tabelle 34: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3

Kritik und Verbesserungsvorschläge
Blub, blub
<p>Einleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): fossile Brennstoffe, Klimagas, fossile Brennstoffe, CO₂
<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Messzylinder „auf den Kopf stellen“ statt „verkehrt herum“, sonst werden die Messzylinder seitlich gelegt. - Die Schüler brauchen beim Befüllen der Plastikkiste, dem Transport an den Tisch und dem Befüllen und Umdrehen der Messzylinder ggf. motorische Unterstützung. - Es ist sinnvoll, dass der blaue Punkt für kaltes und der rote Punkt für warmes Wasser steht. Beim schnellen Befüllen der Plastikkisten kann es sein, dass den Schülern die Punkte erst später auffallen. - Den Arbeitsauftrag von der restlichen Durchführung absetzen und für alle Experimentiervorschriften übernehmen.
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Allgemein den Begriff „Ozean“ wählen und nicht bestimmte Ozeane aufzählen, das sind sonst zu viele unbekannte Begriffe. - Das Ergebnis am Ende noch einmal gemeinsam besprechen, da leicht das Missverständnis aufkommt, dass das warme Wasser durch das stärkere Sinken, auch mehr Kohlenstoffdioxid aufnehmen kann. - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Volumen, chemische Reaktion, gesättigt
<p>Merksatz:</p> <p>Im Merksatz ergänzen, wie gut warmes und kaltes Wasser CO₂ aufnimmt.</p>
<p>Insgesamt ist das Experiment ziemlich komplex.</p>
Feind der Tiere
<p>Einleitung:</p> <p>Die Begriffe „schwimmen“ und „sinken“ verwenden, da auch im Unterricht diese beiden Begriffe verwendet werden.</p>
<p>Material:</p> <p>Gemeinsam besprechen, was alles in dem Sandgemisch zu finden ist, und wofür die verschiedenen Plastikfarben stehen.</p>
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Immer einheitlich das Wort „Meereslebewesen“ verwenden. - Die Aussage, dass die Tiere an den Folgen des Plastiks im Meer sterben, ist ausreichend, eine Begründung in Textform ist zu umfangreich. - Beim Lesen der Langformen PP, PS und PET benötigen die Schüler Hilfe.

<ul style="list-style-type: none"> - Der Begriff „PET“ ist manchen Schülern schon bekannt, anderen ist er neu. - Der Begriff „Dichte“ ist den Schülern in diesem Fall schon bekannt, da sie das Thema schon im Unterricht hatten, anderen Schülern muss der Begriff ggf. erklärt werden.
<p>Merksatz: Die Auswirkung von Plastik in den Meeren ergänzen.</p>
<p>Ök Katastrophe</p>
<p>Deckblatt: „Ölteppich“ als Bildbeschriftung einfügen.</p>
<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Genaue Anzahl an Löffeln angeben, die Aussage 3-4 Löffel ist schwierig. - Bei der Auflistung der verschiedenen Gegenstände in der möglichen Durchführung eine Nummerierung vornehmen. - Arbeitsauftrag: Frage absetzen. - Die Schüler darauf hinweisen, dass das Wasser in dem Gefäß für das Meer steht. Sie versuchen sonst, das Wasser umzuschütten oder das Öl mit Spülmittel aus dem Wasser zu entfernen.
<p>Beobachtung: Einheitlich den Begriff Öl und Wasser „trennen“ verwenden.</p>
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „bis ans Land gespült“ statt „Küste“ - Nur relevante Punkte benennen, zum Beispiel ist es für die Schüler zu komplex, dass in Folge der Ölverschmutzung weniger Urlauber an den Strand kommen.
<p>Aufräumen: Mit den Schülern thematisieren, dass so wenig Öl wie möglich weggeschüttet werden soll, das gilt auch beim Kochen. Daher sollte auch das Öl nach dem Experimentieren entweder in ganz geringen Mengen in den Ausguss geschüttet werden oder die Schüler sammeln das Öl und es wird entsprechend zur Entsorgung vorbereitet.</p>
<p>Von Eierschalen und Korallenriffen</p>
<p>Einleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der Begriff „Korallenriff“ ist eventuell nicht bekannt und kann durch das Titelbild verdeutlicht werden. - Die Begriffe „sauer“ und „Versauerung“ an einem Beispiel erklären. - Zusätzliche Anschauungsobjekte im Klassengespräch sammeln.
<p>Material: Was ist Essigessenz? Im Klassengespräch klären und wenn möglich, die Sinne riechen und schmecken einbauen.</p>
<p>Durchführung: Im Unterricht einplanen, die Eierschale länger stehen zu lassen, um beobachten zu können, ob sich die Eierschale wirklich auflöst. Die Schüler sind sehr neugierig darauf.</p>
<p>Beobachtung: Auf der Außenseite der Eierschale sind die Blasen deutlich besser zu erkennen, daher einen Holzstab bereithalten, um die Eierschalen drehen zu können.</p>
<p>Ergebnis: „Sterben“ statt „gehen ein“ ist für Schüler bekannter.</p>

Ergebnisse der SDG15-Experimente

Der Verbesserungsvorschlag von SDG14, dass zwischen der Durchführung und dem Beobachtungsauftrag bzw. der Frage ein Absatz steht, wird als sehr positiv aufgenommen. Die Vorlage des Baums wird als sinnvolles Hilfsmittel in dem Experiment *Durstige Bäume* erachtet. Das Experiment wird weiter durch das Puzzle unterstützt. Zum einen überbrücken die Schüler die Zeit, bis sie eine Beobachtung sehen können, zum anderen kann das Puzzle zur Visualisierung des Ergebnisses herangezogen werden. Der im Ergebnis des Experiments *Geheimnisvolle Blätter* verwendete Fachbegriff „Wachskristalle“ kann durch ein Bild (Einleitungszeichnung von den anderen beiden Varianten der Experimentiervorschriften) visualisiert werden. Weiter lässt sich der Begriff durch einen Vergleich mit Noppen, wie bei einem Igelball oder einer rutschfesten Badunterlage, erklären. Bei dem Experiment *Hochwassergefahr* ist die Beobachtung sehr deutlich wahrnehmbar und erhält durch die Unterlage eine sichtbare Strukturierung. Für die Schüler ist der Transfer spannend, in welchen Bereichen es noch zu Hochwasser kommt. Die Begriffe „Sauerstoff“ und „Kohlenstoffdioxid“,

die in dem vorherigen SDG schon einmal gemeinsam besprochen werden konnten, werden bei dem Experiment *Wie Regenwürmer atmen* aufgegriffen. Am Ende ist ein Transfer zu der Frage möglich, warum der Regenwurm bei Regen an die Erdoberfläche kommt. Alle Experimente sind logisch aufgebaut und interessant. Es gibt deutlich weniger Kritikpunkte, da viele bei den vorherigen beiden Themen schon genannten Aspekte, bereits vor den Interviews und dem Lauten Denken in die Vorschriften eingearbeitet wurden. Tabelle 35 listet die Kritikpunkte und Verbesserungsvorschläge auf.


Tabelle 35: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3

Kritik und Verbesserungsvorschläge
Durstige Bäume
<p>Einleitung: Die Beispiele, wie wir trinken, sind sehr gut ausgewählt. Allerdings sollte zuerst die einfache Form des Bechers und im Anschluss die Möglichkeit des Strohhalms benannt werden.</p>
<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Male „nur“ den Baumstamm an, damit mehr fokussiert wird, dass wirklich nur der Stamm angemalt wird. - Das Anmalen des Kaffeefilters dauert verhältnismäßig lange. Dadurch können sich die Zahnstocher in dieser Zeit schon gut mit Wasser vollsaugen. - Beim Einklemmen des Kaffeefilters zwischen die Zahnstocher wird teilweise die Hilfe einer weiteren Person benötigt. - Das Puzzle ist schwierig, da mehrere Teile aneinanderpassen, die gar nicht zusammengehören. Daher die Bildvorlage als Hilfestellung bereithalten.
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Den Begriff „verdunsten“ erklären, vielleicht durch ein Langzeitexperiment. - Einen Satz zur Verbindung von Kanälen und Kapillaren ergänzen. - Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Verdunsten, Sog, Kapillareffekt (schon im Text genannt, Verweis ist ausreichend) - Zahnstocher und deren Lücken zur besseren Vorstellung der Kanäle betrachten.
Geheimnisvolle Blätter
<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auch wenn die Bezeichnung „Blatt von einem Baum oder Kohl“ nicht gut formuliert klingt, wird sie bevorzugt, da sich zusammengesetzte Wörter schwieriger lesen lassen. - Für die Schüler ist es sehr interessant, die benötigten Materialien selbst zu sammeln.
<p>Durchführung:</p> <p>Die Schüler haben vielfältige Ideen der Durchführung, zum Beispiel große oder kleine Mengen der Materialien verwenden, Regen durch viel oder wenig Wasser simulieren.</p>
<p>Ergebnis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kristalle sind schwierig vorstellbar, ein Beispielbild ist ausreichend. Mögliche Ideen zur weiteren Verbildlichung: <ul style="list-style-type: none"> • Einen Gegenstand zeigen, der sichtbare Noppen hat, und das Phänomen erklären. • Eine Oberfläche als Vergleich heranziehen, bei der es nicht klappt. Dies kann allerdings zu umfangreich für das Experiment werden. - Verknüpfung zu den verwendeten Materialien ziehen, zum Beispiel Watte für Spinnennetze oder Honig für Blütenstaub.
Hochwassergefahr
<p>Einleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nominalisierung vermeiden: „Weil die Bauern häufig über den Boden fahren...“ statt „Durch das häufige Fahren über den Boden, ...“ - Im ersten Satz „Erboden“ statt „Boden“ verwenden, damit gleich deutlich ist, „dass es sich nicht um den Fußboden handelt. Danach reicht der Begriff Boden.“
<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unterlage ist hilfreich, wird allerdings nicht von allen Schülern benötigt. - Die Information, dass der Kies dafür sorgt, dass die Löcher nicht verstopfen, ist für die Schüler irrelevant. - Erst wird die Flasche geholt und dann wird in der Flasche die Erde festgedrückt. Diese Reihenfolge sollte auch im Text so formuliert sein. - Mit den Schülern testen, ob das Festdrücken der Erde mit dem Löffel zu motorischen Schwierigkeiten führt. Die Schüler zeigen keine Probleme. - Je nach motorischen Fähigkeiten brauchen die Schüler beim gleichzeitigen Schütten des Wassers über die Flaschenköpfe Hilfe. Eine Möglichkeit ist, dass die Schüler sich jeweils gegenseitig helfen.

<p>Beobachtung: Eine Negierung, wie „nicht festgedrückter“ Boden ist schwieriger zu verstehen als „locker“. Andererseits ist durch die Begriffe „festgedrückt“ und „nicht festgedrückt“ der Gegensatz direkt deutlich. → Beide Begriffe verwenden.</p>
<p>Ergebnis: - Ein Verbindungssatz zwischen dem Experiment und dem Übertrag in den Kontext einfügen. - Thematisieren, dass es verschiedene Möglichkeiten für die Entstehung von Hochwasser gibt.</p>
<p>Wie Regenwürmer atmen</p>
<p>Einleitung: Mit den Schülern ausprobieren, ob sie den Vergleich des Regenwurms unter der Erde und des Tauchers im Wasser verstehen. Für die Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen ist der Zusammenhang logisch.</p>
<p>Durchführung: Die Schüler schütten die Erde ohne die Nutzung des Löffels um. Dieser ist als Material aufgeführt, muss an dieser Stelle aber nicht genutzt werden.</p>
<p>Beobachtung: Wenn das Wasser frisch abgekocht ist, sind die Blasen deutlich besser zu erkennen.</p>
<p>Ergebnis: Den Begriff „Hohlraum“ gut erklären, beispielsweise durch einen Vergleich zu den Tunneln, durch welche die Schüler häufig im Sportunterricht kriechen.</p>
<p>Vielleicht ist es möglich, einen Regenwurm als Anschauungsobjekt mit in den Unterricht zu bringen.</p>

Ergebnisse aller Experimente

Am Ende der beiden Mesozyklen sind alle Experimente entsprechend der Analysen überarbeitet worden. Abbildung 31 zeigt eine Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache am Beispiel *Feind der Tiere* zum Ende von Mesozyklus 3.



1. Darum geht es:

Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung, wie Netze, verlieren. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll liegen. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile zum Beispiel aus Duschgels oder Kleidung sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein, dass wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, es gibt unterschiedlichen Plastikmüll. Ein Joghurtbecher wird zum Beispiel aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche. Richtig nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder sinkt.


2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte	Chemikalien
2 x Becherglas	Sandgemisch
3 x Löffel	Salz
1 x Sieb	Wasser

3. So führst du das Experiment durch:

- Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel des Sandgemischs.
- Fülle beide Bechergläser bis zur Markierung mit Wasser.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Gib in ein Becherglas einen Löffel Salz.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Warte kurz.
- Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?


? Was konntest du beobachten ?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

4. Das kannst du beobachten:



Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik oben. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik oben.

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet. In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet. In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden liegen. Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meereslebewesen mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Daran können die Tiere sterben.

Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Es gibt unterschiedliche Plastikarten. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

6. Aufräumen:

Wasser über ein Sieb in den Ausguss schütten. Sand und Plastik in den Müllimer werfen. Alles abwaschen und wegräumen.

Abbildung 31: Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache am Beispiel „Feind der Tiere“ am Ende von Mesozyklus 3

Reflexion

Die Interviews mussten anders als geplant teilweise als Telefoninterviews stattfinden. Die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte machten nicht den Anschein, als hätten sie durch das weniger persönliche Gespräch Schwierigkeiten, ihre Meinung zu äußern. Aufgrund dieser Form des Interviews konnten auch die Experimente nicht parallel durchgeführt werden. Da die Experimente im Rahmen des DBR-Ansatzes immer weiterentwickelt und evaluiert werden, ist es kein Problem, die Durchführung durch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte zu einem späteren Zeitpunkt nachzuholen. Aus diesem Grund führen die Lehrkräfte die Experimente während ihrer Begutachtung der Experimentiervorschriften in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf in Mesozyklus 4 durch. Die Interviews haben gezeigt, dass besonders die Interviews im Team sehr gewinnbringend sind. Dadurch haben sich die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte gegenseitig Denkanstöße gegeben und sind gemeinsam in die Diskussion eingestiegen. So konnten direkt verschiedene Argumente gegeneinander abgewogen werden, aus denen die Lehrkräfte selbst das stärkste Argument benennen konnten. Es wurden so viele Interviews durchgeführt, bis die Stichprobe als gesättigt angesehen werden konnte. Eine Stichprobe gilt als theoretisch gesättigt, wenn sich keine neuen Hinweise auf Faktoren mehr ergeben. Demzufolge wird die Stichprobenziehung beendet (Glaser & Strauss, 1967; Schreier, 2013). Zudem sind nach ersten Überarbeitungen des gesamten Layouts die gleichen Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte erneut gebeten worden, sich eine Experimentiervorschrift exemplarisch anzusehen, um eine kommunikative Validierung vorzunehmen (Mayring, 2016). Aus der Erkenntnis, dass sich durch die Interviews in Teams eine gute Diskussionsbasis ergibt, werden die Interviews in Mesozyklus 4 ebenfalls in Teams geführt.

Bei der Methode Lautes Denken zeigen die Schüler große Schwierigkeiten. Sie geben nach einer gemeinsamen Besprechung zwar an, dass sie den Grundgedanken verstanden haben, trotzdem fällt es ihnen größtenteils sehr schwer, ihre Gedanken laut zu formulieren. Sie müssen immer wieder daran erinnert werden, laut zu sprechen. Da die Schüler häufig trotzdem nur die Texte laut lesen und dann wieder schweigen, stellt die Verfasserin zwischendurch Fragen, wenn aus der Beobachtung ein Problem vermutet wird. Zunächst wurden die Experimente zu SDG6 ausprobiert. Auch wenn schon bei der ersten oder zweiten Durchführung keine Änderungen mehr herausgearbeitet werden konnten, wurde das Experiment erneut wiederholt um zu prüfen, ob es sich um einen Zufall handelt und ein anderer Schüler noch Anmerkungen hat oder ob keine weiteren Faktoren mehr eingebracht werden. Da es sich ergeben hat, dass auch die nachfolgenden Schüler keine Anmerkungen hatten, wurde bei den Experimenten zu SDG14 und SDG15 die Stichprobe als gesättigt angesehen, sobald keine Kritik oder Verbesserungsvorschläge von den Schülern vorgebracht wurden. War

dies schon bei der ersten Durchführung der Fall, wurde trotzdem sicherheitshalber ein zweiter Durchgang vorgenommen.

In beiden Mesozyklen ist das Gütekriterium der Triangulation durch die verschiedenen Zugänge der unterschiedlichen Datenquellen, Methoden und der Auswertung durch verschiedene Forscher erfüllt. Es zeigt sich, dass die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte ihre Schüler sehr gut einschätzen können und kaum noch Überarbeitungen durch die Analyse der Schüleräußerungen vorzunehmen sind.

6.3 Überarbeitung der Lernmaterialien in der Differenzierungsform Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf (Mesozyklus 4 und 5)

Die in Mesozyklus 1 konzipierten Experimentiervorschriften in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf wurden zunächst auf Grundlage der Analysen zu den Experimentiervorschriften in Vereinfachter Sprache aus Mesozyklus 2 und 3 überarbeitet und werden anschließend von Experten evaluiert. Als Experten wurden Lehrer, Pädagogische Fachkräfte und Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung herangezogen.

6.3.1 Analyse und Vorbereitung

Alle Experimente und deren Experimentiervorschriften wurden auf Grundlage der Anforderungen und Kriterien an naturwissenschaftliche Experimente, den verschiedenen Gestaltungsmerkmalen für Lernmaterialien und dem inhaltlichen Kontext in Mesozyklus 1 erstellt (siehe Kapitel 2.3, 3, 4.1 und 6.1). In Mesozyklus 2 und 3 sind die Experimentiervorschriften in Vereinfachter Sprache evaluiert worden (siehe Kapitel 6.2). Der Einsatz der Leichten Sprache eignet sich nicht nur für Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen, sondern schafft auch in der Praxis des Förderschwerpunktes geistige Entwicklung eine didaktisch-methodische Erleichterung (Maaß & Schäfer, 2019). Zusätzlich zur Leichten Sprache können die Lernmaterialien visuell und auditiv unterstützt werden (Most & Wlotzka, 2020). Dazu bieten sich die Experimentiervorschriften in den Varianten Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf an, bei denen die Texte und Handlungsanweisungen durch Zeichnungen oder Fotos dargestellt werden. Als auditive Unterstützung ist der Einsatz von Audiostiften möglich. Durch das Antippen eines Codes in beispielsweise einem Buch können Texte oder Bilder durch gesprochene Sprache ergänzt werden (Pusch, 2017). Mit speziellen Audiostiften, wie dem Tellimero oder Anybook-Reader, können Klebepunkte selbst besprochen und variabel aufgeklebt werden, damit beim Antippen dieser Klebepunkte die Aufnahme abgespielt wird. So ist es den Schülern möglich, sich u. a. Fachbegriffe der Materialien oder Handlungsschritte auditiv wiedergeben und wiederholen zu lassen (Campbell,

Dutz, Landherr & Olthoff, 2019). Auch bei den Audioaufnahmen ist auf eine der Zielgruppe angepasste Sprache zu achten (Greiten & Graf, 2021). Während des gesamten Prozesses von der Erstellung des Textes bis hin zur endgültigen Gestaltung sollte die Zielgruppe, hier die Menschen mit geistiger Behinderung, um Rat gefragt werden (Freyhoff et al., 1998, S. 7). In dieser Studie wurden die Materialien zunächst von der Expertengruppe der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte sowie die Version der Vereinfachten Sprache von Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen getestet, damit die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung direkt mit einer bestmöglichen Textvariante arbeiten und eine Rückmeldung geben können.

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:
1.8 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Symbolschrift?
1.9 Wie beurteilen Experten (Lehrer und Pädagogische Fachkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Fotografischer Handlungsablauf?
1.10 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Symbolschrift?
1.11 Wie beurteilen Experten (Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung) die Experimentieranleitungen in der Lesestufe Fotografischer Handlungsablauf?
Zielsetzung:
Evaluation der Experimente in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf durch Experten (Lehrer und PF bzw. Schüler)

Rahmenbedingungen

Die Interviews mit den Lehrern und den Pädagogischen Fachkräften fanden in Teams an der Schule statt. Alle Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte sind im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ausgebildet oder tätig. Zusätzlich sind alle ebenfalls in dem Förderbereich Sehen und teilweise im Förderbereich Lernen eingesetzt. Auch die Teilnehmende Beobachtung der Schüler konnte in ihrem gewohnten Umfeld des eigenen Klassenzimmers stattfinden. Währenddessen waren auch die Lehrer und/oder Pädagogischen Fachkräfte der Schüler anwesend. Bei SDG6 konnte die Verfasserin vor Ort in der Klasse die Experimente selbst mit den Schülern durchführen und sie parallel gemeinsam mit dem Fachpersonal beobachten. Im Gegensatz dazu durften bei den SDG14- und SDG15-Experimenten aufgrund der Covid-19-Regeln die Klassenräume von externen Personen nicht betreten werden und auch eine Videozuschaltung war wegen der Ausstattung der Schule nicht möglich. Je eine Schulklasse hat alle Experimente zu einem Thema behandelt. Fünf Schüler der Klassenstufen zehn bis elf haben die Experimente zum SDG6 durchgeführt und wurden dabei von einer Förderschullehrkraft, ein bis zwei Pädagogischen Fachkräften, einer wissenschaftlichen Hilfskraft und der Verfasserin beobachtet. Die Experimente zu SDG14 wurden von vier

Schülern der elften Klasse unter der Beobachtung von zwei Pädagogischen Fachkräften durchgeführt. Bei den SDG15-Experimenten beobachtete eine Pädagogische Fachkraft vier Schüler der Klassenstufen sechs bis acht. Für jedes Experiment stand ungefähr eine Doppelstunde, also etwa 90 Minuten, zur Verfügung.

6.3.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Zunächst sind alle Anmerkungen aus Mesozyklus 2 und Mesozyklus 3 in die Vorschriften in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf eingearbeitet worden (siehe Kapitel 6.2.3). Dazu zählen besonders die Änderungen, die einen Zugang für sehbehinderte Schüler erleichtern. Auch die Anregung, für die Unterteilung der Materialien in Geräte und Chemikalien eigene Piktogramme einzuführen, wurde umgesetzt (siehe Abbildung 32). Diese Vorschläge werden den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften im Interview des Mesozyklus 4 zur Beurteilung vorgelegt. Es ist vorgesehen, dass die Symbole zur Unterstützung nur in diesen beiden Versionen und nicht bei der Version der Vereinfachten Sprache Anwendung finden.

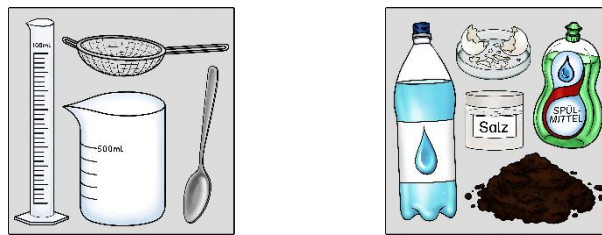


Abbildung 32: Piktogramme für Materialien (links: Geräte, rechts: Chemikalien)

Anders als bei der Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache sind alle einzelnen Phasen der Experimentiervorschrift in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf mit Piktogrammen versehen. Die Auswahl orientiert sich an verschiedenen schon bestehenden Piktogramm-Begriff-Zuordnungen. Adesokan und Reiners (2015) ordnen den zentralen Begriffen für das naturwissenschaftliche Arbeiten einzelne Piktogramme zu, die einerseits die Begriffe visualisieren und andererseits zum Lernen der Begriffe verhelfen sollen. Auch Marquardt-Mau (2011) nutzt zur Verdeutlichung des Forscherkreislaufs für die einzelnen Phasen spezielle Piktogramme. Davon ausgehend sind die Piktogramme den Phasen in den Experimentiervorschriften zugeordnet (siehe Abbildung 33). Diese entsprechenden Zeichnungen werden in Mesozyklus 4 von den Lehrkräften evaluiert und als passend eingestuft.



Abbildung 33: Piktogramme der einzelnen Phasen in der Experimentiervorschrift Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf

Die Schüler bekommen nicht nur ein visuelles, sondern auch ein auditives Unterstützungsangebot. Ebenso wie bei der Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache können sich die Schüler bei der Symbolschrift die Einleitung („Worum geht es?“) und das Ergebnis anhören und den Text dabei parallel mitlesen. Bei dem Fotografischen Handlungsablauf sind alle Seiten besprochen. So können die Schüler sich alle einzelnen Aspekte auf den Seiten der Experimentiervorschrift anhören: Titel des Experiments, Einleitungstext bei der Betrachtung der Bilder, alle einzelnen Materialien durch Antippen des Kästchens vor dem jeweiligen Material, einzelne Durchführungsschritte, Beobachtungsauftrag, richtige Beobachtung durch Antippen des richtigen Würfelbildes, Ergebnis während der Betrachtung des richtigen Beobachtungsbildes, Merksatz sowie Aufräumschritte.

Durchführung und Datenaufnahme

Wegen der Covid-19-Lage konnten die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte die Experimente in Mesozyklus 2 vorab nicht durchführen, weshalb sie während der Reflexion der Experimentiervorschriften in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf die Durchführung vornahmen. Da sich Gruppeninterviews in dem vorherigen Mesozyklus als sehr gewinnbringend herausgestellt haben, wurden die Lehrerinterviews ebenfalls in Gruppen von zwei bis drei Personen durchgeführt. Im Anschluss sollten die Lehrkräfte auch ihre Einschätzung über eine sinnvolle Reihenfolge der Experimente abgeben. Insgesamt haben jeweils acht bis neun Experten die einzelnen Experimente evaluiert. Zunächst wurden die Experimente zu SDG6 und SDG14 durchgeführt und mit etwas Abstand die Experimente zu SDG15. Zu allen Interviews sind Tonaufnahmen erstellt. Nach einer Überarbeitung der Experimente konnten diese im Unterricht von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung eingesetzt werden. Die drei Schulklassen wurden währenddessen von ihren Lehrern und Pädagogischen Fachkräften beobachtet und Auffälligkeiten notiert. Auch Schüleräußerungen wurden aufgenommen. Alle Unterrichtsstunden dauerten in der Regel eine Doppelstunde, d. h. 90 Minuten. In der ersten Unterrichtsstunde zum Thema wurde dieses benannt und vorhandenes Vorwissen der Schüler gesammelt. Anschließend wurde das Experiment in der Stunde durchgeführt. Der Ablauf der Unterrichtsstunden folgte immer dem gleichen Schema. Zunächst wurde der Inhalt anhand der Titel und Einleitungsbilder

erschlossen, teilweise wurden dabei noch Materialien zur Erklärung eingesetzt. Anschließend wurden die Schüler nach möglichen Fragestellungen und Vermutungen gefragt, wobei zunächst der Begriff der Vermutung geklärt werden musste. Zur Festigung wurde der Einleitungstext gemeinsam gelesen sowie ggf. weitere Fragestellungen und Vermutungen formuliert. Die Materialien in der Box wurden mithilfe der Liste in der Experimentiervorschrift auf Vollständigkeit geprüft und anschließend wurde das Experiment durchgeführt. Danach schloss sich eine Beobachtung und Besprechung des Ergebnisses an. Gemeinsam las die Klasse den Merksatz und alle Schüler räumten auf. Am Ende wurde das Experiment auf dem Arbeitsblatt dokumentiert. Inwieweit dieses Schema auch von den Lehrkräften ohne die Anwesenheit der Verfasserin eingehalten wurde, kann nicht hundertprozentig nachvollzogen werden. Laut Lehreräußerungen wurde sich an die Vorgabe gehalten. Die Arbeitsblätter zu SDG14 und SDG15 wurden allerdings nicht ausgefüllt. Einen Überblick der Datenaufnahme von Mesozyklus 4 und Mesozyklus 5 zeigt Tabelle 36.

Tabelle 36: Datenüberblick Mesozyklus 4 und 5

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP gE	9	B1 - B9	Gruppeninterview (mündlich)	Tonaufnahmen, Transkripte, Notizen
Lehrer und PF mit dem FSP gE	6	B18 - B23	Teilnehmende Beobachtung, Gespräche	Notizen
Schüler mit dem FSP gE	13	S14 - S26	Teilnehmende Beobachtung, Gespräche	Notizen

6.3.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Aus den Interviews mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften kann im Mesozyklus 4, durch Notizen während der Teilnehmenden Beobachtungen und der Transkripte, das Datenmaterial gesichert werden. In Mesozyklus 5 werden die Daten ebenfalls aus der Teilnehmenden Beobachtung sowie durch die Anmerkungen der Schüler und Notizen der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte gewonnen. Alle Daten werden mittels der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Die Kategorien leiten sich deduktiv aus den vorherigen Mesozyklen ab. Als Kategorien sind die beiden Experimentiervorschriften im Allgemeinen und die einzelnen Experimentierstationen gewählt. Die Unterkategorien setzen sich zusammen aus: Deckblatt, Einleitung, Material, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz, Aufräumen, Layout sowie sehbehindertenspezifische und weitere Aspekte. Insgesamt wurden alle Daten von zwei wissenschaftlichen Hilfskräften und der Verfasserin den Kategorien mit einer fast vollständigen Übereinstimmung zugeordnet. Die nicht übereinstimmenden Zuordnungen wurden gemeinsam besprochen und sich auf eine Zuordnung geeinigt. Tabelle 37 zeigt das Datenmaterial und dessen Auswertungsmethoden von Mesozyklus 4 und Mesozyklus 5.

Tabelle 37: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 4 und 5



Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Interview 13 - 17 Transkript, Notizen	22.04.2020 - 28.09.2020	56 - 129	Qualitative Inhaltsanalyse, Materialüberarbeitung und Reflexion im Team
Beobachtung von 13 Unterrichtsstunden, Notizen	09.09.2020 - 24.11.2020	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	

Ergebnisse

In den Interviews wird hervorgehoben, dass die deutliche Reduzierung des Deckblatts auf das Wesentliche sehr gut gelungen ist. Auch die Materialdarstellung in Tabellenform gibt eine deutliche visuelle Trennung von Geräten und Chemikalien vor. Eine weitere visuelle Unterstützung bieten die Piktogramme für die einzelnen Aufräumschritte. Nicht nur diese Piktogramme, sondern auch jene für die Geräte bzw. Chemikalien und für die einzelnen Experimentierphasen werden als sehr geeignet angesehen. Zudem geben die Piktogramme über alle Experimente hinweg eine klare Struktur. Sowohl die Zeichnungen in der Symbolschrift als auch die Fotos im Fotografischen Handlungsablauf sind deutlich und sehr kontrastreich. Das Material ist insgesamt ansprechend und durch das Abheften in den Tisch-Flipcharts für die Schüler eigenständig handhabbar. Die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte äußern sich sehr erfreut darüber, dass Experimente für den Einsatz an der Förderschule entwickelt werden. Vereinzelt Kritikpunkte finden sich in Tabelle 38.

Tabelle 38: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den Experimenten in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf in Mesozyklus 4

Version	Kritik und Verbesserungsvorschläge
	<p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zu Beginn mündlich mit den Schülern besprechen, wann das Wasser geholt wird, da sich das Wasser als einziges Material nicht mit in der Experimentierbox befindet. - Einen Zusatzbecher bereithalten, mit dem die Schüler das Wasser am Wasserhahn holen können und an ihrem Platz umschütten. Am Platz steht beispielsweise das Becherglas stabiler und somit ist die Füllhöhe deutlicher zu erkennen. - Alle Materialien mit dickeren roten Linien markieren.
	<p>Durchführung:</p> <p>Die Lehrkräfte regen bei verschiedenen Experimenten eine weitere Unterstützungsmaßnahme an. Wenn beispielsweise zwei Bechergläser mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt werden, sollten die Bechergläser entweder durch Bilder beschriftet sein oder eine Unterlage bereitgestellt werden. Eine Unterlage ist zu bevorzugen, da diese von allen Schülern unabhängig von der Experimentiervorlage genutzt werden kann. Sowohl bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen (MZ3) als auch bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (MZ5) bietet die Unterlage eine gute Orientierung (siehe Abbildung 34).</p>
	<p>Beobachtung:</p> <p>Es ist schwierig, nach der Auswahl zwischen den beiden Beobachtungsbildern auf der nächsten Seite das richtige Bild zu kontrollieren. Würfelbilder sind den meisten Schülern bekannt und ermöglichen eine schnelle Kontrolle, ob Bild eins oder Bild zwei korrekt ist.</p> <p>Die Würfelbilder beurteilen die Lehrkräfte auch bei den späteren Experimenten als geeignet für eine Eigenkontrolle der Schüler. Im Einsatz mit den Schülern mit den Förderschwerpunkten Lernen und geistige Entwicklung gelingt die Eigenkontrolle durch die Würfelbilder sicher.</p>
	<p>Aufräumen:</p> <p>Es wird darüber diskutiert, wie das Aufräumen abgebildet werden soll. In der Überlegung sind die Pfeilschrift oder eine tabellarische Darstellung. Eine deutliche Mehrheit spricht sich für die Pfeilschrift aus, da sie weniger komplex ist. Bei der Pfeilschrift sollte auf die korrekte Reihenfolge geachtet werden, d. h.: Bild des Materials, Pfeil, Piktogramm (z. B. Piktogramm des Mülleimers). Auch die darunter stehenden Sätze sind in einem vollständigen Satz zu formulieren.</p>

	<p>Merksatz: Der Merksatz ist nur vor dem Aufräumen relevant, da die Schüler während des Aufräumens schon mit dem Experiment abschließen.</p> <p>Weiteres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alle Anleitungen je nach Schülergruppe in A3-Format vorbereiten. - Eine Notfallkiste bereithalten mit Lappen, Handtuch, alternativem Gefäß zum Umfüllen des Wassers. - Wie auch schon die Durchführung mit den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen gezeigt hat, sieht man auch in der Durchführung mit den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, dass die Schüler eine Einführung in die Materialien und die allgemeinen Regeln des Experimentierens benötigen. - Alle Experimente werden zu Beginn mit Begleitung durchgeführt. Die Schüler haben zuvor noch nie experimentiert und sind verunsichert, wie genau sie vorgehen müssen. Mit steigender Anzahl der Experimente können sie die Experimente in unterschiedlichen Ausprägungen selbstständiger durchführen. - Es wird angeregt, eine Ergebnissicherung durch ein gemeinsames Plakat oder eine Experimentiermappe für die einzelnen Schüler einzuführen. Die Entscheidung fällt auf eine Experimentiermappe.
	<p>Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Auf eine ausgeglichene Gleichung achten, wenn beispielsweise zwei Bechergläser gefüllt werden sollen, müssen auch beide abgebildet sein. - Pro Seite nur einen Schritt abbilden, zwei Schritte pro Seite sind zu unübersichtlich und können überfordern. <p>Beobachtung: Genügend Abstand zwischen den Beobachtungsbildern lassen.</p>
	<p>Materialien: In A3-Format sind die Bilder deutlich besser zu erkennen, in A4-Format könnten sie ggf. zu klein sein.</p>

Die genannten Kritikpunkte und Verbesserungsvorschläge wurden alle vor dem Einsatz in den Klassen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung umgesetzt. Im Mesozyklus 5 sind keine großen Kritikpunkte mehr benannt wurden. Während des Ablaufs haben sich allerdings Anmerkungen ergeben, die auch bei weiteren Durchführungen zu beachten sind. Der Kontext des Experiments wird zusammen mit den Schülern anhand der Bilder erschlossen. Eine gemeinsame Besprechung vor der Erarbeitung des Einleitungstextes wird auch im Nachhinein als sehr gewinnbringend empfunden. Bei der anschließenden Sammlung von Fragestellungen und Vermutungen stellt es sich als schwierig heraus, sich diese über die gesamte Unterrichtsstunde zu merken. Daher werden ab der zweiten Lernstation die Fragen und Vermutungen auf einem Blatt Papier gesammelt. So ist auch die Dokumentation am Ende der Stunde einfacher vorzunehmen. Der Einleitungstext wurde bei der ersten Lernstation nicht zusammen gelesen. Auf Anraten der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte wird der Text ab der zweiten Lernstation gemeinsam und in Abschnitten gelesen. Die Texte sind für einige Schüler doch recht umfangreich und sie geben schnell auf. Dies kann in verschiedenen Lerngruppen variieren. Bei der Durchführung muss individuell auf die Schüler eingegangen werden. Alle drei Lerngruppen haben die ersten Lernstationen gemeinsam bearbeitet, indem die Schritte gelesen, von allen durchgeführt und dann zur nächsten Seite umgeblättert wurde. In einer Lerngruppe konnten einzelne Schüler ab der dritten Lernstation das Experiment nach Anleitung selbst durchführen, bei den anderen beiden Lerngruppen wurden alle Lernstationen gemeinsam erarbeitet. Auch bei den Schülern, welche die Experimente eigenständig

durchgeführt haben, war weiterhin eine Besprechung von Einleitung, Beobachtung und Ergebnis im Klassenverband nötig. Mit der Unterlage konnten die Schüler während der Experimentiersituation sehr gut arbeiten. Teilweise musste der Einsatz beim ersten Mal kurz erklärt werden. Die Unterlage gibt nicht nur eine Strukturierungshilfe, sondern ermöglicht auch einen guten Kontrast (siehe Abbildung 34). Bei dem Experiment *Feind der Tiere* lassen sich die bunten Plastikstücke auf dem weißen Untergrund deutlicher sehen. Bei dem Experiment *Von Eierschalen und Korallenriffen* sind die Eierschalen auf dem schwarzen Hintergrund kontrastreicher. Die Unterlagen werden bei der Materialauflistung bewusst weggelassen, da sie als ein Unterstützungsangebot gelten, das von den Schülern genutzt werden kann, aber nicht muss.



Abbildung 34: Unterlage als weitere Unterstützungsmaßnahme (links: Experiment „Feind der Tiere“, rechts: Experiment „Von Eierschalen und Korallenriffen“)

Bei der Beobachtung ist die Auswahl der beiden Beobachtungsbilder logisch und durch die Würfelbilder können die Schüler sich eigenständig kontrollieren. Ebenso wie für die Einleitung gilt das gemeinsame Lesen auch für den Ergebnistext. Bevor dieser allerdings gelesen wird, ist eine Besprechung im Klassenverband sinnvoll. Der Text dient dann noch einmal zur Wiederholung. Auch der Merksatz ist sehr hilfreich, da er die wesentlichen Erkenntnisse noch einmal zusammenfasst. In allen Textabschnitten können für die Schüler unbekannte Wörter stehen. Manche Wörter lassen sich einfach austauschen, andere Wörter sind Fachwörter und dienen der Begriffsbildung (Fluck, 2016; Heitzmann, 2019). Diese Wörter sollten der Lehrkraft vor dem Unterricht präsent sein, sodass eine Klärung im Unterricht erfolgt. Eine Erklärung in den Texten selbst würde den Umfang unnötig vergrößern, die Besprechung im Unterricht ist vorzuziehen. Bei den nachfolgenden einzelnen Lernstationen sind die zu klärenden Begrifflichkeiten aufgeführt. Ein weiterer wichtiger Punkt beim Experimentieren ist das Aufräumen. Die kleinschrittige Anweisung stellt sich als passend für die Schülerschaft heraus. Trotzdem muss auch das Aufräumen von einigen Schülern geübt werden. Zum Abschluss des Experimentierens wird dokumentiert. Die Experimentiermappe wird in Mesozyklus 4 vorgeschlagen. Die Piktogramme auf den Experimentiervorschriften werden auch auf dem

Dokumentationsbogen abgebildet. Dieser wird den Schülern am Ende des Experiments als Arbeitsblatt ausgeteilt. Das Arbeitsblatt gliedert sich in Fragestellung, Vermutung, Beobachtung und Ergebnis (siehe Abbildung 35). Je nach Schülergruppe sollte die Vermutung von der Beobachtung getrennt werden. Es zeigt sich, dass es sehr umfangreich ist, die gesamte Dokumentation in einer Doppelstunde vorzunehmen. Die Lehrkräfte regen bei den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 5 an, alle Experimente zweimal durchzuführen, um ein größeres Verständnis hervorzurufen. Daher kann auch die Dokumentation geteilt werden. In der ersten Stunde werden die Vermutung und Beobachtung dokumentiert und in der Wiederholungsstunde das Ergebnis. Bei der Wiederholung wird deutlich, dass einige Aspekte noch nicht präsent geblieben sind und teilweise immer noch Unsicherheiten beim Experimentieren auftreten. Daraus wird geschlossen, dass eine Wiederholung der Experimente und eine Teilung der Dokumentation sehr gewinnbringend sind.

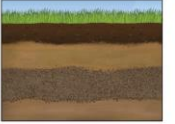
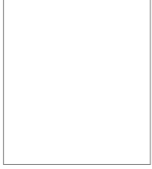
<p>Naturfilter</p>  <p>? Fragestellung: Aus welchen Schichten besteht unser Boden? Kann unser Boden das Wasser säubern?</p>	<p>🗨️ Vermutung: _____ _____ _____</p> <p>👁️ Beobachtung: _____ _____ _____</p> 	<p>💡 Ergebnis: _____ _____ _____ _____ _____ _____</p>
---	--	---

Abbildung 35: Arbeitsblatt zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“

Besonders schwierig ist für die Schüler der Forscherauftrag. Obwohl dieser bei allen Themen als vierte Lernstation eingesetzt war, und die Schüler somit schon andere Lernstationen durchlaufen haben, ist die eigenständige Durchführung den Schülern zu kompliziert, sodass sie doch auf die Anleitung zurückgreifen. In der Wiederholungsstunde versuchen manche Schüler das Experiment alleine durchzuführen, während andere weiterhin auf die Vorlage zurückgreifen.

Insgesamt werden die Lernstationen von allen als sehr interessant und spannend beschrieben. Durch die verschiedenen Anleitungen und die gemeinsame Einleitungsphase wird viel differenziert, sodass das Material auf eine große Schülergruppe abgestimmt ist. Zudem gibt das Material eine klare Struktur für die Unterrichtsstunde vor. Alle Lernstationen haben einen Umfang von einer Doppelstunde mit etwa 90 Minuten, je nach Lerngruppe kann diese Zeit variieren.

Ergebnisse der SDG6-Experimente

Die Lernstation *Boden als Schadstofffilter* ist sehr anschaulich und zeigt eine eindeutige Beobachtung. Bei der Lernstation *Naturfilter* einen Zusatzschritt einzubauen, ist besonders für

schnelle Schüler eine gute Zeitüberbrückung. Zusätzlich bekommen sie dadurch noch einen tieferen Einblick in das Filtern der Bodenschichten. Bei der Lernstation *Rätsel ums Klärwerk* können die Schüler eigenständig ihre Durchführung planen und nachvollziehen, was zu Beginn zu Überforderung führt, bei einer Wiederholung aber als sehr spannend empfunden wird. Das Video im ersten Schritt der Durchführung *Wettkampf ums Trinkwasser* ist schwer verständlich. Trotzdem sollte es beibehalten werden, da es einen guten Einblick in die Lebensumstände der Menschen in anderen Ländern zeigt und somit auch den späteren sozialen Aspekt besser verdeutlicht. Durch das Einfärben des Wassers können die Schüler die Wasserstände deutlich sehen. Im Allgemeinen waren die Schüler bei der ersten Durchführung von der neuen Situation etwas gehemmt, hatten dann aber viel Freude an den Lernstationen und haben nach dem Experimentieren ein positives Feedback gegeben. Die Lernstationen wurden von den Schülern in folgender Reihenfolge bearbeitet: Wettkampf ums Trinkwasser, Naturfilter, Boden als Schadstofffilter, Rätsel ums Klärwerk. Die gewählte Reihenfolge hat sich als sinnvoll erwiesen. Bei der Kritik sind die Experimente allerdings einheitlich zu den vorherigen Mesozyklen in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt (siehe Tabelle 39). In Mesozyklus 5 wurde außer der zusätzlichen Unterlage zur Strukturierung der Schichten beim Experiment *Naturfilter* keine Kritik mehr genannt. Die Tabelle enthält trotzdem Anmerkungen der Erfahrungen des Einsatzes der Lernstationen mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, die bei einer erneuten Durchführung weiterhin beachtet werden sollten.

Tabelle 39: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5

Kritik und Verbesserungsvorschläge sowie Anmerkungen
Boden als Schadstofffilter
Material: Farbiges Spülmittel verwenden, so sind die Tropfen bei der Durchführung besser zu erkennen.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Grundwasser (Verknüpfung zur vorherigen Lernstation), schädliche Stoffe, Schadstoffe, filtern (Verknüpfung zur vorherigen Lernstation), Abwasser, Phänomen - Ergebnis: Indigo
Naturfilter
Einleitung: Zu Beginn erfolgt eine gemeinsame Materialbetrachtung, bei der die Schichten genau angeschaut werden, deren Reihenfolge besprochen wird und die Schichten von jedem Schüler auf einem Teller in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Bei der gemeinsamen Materialbetrachtung könnten in der Mitte eines Stuhlkreises oder Gruppentisches die Schichten noch einmal gelegt und mit Wortkarten beschriftet werden, da insbesondere der Lehm und teilweise auch der Kies unbekannt sind.
Durchführung: - Der Zusatz ist zeitlich zu umfangreich. Ausprobieren, ob es auch in anderen Lerngruppen zu umfangreich ist. - Auch mit der erneuten Nennung der Schichten an der entsprechenden Stelle ist den Schülern häufig nicht ganz einleuchtend, welche Schicht wohin kommt. Einige Schüler wissen nicht mehr, in welchem Plastikbecher sich welche Schicht befindet, und somit können sie auch die Schichten nicht stapeln. Aus diesem Grund wird eine Unterlage erstellt, auf welche die Schüler ihre befüllten Becher der Bodenschicht zuordnen können.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Titel: Filter (noch nicht klären, sondern bei dem Experiment herausfinden) - Einleitung: Vorrat, Schichten schon bei Bildbetrachtung besprechen - Beobachtung: Grenzfläche - Ergebnis: Grundwasser (Verknüpfung zur vorherigen Lernstation), filtern

Rätsel ums Klärwerk
Einleitungsbilder: Schmutziges Wasser deutlich kennzeichnen, damit es nicht als sauberes Wasser zum Trinken oder Baden missverstanden wird.
Material: Die Materialien im Einleitungstest gemeinsam betrachten. Besonders die Verbindung von Haaren und Faden hätten die Schüler alleine nicht gezogen.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Klärwerk, Rechen
Wettlauf ums Trinkwasser
Durchführung: - Umgang mit der Pipette zeigen. - Mehrmaliges Pumpen ist anstrengend.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Entwicklungsland, Grundwasser, Einwohner, Einheimische - Ergebnis: PET, Privatisierung

Ergebnisse der SDG14-Experimente

Die Beobachtung des Experiments *Blub, blub* zeigt einen schnellen und eindrucksvollen Effekt, muss allerdings richtig gedeutet werden. Auch die Beobachtung von *Feind der Tiere* ist deutlich zu erkennen. Das freie Ausprobieren bei der Lernstation *Ölkatastrophe* ist für die Schüler noch zu schwierig, weshalb sie nach der Anleitung experimentieren. Das Experiment macht viel Spaß und ist spannend. Bei der Lernstation *Von Eierschalen und Korallenriffen* kann auf das Vorwissen der Schüler über Säuren und Kalk zurückgegriffen werden. Besonders spannend und eindrucksvoll ist das Langzeitexperiment, bei dem sich die Eierschale auflöst. Im Unterricht wurden die Lernstationen in folgender Reihenfolge durchgeführt: *Blub, blub*, *Von Eierschalen und Korallenriffen*, *Feind der Tiere*, *Ölkatastrophe*. Rückblickend ist die Lernstation *Von Eierschalen und Korallenriffen* in ihrem inhaltlichen Umfang und ihrer Ausführung deutlich einfacher als *Blub, blub*, weshalb die Lernstationen getauscht werden. In Tabelle 40 sind die Kritikpunkte aus Mesozyklus 4 aufgenommen und die beobachteten und für sinnig empfundenen Anmerkungen in der Umsetzung mit den Schülern aus Mesozyklus 5 festgehalten.

Tabelle 40: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5

Kritik und Verbesserungsvorschläge sowie Anmerkungen
Blub, blub
Material: Plastikkiste mit einem roten und einem blauen Punkt für warmes und kaltes Wasser beschriften.
Durchführung: Motorisch ist es schwierig, beispielsweise die Messzylinder luftblasenfrei auf den Kopf zu stellen und die Brausetablette unter den Messzylinder zu legen. Es wird eine enge Begleitung benötigt.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Wachstum, Industrie, fossile Brennstoffe, CO ₂ - Ergebnis: chemische Reaktion, auflösen, Wasserstand, Luftraum
Feind der Tiere
Durchführung: Beim Rühren ein Pfeilsymbol einfügen, damit der Auftrag auch ohne Text verstanden werden kann.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung) - Einleitung: verschiedene Plastikarten betrachten, Mikroplastik, schwimmen und sinken - Ergebnis: Dichte, verschiedene Plastikarten (PP, PS, PET in unterschiedlichen Farben sehr anschaulich)

Ölkatastrophe
Deckblatt: Ölteppich als Bildbeschriftung einfügen
Material: Öl mit schwarzer Ölfarbe einfärben, dadurch ist die Verschmutzung noch deutlicher.
Auftrag für die freie Durchführung: Nach dem Auftrag einen Satz ergänzen: „Eine mögliche Reihenfolge siehst du auf den nächsten Seiten.“ Diesen Satz auf alle Forscheraufträge übertragen.
Durchführung: - Betonen, dass es sich bei dem Wasser um das Meer handelt und das Meer sich nicht einfach umschütten lässt. - Abbilden, wovon eine bestimmte Menge benötigt wird, beispielsweise die Ölflasche über der Anzahl der Löffel abbilden, die in das Wasser gegeben werden soll.
Aufräumen: Für das Wegschütten des Öls sensibilisieren.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Einleitung: Tankschiff (Zeichnung sehr anschaulich), Bohrinne (Zeichnung sehr anschaulich)
Von Eierschalen und Korallenriffen
Einleitung: Die Versauerung bildlich und mit Einbezug der Sinne klären, zum Beispiel durch eine Zitrone.
Beobachtung: Blasen unter dem Bildschirm-Lesegerät anschauen.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Kalk, Lebensraum, Klimaforscher, CO ₂ , sauer (Zusatz ist sehr geeignet: Wasser mit unterschiedlich viel Zitrone mischen) - Ergebnis: Säure, Kalk, ausscheiden, Algen

Ergebnisse der SDG15-Experimente

Alle Lernstationen haben den Schülern viel Spaß gemacht, sie waren teilweise faszinierend und haben sehr gut geklappt. Im Unterricht wurden die Lernstationen in folgender Reihenfolge durchgeführt: Wie Regenwürmer atmen, Hochwassergefahr, Durstige Bäume, Geheimnisvolle Blätter. Die gewählte Reihenfolge der Experimente hat sich als sinnvoll erwiesen. Sowohl bei der Evaluation der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte als auch bei den Schülern haben sich kaum Kritikpunkte finden lassen. Daher sind in Tabelle 41 nur die zu beachtenden und als schlüssig empfundenen Hinweise für die Durchführung der Lernstationen aufgeführt.

Tabelle 41: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5


Kritik und Verbesserungsvorschläge sowie Anmerkungen
Durstige Bäume
Material: Bei dem Puzzle nur die wirklich relevanten Aspekte abbilden.
Durchführung: - Motorisch ist es schwierig, die Zahnstocher gerade hinzustellen, ohne dass sie umfallen, sowie den Baumstamm zwischen die Zahnstocher zu klemmen. Daher brauchen die Schüler ggf. eine Hilfestellung.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): Ergebnis: transportieren, dünne Röhrchen = Kanäle = Kapillare (Puzzle betrachten), verdunsten (Zusatzexperiment, bei dem das Wasser in einem Becherglas mehrere Tage stehen gelassen und der Wasserstand beobachtet wird.)
Geheimnisvolle Blätter
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Kohle (Zeichnung), Seerose (Foto), Blütenstaub - Beobachtung: perlen - Ergebnis: Wachskristalle (Zeichnung), raue Oberfläche (Schmirgelpapier), Noppen (Igelball), Selbstreinigung, Lotuseffekt
Hochwassergefahr
Durchführung und Ergebnis: Bezug zwischen dem Löffel und der Maschine ziehen.

Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Nahrung, Landwirtschaft - Ergebnis, verdichtet, Nährstoffe, Wassererosion
Wie Regenwürmer atmen
Beobachtung: Lupe oder Bildschirmlesegerät bereithalten, damit die Luftblasen besser zu erkennen sind.
Begriffe beibehalten, aber eine Erklärung bereithalten (→ Begriffsbildung): - Einleitung: Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid - Ergebnis: Hohlräume (Vergleich zu Käse) = Poren, Sauerstoff


Ergebnisse zu allen Experimenten

Auch am Ende der Mesozyklen 4 und 5 sind alle Lernmaterialien angepasst worden. Die fertigen Experimentiervorschriften in der Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf zeigen Abbildung 36 und Abbildung 37 am Beispiel der Lernstation *Feind der Tiere*.

Feind der Tiere



? Worum geht es?



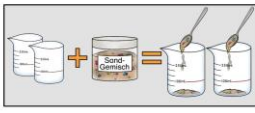
Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung, wie Netze, verlieren. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll liegen. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Der Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Hier die kleinen Mikroplastik-Teil, zum Beispiel aus Daunenjacke oder Kleidung, sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein, dass wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, es gibt unterschiedlichen Plastikmüll. Ein Joghurtbecher wird zum Beispiel aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche. Richtig nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder sinkt.

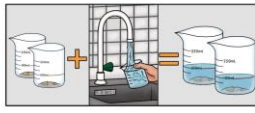
Das brauchst du:

Geräte	Chemikalien
<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch
<input type="checkbox"/> 3 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz
<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser

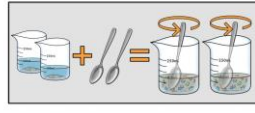
Das machst du:



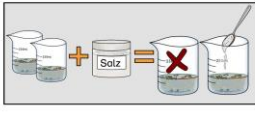
Gib in beide Bechergläser jeweils 1 Löffel Sandgemisch.



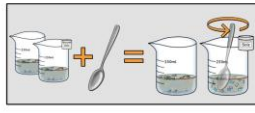
Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.




Rühre mit dem Löffel kräftig um.



Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.




Rühre mit dem Löffel kräftig um.




Warte kurz.

Beobachtung:



Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

? Was konntest du beobachten ?



Wie konntest du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.
Lösung auf der nächsten Seite

! Ergebnis:

In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet.

In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet.

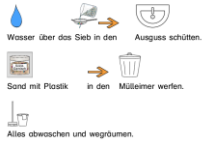
In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden liegen.

Der Plastikmüll von Stränden, Flaschen und Schiften verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meereslebewesen mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Daran können die Tiere sterben.

! Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Es gibt unterschiedliche Plastikarten. Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

! Aufräumen:



Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.
Sand mit Plastik in den Mülleimer werfen.
Alles abwaschen und wegräumen.

Abbildung 36: Experimentiervorschrift in Symbolschrift am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 5

Feind der Tiere

? Worum geht es?

Das brauchst du:

<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser	<input type="checkbox"/> Sandgemisch
<input type="checkbox"/> 3 Löffel	<input type="checkbox"/> Salz
<input type="checkbox"/> 1 Sieb	<input type="checkbox"/> Wasser

Das machst du:

Gib in beide Bechergläser jeweils 1 Löffel Sandgemisch.

Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.

Rühre mit dem Löffel kräftig um.

Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.

Rühre mit dem Löffel kräftig um.

Warte kurz.

Beobachte was passiert:

Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

Welches Ergebnis ist richtig? Tippe an.

Ergebnis:

Das Ergebnis ist richtig.

Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik.
Es gibt unterschiedliche Plastikarten.
Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

Aufräumen:

Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.
Sand mit Plastik in den Müllimer werfen.
Alles absaugen und wegräumen.

Abbildung 37: Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 5

Reflexion

Auch bei den Experteninterviews in Mesozyklus 4 haben sich die Teams als sehr gewinnbringend herausgestellt, da unterschiedliche Meinungen direkt dargelegt und diskutiert werden konnten. Mit einer gesättigten Stichprobe wurden die Experteninterviews abgeschlossen. In Mesozyklus 5 waren aufgrund der Covid-19-Lage keine Schulbesuche

möglich, weshalb sich bei den SDG14- und SDG15-Experimenten auf die Beobachtungen und Notizen der teilnehmenden Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte verlassen werden musste. Ebenso wie bei den Analysen zu den Experimentiervorschriften in Vereinfachter Sprache hat sich gezeigt, dass die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte die Bedürfnisse ihrer Schüler sehr gut einschätzen können. Dies ist auch daran zu sehen, dass sich bei Mesozyklus 5 kaum Überarbeitungspunkte finden.

Das Gütekriterium der Triangulation ist durch die personengruppenübergreifende Befragung mit unterschiedlichen Methoden und die Auswertung durch verschiedene Personen erfüllt.

Alle Lernstationen sind auf Basis der Mesozyklen 1 bis 5 in eine finale Form gebracht. Das Lernmaterial und der Ablauf der Unterrichtsstunden dienen als Grundlage, um zwei Schulklassen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ein Schuljahr lang hinsichtlich ihrer experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu beobachten (siehe Kapitel 6.5 und 6.6). Zuvor muss ein Beobachtungsinstrument erstellt werden, mit dem sich die experimentelle Kompetenz der Schüler messen lässt (siehe Kapitel 6.4).

6.4 Entwicklung des Erhebungsinstruments – Beobachtungsbogen (Mesozyklus 6)

Um die experimentelle Kompetenz der Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung über einen längeren Zeitraum erfassen zu können, bedarf es eines geeigneten Testinstruments. Aus Ermangelung an bestehenden Instrumenten wird in Mesozyklus 6 ein eigener Beobachtungsbogen auf Grundlage der Offenheitsgrade nach Baur et al. (2017a) entwickelt.

6.4.1 Analyse und Vorbereitung

Experimentelle Kompetenz wird sowohl in den nationalen Bildungsstandards als auch in den sich daran anschließenden fachdidaktischen Kompetenzmodellen genannt. Sie gilt als eine Komponente naturwissenschaftlicher Kompetenz im Bereich „Erkenntnisse gewinnen“ oder „naturwissenschaftliches Arbeiten“ (Schreiber et al., 2009). Es werden also zusätzlich zu den Erhebungsmethoden des Fachwissens auch Methoden zur Erhebung der experimentellen Kompetenz benötigt. Einen Überblick über vorhandene Testinstrumente gibt Kapitel 2.4. Häufig wird versucht, die Experimentierfähigkeit der Schüler durch Wissenschaftstests in schriftlicher Form zu messen. Dabei werden allerdings keine prozessbezogenen Aspekte berücksichtigt, die bei dem experimentellen Vorgehen von großer Bedeutung sind (ebd.). Es besteht also noch ein großer Forschungsbedarf zu Kompetenzmodellen, welche die Entwicklung der individuellen Kompetenzen messen können (Beinbrech & Möller, 2008). Aus

diesem Grund wird ein eigenes Erhebungsinstrument in Form eines Beobachtungsbogens entwickelt, mit dem sich die experimentelle Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung messen lässt. Dazu muss zunächst der Begriff der experimentellen Kompetenz und seiner Teilkompetenzen geklärt sein (siehe Kapitel 2.2). Als Basis für die Verknüpfung der Teilkompetenzen mit den verschiedenen Stufen der Fähigkeiten wird das Planungs- und Gestaltungsraster der Offenheitsgrade eines Experiments nach Baur et al. (2017a) gewählt (siehe Kapitel 2.3).

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellung:

2.1 Eignet sich der erarbeitete Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung?

Zielsetzung:

Entwicklung und Evaluation eines Beobachtungsinstruments, mit dem sich die experimentelle Kompetenz und ihre Teilkompetenzen messen lassen

Rahmenbedingungen

Insgesamt haben drei Klassen mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung an der Ausarbeitung und Evaluation des Beobachtungsbogens mitgewirkt. Alle Untersuchungen fanden in den Klassenräumen statt, damit sich die Schüler in ihrem gewohnten Umfeld befinden. Die erste Klasse befand sich mit fünf Schülern in der Klassenstufe 10-11 und wurde von vier Personen, davon einer Lehrkraft, einer Pädagogischen Fachkraft, einer wissenschaftlichen Hilfskraft und der Verfasserin, über fünf Doppelstunden und einen Zeitraum von fünf Wochen beobachtet. Während die Verfasserin die Unterrichtsstunden durchführte, konnten die weiteren Beteiligten die Schüler von außen beobachten. Die beiden anderen Klassen waren in den Klassenstufen 8 bzw. 8-9 mit jeweils fünf bzw. vier zu beobachtenden Schülern. Beide Klassen wurden von drei Personen über den Zeitraum eines Schuljahres mit jeweils neun bzw. zehn Messzeitpunkten beobachtet. In der Klasse 8 setzten sich die Beobachter aus einer Lehrerin, einer Pädagogischen Fachkraft und der Verfasserin zusammen, während die Beobachter in der Klasse 8-9 aus zwei Pädagogischen Fachkräften und der Verfasserin bestanden. Eigentlich war angedacht, dass zusätzlich eine wissenschaftliche Hilfskraft mit an der Beobachtung teilnimmt, aufgrund der Covid-19-Lage war dies leider nicht möglich. Daher waren, anders als bei der ersten Klasse, alle Beobachter in das Unterrichtsgeschehen eingebunden und sie füllten parallel zu ihrer Mitarbeit im Unterricht den Beobachtungsbogen aus.

6.4.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Das Ziel ist es, ein Testinstrument zu entwickeln, mit dem sich die experimentelle Kompetenz und deren Teilkompetenzen erfassen lassen. Im Speziellen sollen die experimentellen Fähigkeiten gezielt beobachtet werden können. Trotzdem sollte es eine Möglichkeit geben, Kommentare zu den experimentellen Fertigkeiten abgeben zu können. Als Ausgangspunkt zur Erstellung des Testinstruments wird das Planungs- und Gestaltungsraster zu den Offenheitsgraden eines Experiments nach Baur et al. (2017a; 2020) gewählt. Dieses Raster besteht aus einer zweidimensionalen Matrix, die aus einzelnen Experimentierphasen und den verschiedenen Öffnungsgraden zusammengesetzt ist. Sowohl die Phasen als auch die Stufen werden der Schülergruppe entsprechend angepasst. Daraus ergeben sich sieben Experimentierphasen, die analog zu den sieben Phasen des eigens erstellten Forscherkreislaufs sind: Frage, Vermutung, Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten, Dokumentieren und Ergebnis/Beantwortung (siehe Kapitel 2.2). Es wird bewusst der Begriff Vermutung gewählt, da sich die Vermutung von der Hypothese durch einen nicht notwendigen Bezug auf theoretisches Vorwissen unterscheidet. Die Stufen werden um zwei Stufen erweitert. Hinzukommt kommt eine Stufe, in der die Phase nicht durchlaufen, nicht bewältigt oder beobachtet wurde. Zudem wird die geschlossene Stufe geteilt. Bisher war unter geschlossen die Auseinandersetzung mit beispielsweise einer vorgegebenen Frage gefasst. Die Trennung besteht darin, dass Schüler eine vorgegebene Frage entweder nur mit Hilfestellung einer Person und einer genauen Besprechung verstehen können oder eine gegebene Frage eigenständig nachvollziehen und deren Sinn wiedergeben. Gerade im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist eine Unterscheidung in dem Unterstützungsgrad sinnvoll, da eine eigenständige Bearbeitung ohne Hilfestellung schon einen bedeutenden Entwicklungsschritt darstellt. Aus den Änderungen ergeben sich insgesamt sechs Stufen: (0) Phase nicht durchlaufen, (1) geschlossen mit Unterstützung, (2) geschlossen ohne Unterstützung, (3) leicht geöffnet mit und ohne Unterstützung, (4) geöffnet mit Unterstützung und (5) offen ohne Unterstützung. Zunächst sind die sieben Phasen und fünf Stufen in einer zweidimensionalen Matrix als Übersichtsbogen zusammengefasst. Da dieser Übersichtsbogen für eine Übereinstimmung von verschiedenen Beobachtern noch nicht ausreicht, ist zusätzlich ein Leitfaden formuliert. In diesem Leitfaden findet sich zu allen einzelnen Phasen eine eigene Seite, in der die jeweilige Phase definiert ist und Beobachtungsmerkmale für die verschiedenen Stufen aufgeführt sind. Zuletzt wurde ein Beobachtungsbogen erstellt, den Lehrkräfte während des Unterrichts ausfüllen können. Dieser Bogen ist analog zum Übersichtsbogen, nur dass die beschreibenden Felder zum Ausfüllen leer gelassen sind (siehe Abbildung 38). Zusätzlich

besteht die Möglichkeit, die beobachtende Person, die beobachtete Klasse oder Person (Schüler) sowie das Datum auf der Seite zu vermerken. Auf der Rückseite können Anmerkungen beispielsweise bezüglich des Sozialverhaltens oder der experimentellen Fertigkeiten in einem offenen Kommentarfeld notieren werden.

Beobachtungsbogen zur Erfassung des Experimentierstands. Eine zweidimensionale Matrix						
Phase nicht durchlaufen	1		2		3	
	geschlossen	leicht geöffnet	geöffnet	mit Unterstützung	ohne Unterstützung	offen
Frage	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Fragestellungen aus.	Lernende entwickeln eine eigene Frage.	Lernende entwickeln eine eigene Frage.	Lernende entwickeln eine eigene Frage.
Vermutung	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Vermutungen aus.	Lernende entwickeln eine eigene Vermutung.	Lernende entwickeln eine eigene Vermutung.	Lernende entwickeln eine eigene Vermutung.
Experiment	planen	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch) → Materialüberprüfung	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch) → Durchführung	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Materialien aus.	Lernende überlegen sich Materialien für ein eigenes Experiment.	Lernende überlegen sich Materialien für ein eigenes Experiment.
	durchführen	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch) → Durchführung	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Beobachtungsaufträgen aus.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.
Ergebnis / Beantwortung	Lernende besprechen eine gemeinsame Schlussfolgerung.	Lernende besprechen eine Ergebnisdarstellung.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Schlussfolgerungen aus.	Lernende entwickeln eine Schlussfolgerung.	Lernende entwickeln eine eigene Schlussfolgerung.	Lernende entwickeln eine eigene Schlussfolgerung.
Dokumentieren	Lernende betreiben eine Ergebnisdarstellung.	Lernende betreiben eine Ergebnisdarstellung.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.
Anleitung Lehrkraft						Selbstständig Schüler

Beobachtungsbogen zur Erfassung des Experimentierstands. Eine zweidimensionale Matrix						
beobachtende Person	1		2		3	
	nicht bewältigt oder beobachtet	geschlossen	leicht geöffnet	geöffnet	mit Unterstützung	ohne Unterstützung
Frage						
Vermutung						
Experiment	planen					
	durchführen					
Ergebnis / Beantwortung						
Dokumentieren						
Anleitung Lehrkraft						Selbstständig Schüler

Abbildung 38: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (links: Übersichtsbogen, rechts: Vorderseite des Bogens zum Ausfüllen)

Zum besseren Verständnis des Leitfadens und der Bedeutung der einzelnen Stufen ist exemplarisch die Phase der Beobachtung vorgestellt (siehe Abbildung 39). Eine Beobachtung ist als Ausgang eines Experiments definiert, der über verschiedene Sinneskanäle wahrgenommen und anschließend verbal oder schriftlich als Text oder Bild beschrieben werden kann. Stufe 0 ist bei allen Phasen gleichbedeutend und daher nicht bei jeder Phase erneut aufgeführt. In dieser Stufe wird die Phase vom Schüler nicht bewältigt, beobachtet oder durchgeführt. Bei Stufe 1 und Stufe 2 bekommt der Schüler einen Beobachtungsauftrag vorgegeben. Der Unterschied der beiden Stufen ist, dass der Schüler bei Stufe 1 eine Unterstützung durch die Lehrkraft, Pädagogische Fachkraft oder einen anderen Schüler erhält, während der Schüler bei Stufe 2 den Beobachtungsauftrag alleine ausführen kann. Eine Auswahl zwischen Beobachtungsaufträgen kann der Schüler in Stufe 3 treffen, dabei wird keine Unterscheidung zwischen mit und ohne Unterstützung vorgenommen. Die Beobachtung ohne vorgegebene Anweisung gelingt den Schülern in Stufe 4 und Stufe 5. Auch hier wird zwischen der Beobachtung mit und ohne Unterstützung unterschieden.

	1	2	3	4	5
	geschlossen		leicht geöffnet	geöffnet	offen
	mit Unterstützung	ohne Unterstützung	mit und ohne Unterstützung	mit Unterstützung	ohne Unterstützung
Experiment beobachten	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Beobachtungsaufträgen aus.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.
Der Ausgang des Experiments wird durch die Sinnesorgane (visuell, auditiv, taktil, olfaktorisch, gustatorisch) wahrgenommen und anschließend beschrieben.	Eine Anweisung, was genau beobachtet werden soll, ist vorhanden.	Eine Anweisung, was genau beobachtet werden soll, ist vorhanden.	Es sind verschiedene Beobachtungsaufträge vorhanden, von denen der Schüler einen Auftrag auswählt.	Es gibt keine Anweisung, was genau beobachtet werden soll.	Es gibt keine Anweisung, was genau beobachtet werden soll.
(verbale oder schriftliche Äußerung möglich)	Das richtige Beobachtungsbild oder der richtige -text wird von der Lehrkraft bestimmt.	Das richtige Beobachtungsbild oder der richtige -text wird von der Lehrkraft bestimmt.	Der Schüler wählt zwischen verschiedenen Beobachtungsbildern oder Beobachtungstexten das richtige Bild oder den richtigen Text aus.	Der Schüler beschreibt die Beobachtung, wobei er Unterstützung benötigt.	Der Schüler beschreibt die Beobachtung selbstständig.
	Der Schüler bespricht das richtige Beobachtungsbild oder den richtigen -text mit der Lehrkraft.	Der Schüler kann das richtige Beobachtungsbild oder den -text selbst beschreiben.	Der Schüler kann mit Beobachtungshinweisen von der Lehrkraft unterstützt werden.	Der Schüler kann mit Hilfe ein Beobachtungsbild zeichnen / einen Beobachtungstext formulieren oder vervollständigen.	Der Schüler kann ein eigenes Beobachtungsbild zeichnen / einen eigenen Beobachtungstext formulieren oder vervollständigen.

Lara-Sophie Klein. Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix.

Abbildung 39: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Leitfaden zur Teilkompetenz Beobachten

Die Matrix wurde nach der ersten Erstellung in einem Team mit zwei wissenschaftlichen Hilfskräften reflektiert und um weitere Beobachtungsmerkmale in dem Leitfaden ergänzt. Im Anschluss haben acht Lehrkräfte den Bogen gelesen und ohne dessen Anwendung im Unterricht als schlüssig bewertet. Inwieweit der Beobachtungsbogen in der Praxis handhabbar und wie hoch die Interrater-Übereinstimmung ist, soll die weitere Datenaufnahme zeigen.

Durchführung und Datenaufnahme

Parallel zu den Lernstationen wurde der Beobachtungsbogen durch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte ausgefüllt. Dazu erhielt jede Lehrkraft einen Übersichtsbogen, einen Leitfaden zur Beschreibung der Bedeutung der einzelnen Phasen und Stufen sowie einen Beobachtungsbogen zum Eintragen der Schülernamen. Zunächst wurde der Beobachtungsbogen in der Klasse 10-11 angewendet. Vor dem ersten Einsatz erhielten die Beobachter die zuvor aufgeführten Materialien, um sich in das Instrument einzuarbeiten zu können. Insgesamt wurde der Mesozyklus 6 dabei viermal durchlaufen, bis der Beobachtungsbogen in seiner Endform erstellt war. Sicherheitshalber wurde der Bogen in der Klasse noch ein weiteres Mal durchgeführt. Da jedoch keine weiteren Änderungen benannt wurden, gilt der Bogen als angenommen. Das Produkt des Beobachtungsbogens wurde in den

weiteren beiden Klassen eingesetzt (siehe Abbildung 40 und Abbildung 41 in Kapitel 6.4.3). Die Termine verteilten sich über ein Schuljahr, um die Beständigkeit des Beobachtungsbogens zu testen. In der Klasse 8 wünschten sich die Lehrkräfte eine gemeinsame Besprechung des Beobachtungsbogens mit der Verfasserin, bevor sie ihre Schüler mithilfe des Bogens beobachten. Während des Gesprächs wurden die einzelnen Phasen mit ihren Stufen vorgestellt. Mit den Beobachtern der Klasse 8-9 fand kein vorheriges Gespräch statt, die Beobachter erschlossen sich den Bogen aus dem Übersichtsbogen und dem Leitfaden. Bei allen drei Klassen erhielten die Beobachter zu Beginn der Unterrichtsstunde einen neuen Beobachtungsbogen zum Ausfüllen, auf dem sie alle Namen der Schüler verzeichnen konnten. Nach Abschluss der Beobachtungen wurde mit dem Team der Klasse 8 und dem Team der Klasse 8-9 am Ende ein Interview geführt, bei dem als ein Aspekt eine Rückmeldung mit Bewertung des Beobachtungsbogens eingeholt wurde. Einen Überblick der Daten zeigt Tabelle 42.

Tabelle 42: Datenüberblick Mesozyklus 6

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP gE	4	BB1 - BB4	Beobachtungsbogen, Gespräche	Tonaufnahmen, Transkripte, Videografien, Notizen, Beobachtungsbogen (Interrater-Übereinstimmung)
Schüler mit dem FSP gE	5	SB1 - SB5	Beobachtungsbogen	
Lehrer und PF mit dem FSP gE	5	L1 - L2, L4 - L6	Beobachtungsbogen, Gespräche	
Schüler mit dem FSP gE	9	Dirk, Sina, Tom, Viktor, Wolfgang; Gabriel, Jan, Nina, Sven	Beobachtungsbogen	
Lehrer und PF mit dem FSP gE	4	L1-L2, L4-L5	Interview	

6.4.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Nach jedem Durchlauf des Mesozyklus findet eine Überarbeitung des Beobachtungsbogens statt. Die Änderungen beruhen auf den Rückmeldungen der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte, um das Ausfüllen des Bogens sachdienlicher zu gestalten. Zusätzlich dazu wird die Interrater-Übereinstimmung der Beobachtungsbögen der verschiedenen Beobachter mithilfe des Fleiss-Kappa bestimmt. Ab dem vierten Durchlauf werden keine Änderungswünsche mehr genannt. Dieser vierte Durchlauf findet noch in der ersten Erhebungsklasse statt, sodass beim Einsatz in den weiteren beiden Klassen ausschließlich die Interrater-Übereinstimmung erfasst wird. Ein abschließendes Urteil der Praxistauglichkeit des Beobachtungsbogens für die Erfassung der experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung geben die Interviews mit den beiden Teams aus

den Klassen 8 und 8-9, die mit der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet werden. Tabelle 43 gibt einen Überblick über das Datenmaterial und dessen Auswertungsmethode.

Tabelle 43: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 6

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Beobachtungsbogen 1 - 18 (5 Messzeitpunkte)	09.09.2020 - 07.10.2020	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Interrater-Übereinstimmung mithilfe von Fleiss-Kappa bestimmen, Beobachtungsbogen überarbeiten
Beobachtungsbogen 19 - 48 (10 Messzeitpunkte)	30.10.2020 - 21.05.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	
Beobachtungsbogen 49 - 81 (11 Messzeitpunkte)	30.10.2020 - 21.05.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	
Interview 26 - 27	08.07.2021, 08.09.2021	59 - 95	Qualitative Inhaltsanalyse

Ergebnisse

Es zeigt sich, dass der Beobachtungsbogen grundsätzlich einem logischen Aufbau folgt und sinnvoll beschrieben ist. Während der ersten Durchführungen haben sich kleine Änderungen ergeben, durch die das Ausfüllen des Beobachtungsbogens nutzerfreundlicher wird. Dazu gehört, dass die Stufe 0 eine eigene Spalte erhält, damit die Schülernamen dort deutlich verzeichnet werden können. Zudem fällt auf, dass die Schüler bei der Dokumentation von Beobachtung und Ergebnis unterschiedliche Stufen aufweisen. Da sich gegen Ende zeigt, dass die Dokumentation von Beobachtung und Ergebnis für viele Schüler in einer Doppelstunde zu umfangreich ist und eine Wiederholung des Experiments als sinnvoll erachtet wird, kann die Dokumentation geteilt werden. Somit wird in einer Stunde die Beobachtung und in der Wiederholungsstunde das Ergebnis dokumentiert. Dies kann durch die Buchstaben „B“ oder „E“ in dem Kasten der Dokumentation kenntlich gemacht werden. Als letzter Punkt werden die beiden Phasen Dokumentieren und Ergebnis in dem Bogen getauscht. Wenn am gleichen Arbeitsplatz experimentiert und dokumentiert wird, kann die Dokumentation aus Platzgründen erst am Ende der Stunde erfolgen. Selbst wenn die Dokumentation an einer anderen Stelle vorkommt, kann der Beobachter die Phase am Ende des Bogens schnell finden und die Beobachtung eintragen. Im Anschluss an die Änderungen sind in der Klasse 10-11 und auch in den weiteren beiden Klassen keine Änderungsvorschläge oder Unklarheiten mehr formuliert worden. Daraus ergibt sich der in Abbildung 40 dargestellte Übersichtsbogen. Alle Lehrkräfte erhalten neben dem Übersichtsbogen den Leitfaden, der ihnen eine Unterstützung beim Ausfüllen des Bogens bietet. Auf dessen Grundlage füllen die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte während des Unterrichts den Beobachtungsbogen aus (siehe Abbildung 41).

**Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten).
Eine zweidimensionale Matrix**

0 Phase nicht durchlaufen		1		2		3		4		5	
		geschlossen				leicht geöffnet				geöffnet	
		mit Unterstützung		ohne Unterstützung		mit und ohne Unterstützung		mit Unterstützung		ohne Unterstützung	
Frage		Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage.		Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage.		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Fragestellungen aus.		Lernende entwickeln eine Frage.		Lernende entwickeln eine eigene Frage.	
Vermutung		Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.		Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Vermutungen aus.		Lernende entwickeln eine Vermutung.		Lernende entwickeln eine eigene Vermutung.	
Experiment	planen	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Materialüberprüfung		Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Materialüberprüfung		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Materialien aus.		Lernende überlegen sich Materialien für ein Experiment.		Lernende überlegen sich Materialien für ein eigenes Experiment.	
	durchführen	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Durchführung		Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Durchführung		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Experimentieranleitungen aus.		Lernende entwickeln eine Experimentieranleitung.		Lernende entwickeln eine eigene Experimentieranleitung.	
	beobachten	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.		Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Beobachtungsaufträgen aus.		Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.		Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.	
Ergebnis		Lernende besprechen eine gelieferte Schlussfolgerung.		Lernende besprechen eine gelieferte Schlussfolgerung.		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Schlussfolgerungen aus.		Lernende entwickeln eine Schlussfolgerung.		Lernende entwickeln eine eigene Schlussfolgerung.	
Dokumentieren (Unterscheidung in Beobachtungs- und Ergebnisdokumentation möglich, dann mit B und E kennzeichnen)		Lernende betrachten eine Ergebnisdarstellung.		Lernende betrachten eine Ergebnisdarstellung.		Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Ergebnisdarstellungen aus.		Lernende dokumentieren das Ergebnis.		Lernende dokumentieren das Ergebnis.	
Anleitung Lehrkraft						Selbstständigkeit Schüler					

Angelohnen:
Baier, Ehrenfeld, Emden, Hummel, Krieg (2017): Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Chemie. Unterrichtsdein. Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren. Bergedorfer Unterrichtsdein. Pörsen
Baier, Hummel, Emden, Schröter (2020). Wie offen soll offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. MNU Journal(2)

Lara-Sophia Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

Abbildung 40: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Übersichtsbogen

**Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten).
Eine zweidimensionale Matrix**

beobachtende Person: _____ beobachtete Klasse/Person: _____ Datum: _____

		0	1	2	3	4	5
		geschlossen		leicht geöffnet		geöffnet	
		nicht bewältigt oder beobachtet	mit Unterstützung	ohne Unterstützung	mit und ohne Unterstützung	mit Unterstützung	ohne Unterstützung
Frage							
Vermutung							
Experiment	planen						
	durchführen						
	beobachten						
Ergebnis							
Dokumentieren <small>(Unterscheidung in Beobachtungs- und Ergebnisdokumentation möglich, dann mit B und E kennzeichnen)</small>							
		Anleitung Lehrkraft				Selbstständigkeit Schüler	

Lara-Sophia Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

**Anmerkungen
(z. B. experimentelle Fertigkeiten, Sozialverhalten, ...)**

Lara-Sophia Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

Abbildung 41: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Bogen für Lehrkräfte zum Ausfüllen (oben: Vorderseite, unten: Rückseite)

Nach jeder Unterrichtsstunde wurde mittels Fleiss-Kappa die Interrater-Übereinstimmung berechnet. Die Interrater-Übereinstimmung kann auch als Interrater-Reliabilität bezeichnet werden. Darunter versteht man, dass verschiedene Rater dasselbe Merkmal präzise erfassen. Es geht also darum, ob die Einschätzung jedes einzelnen Raters zuverlässig ist, was durch die Reliabilität zwischen den verschiedenen Ratern geprüft werden kann (Wirtz & Casper, 2002). Während des Unterrichts werden alle Schüler von drei bis vier Lehrkräften beobachtet. Die Beobachter gelten als die Rater, deren Übereinstimmung bei der Zuordnung der Stufen in Bezug auf die einzelnen Phasen bestimmt wird. Die Interrater-Übereinstimmung wird sowohl für die einzelnen Phasen als auch für den gesamten Beobachtungsbogen berechnet (siehe Tabelle 44). Der Beobachtungsbogen wird als reliabel angenommen, wenn die Werte über 0,81 liegen, also als „almost perfect“ eingestuft werden (Landis & Koch, 1977).

Tabelle 44: Interrater-Reliabilität des Beobachtungsbogens mittels einer Berechnung durch Fleiss-Kappa

Interrater-Übereinstimmung des Beobachtungsbogens (Fleiss Kappa)										
Testung 1 bis 5: Klasse 10-11 (4 Rater, 5 Probanden)										
Testung	Frage	Vermutung	Experiment			Ergebnis	Dokumentieren			gesamt
			planen	durchführen	beobachten		allgemein	Beobachtung	Ergebnis	
1	0,09297052	0,23809524	0,31464174	-0,11111111	0,50617284	-0,18863049	0,50980392	#DIV/0!	0,07407407	0,41831402
2	1	0,73333333	1	0,73333333	0,7979798	0,80582524	0,66374269	0,44305207	1	0,85142385
3	1	1	1	0,625	0,5862069	0,4	0,75129534	0,44186047	1	0,86573427
4	1	1	1	1	0,60784314	0,64912281	/	0,85185185	/	0,92447819
5	1	1	1	0,68085106	0,42307692	1	/	/	1	0,95321898
Testung ab 6 gerade Zahlen: Klasse 8 (3 Rater, 5 Probanden) / Testung ab 7 ungerade Zahlen: Klasse 8-9 (3 Rater, 4 Probanden)										
Testung	Frage	Vermutung	Experiment			Ergebnis	Dokumentieren			gesamt
			planen	durchführen	beobachten		allgemein	Beobachtung	Ergebnis	
6	1	-0,07142857	0,46428571	#DIV/0!	0,55882353	#DIV/0!	entfällt	#DIV/0!	entfällt	0,90876102
7 entfällt	/	/	/	/	/	/	/	/	Das Ergebnis wird nur in der Stunde der Wiederholung dokumentiert, welche nicht berechnet wird.	/
8	0,1	-0,5	-0,038461538	#DIV/0!	1	1		1		0,649259548
9	0,586206897	0,657142857	1	1	1	1		-0,170731707		0,746734297
10	1	0,2	0,4	0,707317073	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		0,824046921
11	0,608695652	1	1	1	0,333333333	0,608695652		#DIV/0!		0,828571429
12 entfällt	/	/	/	/	/	/		/		/
13	#DIV/0!	0,25	1	1	0,07692308	#DIV/0!		1		0,80851064
14 entfällt	/	/	/	/	/	/		/		/
15	1	0,30769231	1	0,35714286	#DIV/0!	1		#DIV/0!		0,87557604
16	0,6	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1		#DIV/0!		0,94765101
17	1	1	1	1	1	1		1		1
18	1	0,74468085	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1		0,96333479
19	1	1	1	1	0,60869565	#DIV/0!		1		0,953958
20	1	1	#DIV/0!	#DIV/0!	1	#DIV/0!		-0,2		0,91984733
21	1	1	0,25	0,25	1	1		0,45454545		0,78019324
22	1	1	-0,5	1	1	1		#DIV/0!		0,86457854
23	1	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1	1		1		1
24	1	1	#DIV/0!	#DIV/0!	-0,3333333	#DIV/0!		#DIV/0!		0,8685446
25	1	1	1	1	1	0,45454545		1		0,92557252
26	0,72727273	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!		0,96661367
27 entfällt	/	/	/	/	/	/		/		/
28	1	1	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!		1		1
29	1	1	#DIV/0!	1	1	#DIV/0!		1		1

Schaut man sich die Werte genau an, lassen sich Werte unter 0,81 finden. Zunächst richtet sich der Blick auf die Gesamtwerte des Beobachtungsbogens. Bei der ersten Testung in der Klasse 10-11 ist der Beobachtungsbogen das erste Mal zur Anwendung gekommen, weshalb die Lehrkräfte sich zunächst in den neuen Bogen und auch in die neue Situation des Experimentierens und den Ablauf einfinden mussten. Trotz der weiteren Änderungen zeigt der Gesamtbogen in dieser Klasse im Anschluss eine sehr hohe Übereinstimmung. In der Klasse 8-9 ist die erste Berechnung entfallen, da die Lehrkräfte sich zunächst an den Ablauf der Unterrichtsstunde mit dem Experimentieren und gleichzeitigen Beobachten gewöhnen

mussten. Daher haben sie in der ersten Stunde die Schüler ohne Ausfüllen des Bogens beobachtet. Ein weiterer Termin entfällt in der Klasse, da eine Pädagogische Fachkraft erkrankt ist und somit die Berechnung von drei Ratern nicht einheitlich vorgenommen werden kann. Bei der zweiten berechneten Unterrichtsstunde ist die Interrater-Übereinstimmung noch gering, da die Lehrkräfte in dieser Stunde den Beobachtungsbogen erst das zweite Mal anwenden und nach dieser Stunde angeben, dass sie sich noch in den Bogen einfinden müssen. Bei der Klasse 8 gelingt der Einstieg sicher, da der Bogen vorab intensiv gelesen und besprochen wurde und somit dessen Anwendung vorab erfasst wurde. Die zweite Berechnung ist weniger gut, da L1 in den ersten drei Phasen nicht in der Klasse ist und somit der Wert 0 zugeordnet wird, obwohl die anderen beiden Rater in ihrer Zuordnung übereinstimmen. Ansonsten zeigen alle Werte eine sehr hohe Übereinstimmung. Zwei Berechnungen müssen entfallen, da die Pädagogische Fachkraft in diesen Stunden zur Vertretung in anderen Klassen eingesetzt war.

Die Abweichungen der Interrater-Übereinstimmung der einzelnen Phasen lässt sich meist ähnlich begründen. In den überwiegenden Fällen ist eine gleichzeitige Beobachtung aller Schüler schwer möglich, sodass einzelne Situationen nicht von allen Ratern gesehen wurden und somit ein anderer Wert eingetragen wird. Zum Beispiel kann ein Schüler während des Experimentierens Hilfe in Anspruch nehmen, die nur von der Lehrkraft, welche die Hilfe gibt als Unterstützung eingeordnet wird. Die anderen Lehrkräfte beobachten währenddessen einen anderen Schüler und können die Situation nicht erfassen. Zudem fällt auf, dass Werte, die nicht direkt, sondern später nach dem Gedächtnis, eingetragen werden, sich häufig nicht mehr sicher zuordnen lassen und sich auch daraus Abweichungen ergeben. Teilweise müssen Rater den Unterricht wegen schulischen Absprachen phasenweise verlassen, sodass an dieser Stelle der Wert 0 zugeordnet wird und dadurch die Übereinstimmung sinkt. Auch die Covid-19-Situation erschwert den Unterricht. Durch den Lockdown nehmen phasenweise nur zwei Schüler an den Experimenten teil, sodass die Übereinstimmung bei nur einer kleinen Abweichung schon deutlich sinkt. Denn auch, wenn die Rater einen Schüler in der gleichen Situation beobachten, kann die Einschätzung der Unterstützung variieren. So kann ein Rater auf die Schülerfrage, ob er das richtige Material rausgesucht hat, die Aufforderung noch einmal in die Kiste zu gucken, schon als Unterstützung bewerten, während ein anderer Rater darin noch keine Unterstützung sieht. Insgesamt zeigt sich beim Ausfüllen des Bogens eine hohe Interrater-Übereinstimmung. Bei geringerer Übereinstimmung lassen sich meist die genannten Gründe heranziehen.

Reflexion

Der Beobachtungsbogen dient als Instrument, um die experimentelle Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung zu erfassen.

Für einen allgemeingültigen Einsatz, der zuverlässige Ergebnisse bringt, muss der Beobachtungsbogen den Gütekriterien entsprechen:

- 1) *Objektivität*: Die Objektivität muss in der Durchführung, Auswertung und Interpretation vorliegen (Hug & Poscheschnik, 2015). Bei der Interrater-Übereinstimmung zeigt sich, dass unabhängige Beobachter den gleichen Probanden meist gleich einstufen, sodass der Beobachtungsbogen eine recht hohe Objektivität ermöglicht. Trotzdem lässt sich eine vollständige Objektivität bei der Beobachtung nicht herstellen (Döring & Bortz, 2016). Ein Grund dafür ist die Eingebundenheit der beobachtenden Personen in die Situation, wodurch sie die Situationen verändern können (Trescher, 2016). Der Auswertung liegen einheitliche und eindeutige Regeln zugrunde, wodurch sie objektiv vorgenommen werden kann. In der Studie wurden die Ergebnisse von zwei Personen mit dem gleichen Ergebnis ausgewertet. Eine Objektivität bei der Interpretation kann es kaum geben, da Interpretationen meist subjektiven Bewertungen unterliegen (Krebs & Menold, 2014). Nach Madill, Jordan und Shirley (2000) sollte man die Objektivität qualitativer Forschung nicht an den drei Punkten der Durchführung, Auswertung und Interpretation, sondern an der Analyse qualitativer Daten festmachen. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob zwei Forscher bei der Analyse der Daten zu den gleichen Ergebnissen kommen. Die Daten wurden sowohl von zwei Personen übereinstimmend ausgewertet als auch durch Interviews mit den Lehrkräften als zutreffend bewertet.
- 2) *Reliabilität (Zuverlässigkeit)*: Bei der Reliabilität wird die Varianz des „wahren“ Messwerts zu dem Messwert des Testverfahrens betrachtet (Schermelleh-Engel & Werner, 2012). Die Reliabilität lässt sich mit verschiedenen Arten bestimmen. Wenn statt psychometrischer Tests die Beurteilung durch Beobachter vorgenommen wird, ist die Reliabilitätsbestimmung durch die Interrater-Reliabilität zu bevorzugen (Wirtz & Casper, 2002). Wie die Ergebnisse zeigen, erreicht der Beobachtungsbogen eine hohe Interrater-Übereinstimmung. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird auf den vorherigen Abschnitt verwiesen.
- 3) *Validität (Gültigkeit)*: Mit dem Beobachtungsbogen soll sich die experimentelle Kompetenz durch ihre Teilkompetenzen einschätzen lassen. Von Beginn an wird von verschiedenen Personen die Messbarkeit der experimentellen Kompetenz als erfüllt angesehen. Am Ende wird mit den beiden Teams der Klasse 8 und Klasse 8-9 in einem Interview erneut die Gültigkeit des Tests evaluiert. Dabei bekommen die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte die Entwicklungsverläufe vorgelegt und können diese mit ihren persönlichen Einschätzungen abgleichen. Beide Klassenteams geben an, dass sich die abgebildeten Entwicklungsverläufe mit ihren Einschätzungen decken. Mit der Zustimmung der Interviewten zu den Ergebnissen wird die Validierung in Form der kommunikativen Validierung als erfüllt angesehen (Flick, 2014).

Der Beobachtungsbogen erfüllt größtenteils die drei klassischen Gütekriterien. Auch bei der weiteren Anwendung des Beobachtungsbogens, und dessen Auswertung in Form der Beschreibung von Entwicklungsverläufen, ist die Gültigkeit der Gütekriterien analog zu der hier gegebenen Darstellung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich mit dem Beobachtungsbogen die experimentelle Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung erfassen lässt. Der Beobachtungsbogen ist nicht als standardisiertes Instrument zu verstehen, der einen Vergleich der experimentellen Kompetenz mit einer „normalen“ Entwicklung vorsieht. Es geht vielmehr darum, den Stand der experimentellen Teilkompetenzen einzuschätzen, deren Entwicklung nachzuvollziehen und spezielle Förderungen in den einzelnen Bereichen vornehmen zu können. Unter experimenteller Kompetenz sind bewusst die experimentellen Fähigkeiten gefasst, da die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige und motorische Entwicklung häufig eine motorische Unterstützung durch eine Assistenz benötigen. Der Bogen lässt die experimentellen Fähigkeiten nicht außen vor, sondern ermöglicht es, in einem freien Bemerkungsfeld Kommentare zu notieren. Während der Beobachtung und in den Interviews hat sich gezeigt, dass die parallele Beobachtung mehrerer Schüler eine große Herausforderung darstellt, und sich nicht sämtliche Schüler in allen Situationen gleichzeitig beobachten lassen. Auch die zeitgleiche Mitwirkung der Beobachtenden im Unterricht erschwert eine detaillierte Beobachtung. Für eine größere Aussagekraft ist es sinnvoll, maximal zwei bis drei Schüler gleichzeitig zu beobachten, wenn möglich, aus einer außenstehenden Perspektive. Bei der Erhebung sollten die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte zumindest alle zwei Wochen diese Möglichkeit bekommen. Da aufgrund der Covid-19-Verordnungen allerdings ein Zutritt von Nicht-Angestellten der Schule nicht erlaubt war, waren die Lehrkräfte in allen Stunden in den Unterricht integriert. Unabhängig von der Anzahl der zu beobachteten Schüler, ist eine zuverlässige Beobachtung nur nach einer vorherigen intensiven Auseinandersetzung mit dem Beobachtungsbogen möglich. Alle Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte geben an, dass die Phasen sehr deutlich voneinander unterschieden werden können, während sich bei einigen die Unterteilung der Stufenzuordnung schwieriger darstellt. Die parallele Nutzung des Leitfadens bietet eine gute Unterstützung, um die Stufe sicher zuzuordnen.

In diesem Mesozyklus geht es primär um die Erstellung und Evaluation des Beobachtungsbogens. Die Lehrkräfte nehmen selbst keine Auswertung der Bögen vor. Da die Auswertung der Daten vorsieht, die Daten mittels deskriptiver Statistik zunächst in einer Datenmatrix und anschließend in einem vorgegebenen Diagramm darzustellen, ist anzunehmen, dass die Übertragung der Daten zielsicher gelingt (Ophuysen, Fischer & Behrmann, 2021). Eine Auswertung der Daten und ein Rückschluss auf die Entwicklung der

experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung werden in Kapitel 6.5 und 6.6 gegeben.

6.5 Entwicklung der experimentellen Kompetenz und eines Verständnisses des Forscherkreislaufs in Bezug auf die einzelnen Teilkompetenzen aller Schüler (Mesozyklus 7)

Neun Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung wendeten über ein Schuljahr die verschiedenen Experimentiervorschriften an. Sie wurden währenddessen u. a. auf Grundlage des Beobachtungsbogens beobachtet, um eine Aussage über die Entwicklung der experimentellen Kompetenz von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung treffen zu können.

6.5.1 Analyse und Vorbereitung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt das Experiment eine zentrale Rolle (Ralle, 2017). Die Experimente wurden in Mesozyklus 1 auf Grundlage der Kapitel 2, 3 und 4 konzipiert sowie in den weiteren vier Mesozyklen durch Experten evaluiert und als Lernstationen mit weiteren Materialien aufbereitet (siehe Kapitel 6.1 bis 6.4). Zusätzlich zu den Lernmaterialien ist eine „vorbereitete, strukturierte und anregend gestaltete Lernumgebung“ (Bannach, 2008) eine weitere Voraussetzung für einen, an den individuellen Bedürfnissen der Schüler orientierten, experimentellen Unterricht. Des Weiteren sollten die Experimentiertage in regelmäßigen Abständen liegen, um ein Verständnis des Experimentierprozesses aufzubauen (Lück, 2018). Der Einsatz des Experiments im Unterricht kann als Gegenstand oder als Methode erfolgen (Barzel et al., 2012). In dieser Studie wird das Experiment als Unterrichtsgegenstand zur Erkenntnisgewinnung eingesetzt, wodurch manuelle Fertigkeiten und experimentelle Fähigkeiten gefördert werden (Emden, Hüblinger & Sumfleth, 2010). Es geht also primär um das prozessbezogene Wissen der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweise des Experimentierens und weniger um das inhaltsbezogene Wissen, also das Verständnis der Nachhaltigkeitsziele (Möller et al., 2013). Das Ziel des Einsatzes der Experimente ist nicht nur der Aufbau, sondern auch die Weiterentwicklung der experimentellen Kompetenz bei den Schülern. Um diese zu erfassen, wird der in Mesozyklus 6 auf Grundlage des Gestaltungs- und Planungsrasters von Baur et al. (2017a) entwickelte Beobachtungsbogen genutzt (siehe Kapitel 2.3 und 6.4). Als weiteres Instrument zur Erfassung der experimentellen Kompetenz, aber auch zur Unterstützung der Schüler im Unterricht, bietet sich die Nutzung eines Forscherkreislaufs an (siehe Kapitel 2.2). Da kein geeigneter Forscherkreislauf für die Anwendung mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Behinderung vorzufinden ist,

wird auf Grundlage der bestehenden Experimentierphasen ein eigener Forscherkreislauf erstellt.

Bisher wird nur in wenigen Lernsituationen der Weg der Erkenntnisgewinnung selbst als Lernziel gesetzt, weshalb dessen Betrachtung, mit Blick auf die Entwicklung einer experimentellen Kompetenz, neue Einblicke in die Forschung ermöglicht (Sommer et al. 2021).

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:

2.2 Wie entwickelt sich die Schülergruppe in den einzelnen experimentellen Teilkompetenzen?

2.4 Können sich die Schüler innerhalb eines Schuljahres von einem kochrezeptartigen Experimentieren mit Unterstützung lösen?

2.5 Entwickeln die Schüler ein Verständnis für den Ablauf des Experimentierprozesses (Forscherkreislauf)?

2.6 Wie beurteilen die Schüler aus affektiv-motivationaler Sicht die Experimentiereinheiten?

2.7 Welche Erinnerungsfähigkeit an die Inhalte der Lernstationen weisen die Schüler auf?

Zielsetzung:

Entwicklung der experimentellen Kompetenz durch die Entwicklung der Teilkompetenzen aller Schüler beschreiben

Rahmenbedingungen

Zwei Schulklassen mit jeweils fünf bis sechs Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung wurden über ein Schuljahr begleitet. Davon nahmen jeweils vier bzw. fünf Schüler an der Studie teil. Geplant war die Studie mit über zehn Schülern, die aufgrund von Klassenwechseln allerdings nicht mehr einbezogen werden konnten. Eine Klasse war in der Klassenstufe 8, die andere in der Klassenstufe 8-9, wobei ein ehemaliger Schüler aus der Klasse 10 in den Experimentierstunden zu dieser Klasse hinzustieß. Alle Schüler werden zusätzlich im Förderschwerpunkt Sehen beschult, ein Schüler ist blind. Das Alter der Schüler lag zwischen 13 und 16 Jahren. Neben den Schülern waren in der Klasse 8 eine Lehrkraft und ein bis zwei Pädagogische Fachkräfte und in der Klasse 8-9 zwei Pädagogische Fachkräfte in den Unterricht eingebunden. Alle Lernstationen wurden im eigenen Klassenraum in einer Doppelstunde durchgeführt und in der darauffolgenden Woche wiederholt. Geplant war, dass die Experimentierstunden wöchentlich zu den gleichen Unterrichtsstunden stattfinden. Aufgrund der Schulschließung wegen der Covid-19-Lage, mussten Unterrichtsstunden entfallen und wurden daher zu anderen Terminen nachgeholt. Die erste Unterrichtsstunde wurde von der Verfasserin durchgeführt und die Wiederholungsstunde in der darauffolgenden Woche von der Lehrkraft oder Pädagogischen Fachkraft der jeweiligen Klasse. Eigentlich sollte zusätzlich eine wissenschaftliche Hilfskraft zur Unterstützung an den Stunden teilnehmen, auch das war aufgrund der Covid-19-Situation nicht möglich. Daher waren die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte, anders als zuvor geplant, in allen Unterrichtsstunden aktiv am Unterrichtsgeschehen beteiligt. Neben den Experimentierstunden wurden weitere Erhebungen mit den Schülern oder Lehrern und Pädagogischen Fachkräften durchgeführt, die

entweder im Klassenraum oder in einem bekannten Nebenraum stattfanden. Ein Überblick über die Termine und Anwesenheit der Teilnehmenden ist im nächsten Kapitel gegeben.

6.5.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Lernstationen (Experimentiervorschriften, Arbeitsblätter, Forscherkreislauf)

Jede Lernstation setzt sich aus den Experimentiervorschriften, den Protokollbögen in Form von Arbeitsblättern und weiteren Unterstützungsmaterialien zusammen. Die Experimentiervorschriften sind in Mesozyklus 1 bis 5 erstellt worden und exemplarisch an dem Experiment „Feind der Tiere“ verbildlicht (siehe Abbildung 31, Abbildung 36 und Abbildung 37 in Kapitel 6.2.3 bzw. 6.3.3). Alle weiteren Experimentiervorschriften sind in Vereinfachter Sprache im Anhang abgebildet². Die Arbeitsblätter wurden in Mesozyklus 5 evaluiert, sind den Lehrkräften allerdings vor dem Einsatz in diesem Mesozyklus noch einmal vorgelegt worden, wodurch sich kleine Änderungen ergeben haben. Zum einen ist das Arbeitsblatt weiter gespalten worden, um weniger Inhalt auf einer Seite zu präsentieren. Außerdem schreibt die Klasse 8 auf einer anderen Lineatur, weshalb auch diese auf den Arbeitsblättern angepasst wird. Daraus ergeben sich für die Klasse 8 und Klasse 8-9 zwei sich durch die Lineatur unterscheidende Arbeitsblätter (siehe Abbildung 42 und Abbildung 43). Zu den weiteren Unterstützungsangeboten zählen die Unterlagen (siehe Abbildung 34 in Kapitel 6.3.3), Zeichnungen, Fotos, reale Anschauungsobjekte und der Forscherkreislauf.

Abbildung 42: Arbeitsblätter zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“ für die Klasse 8

Abbildung 43: Arbeitsblätter zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“ für die Klasse 8-9

² Alle Lernstationen (Experimentieranleitungen, Protokollbögen, didaktische Hinweise und weitere Materialien) sollen in einem separaten Experimentierband veröffentlicht werden.

Auf Grundlage der verschiedenen bestehenden Experimentierphasen wurde ein eigener Experimentierzyklus mit seinen einzelnen Phasen erstellt (siehe Kapitel 2.2). Dieser Zyklus kann als Forscherkreislauf dargestellt und als weiteres Lernmaterial herangezogen werden. Er besteht aus insgesamt sieben Phasen, die analog zu den sieben Phasen des Beobachtungsbogens sind: Fragestellung, Vermutung, Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten, Dokumentieren und Ergebnis. Es ist bewusst der Begriff der Vermutung gewählt, da diese, anders als die Hypothese, nicht durch eine wissenschaftliche Begründung gestützt ist (Sommer & Pfeifer, 2018a). In der Durchführung in Mesozyklus 5 hat sich gezeigt, dass die Schritte Dokumentieren und Ergebnis aus organisatorischen Gründen getauscht werden müssen. Da die Schüler an ihrem Arbeitsplatz experimentieren und dokumentieren, müssen sie zunächst ihren Tisch aufräumen, bevor sie mit der Dokumentation beginnen können. Ob dies auch in den beiden anderen Klassen der Fall ist, wird sich im Laufe des Schuljahres zeigen. Vor dem Einsatz im Unterricht haben die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte den Forscherkreislauf begutachtet und für passend befunden. Geplant ist, diesen mit der Zeit einzuführen, um die Schüler nicht zu überfordern. Dazu wird der Forscherkreislauf in zwei Varianten aufbereitet. Zum einen gibt es ein Plakat, auf dem die Schüler die richtige Zuordnung und Reihenfolge der Begriffe und Piktogramme aufkleben können. Dieses Plakat wird nach der Einführung in den weiteren Unterrichtsstunden immer sichtbar an der Tafel hängen (siehe Abbildung 44). Zum anderen wird eine Forscherscheibe eingesetzt, bei der die Schüler den aktuellen Schritt sehen können (siehe Abbildung 45). Durch die Verbindung von Symbolen und Begriffen können alle Schüler mit dem gleichen Forscherkreislauf arbeiten. Wann diese Lernmaterialien zum Einsatz kommen, ist in der Durchführung benannt. Das Ziel ist es, den Schülern neben einer praktischen Durchführung einen Weg vorzustellen, mit dem sie den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg auf der Meta-Ebene nachvollziehen können (Weirauch et al., 2020b, S. 23).

Ein letztes Lernmaterial ist die Forschermappe, in der alle Lerneinheiten mit ihren Protokollbögen, weiteren Arbeitsblättern und Fotos gesammelt werden. Jeder Schüler legt eine eigene Forschermappe mit einem vorbereiteten Deckblatt an und erweitert sie nach und nach mit den jeweils neuen Arbeitsblättern.

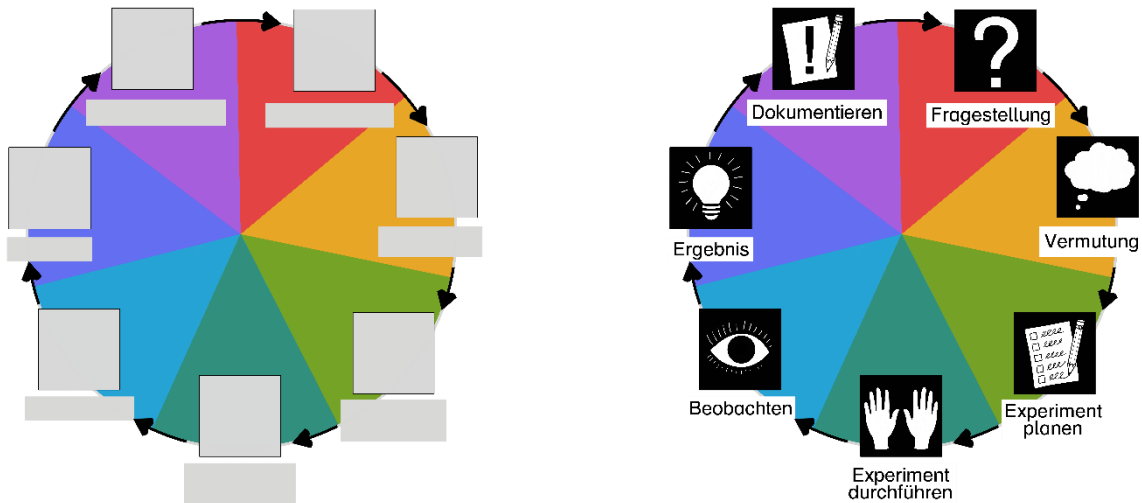


Abbildung 44: Forscherkreislauf in Form eines Plakats (Das Plakat hat freie Felder, auf die die richtigen Piktogramme und Begriffe geklettet werden können. So können die Phasen des naturwissenschaftlichen Experiments mit seinen einzelnen Phasen Schritt für Schritt ergänzt werden.)

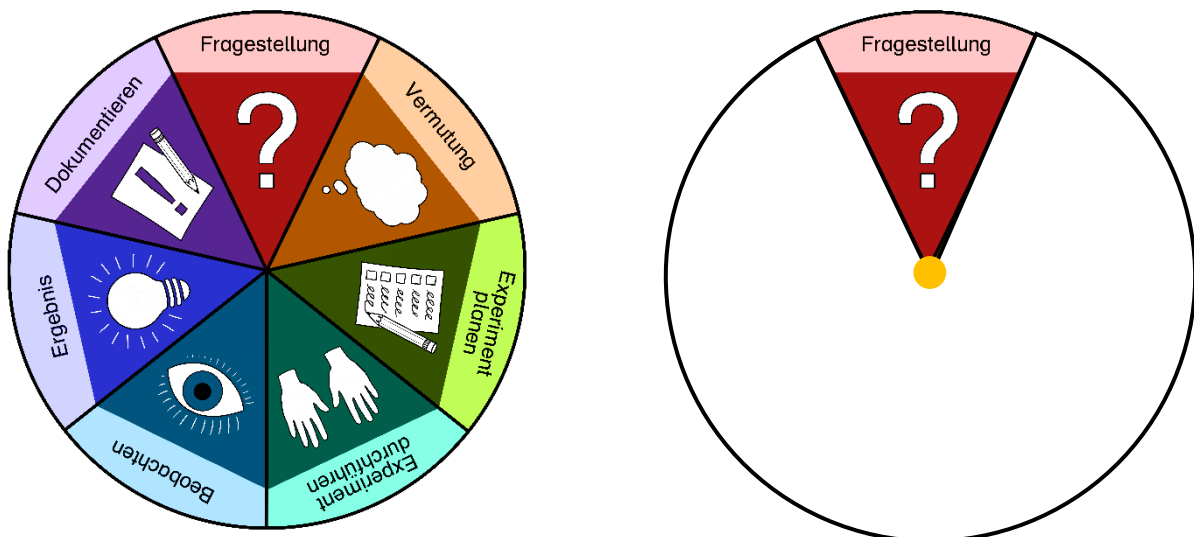


Abbildung 45: Forscherkreislauf in Form einer Forscherscheibe (Der Forscherkreislauf wird mit einem Kreis abgedeckt, der durch ein Sichtfenster nur ein Feld freigibt. Durch eine Musterklemme können die beiden Seiten zusammengeheftet werden, sodass durch Drehen der hinteren Scheibe immer eine Experimentierphase zu sehen ist.)

Ablauf einer Lernstation

In Mesozyklus 5 hat sich gezeigt, dass die Schüler vor dem Start der Experimentiereinheiten mit den benötigten Geräten und Chemikalien vertraut gemacht werden müssen, da ihnen diese meist noch unbekannt sind. Aus diesem Grund ist vor dem ersten Experiment eine separate Einstiegsphase geplant, in der die Schüler an das Experimentieren herangeführt werden, die Begriffe und Beispiele für Geräte und Chemikalien kennenlernen sowie eine Sicherheitsbelehrung erhalten. Ebenso, wie die späteren Lernstationen mit den naturwissenschaftlichen Experimenten, werden auch die Einführungsstunden in der darauffolgenden Woche analog wiederholt. In der ersten Stunde wird das Experiment „Regenbogen im Glas“ durchgeführt. Bei diesem Experiment gibt es noch keine

Experimentieranleitung, stattdessen wird der Ablauf gemeinsam besprochen und das Experiment unter der Leitung der Verfasserin durchgeführt. Mit diesem Vorgehen sollen die Schüler einen ersten Zugang zu naturwissenschaftlichen Experimenten bekommen und ihr Interesse hierfür geweckt werden. Zudem arbeiten sie zum ersten Mal mit einer strukturierenden Unterlage und lernen die ersten beiden Geräte, Becherglas und Pipette, sowie die Chemikalien, Wasser, Zucker und Lebensmittelfarbe kennen, ohne dass dabei schon eine Unterscheidung vorgenommen wird. Auf die Unterscheidung wird erst in der nächsten Stunde eingegangen. Zunächst werden verschiedenen Realgegenständen die entsprechenden Begriffe zugeordnet und anschließend werden diese gemeinsam zu den Zeichnungen der Geräte und Chemikalien gruppiert. Zur Festigung kann ein Memory gespielt werden, bei dem sich die Schüler durch die gleichfarbigen Ränder der Karten selbst kontrollieren können (siehe Abbildung 46). Auch die Sicherheitsbelehrung ist vor der Durchführung von naturwissenschaftlichen Experimenten vorzunehmen. Dazu wird in der ersten Stunde ein gemeinsames Plakat erstellt. In der Wiederholungsstunde kleben die Schüler auf Arbeitsblättern die richtigen Regeln mit den Symbolen auf (siehe Abbildung 47). Im Anschluss wird erneut ein Experiment durchgeführt, bei dem der Wiederholung und der Einhaltung der Sicherheitsregeln große Beachtung gewidmet wird. Für das Experiment erhalten die Schüler ein weißes Pulver und sollen herausfinden, was sie für ein Pulver bekommen haben. Sie erkennen, dass es sich um Windelpulver handelt und es in diesem Fall sehr sinnvoll war, das Pulver beispielsweise nicht zu probieren. Durch diese Einführungsphase erhalten die Schüler die Möglichkeit, ihre manuellen Fähigkeiten im Umgang mit den ihnen häufig unbekanntem Experimentiergeräten und Chemikalien zu üben, „um Schritt für Schritt die Fertigkeiten für ein problemorientiertes, selbstständiges Experimentieren zu erreichen“ (Barke et al., 2018, S. 213).



Abbildung 46: Memory zur Zuordnung von Geräten und Chemikalien am Beispiel von Spülmittel und Becherglas

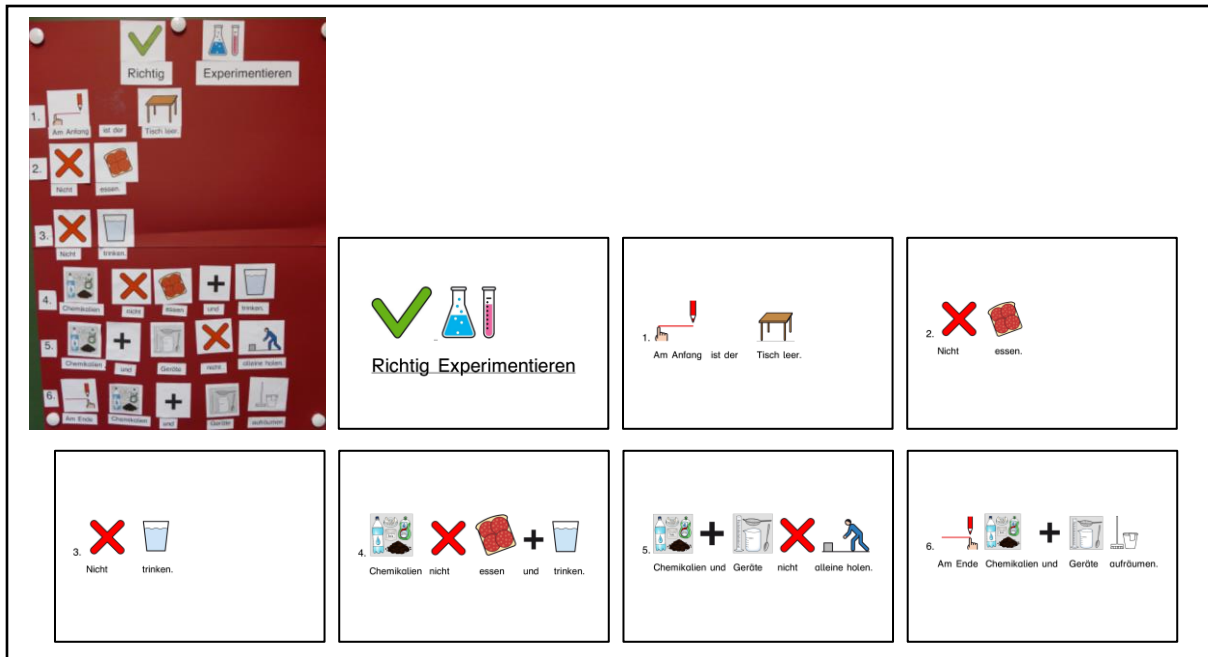






Abbildung 47: Sicherheitsbelehrung (auf rotem Hintergrund: fertiges Plakat, auf weißem Hintergrund: fertige Arbeitsblätter)

Ebenso wie die Einführungsphase ist auch der Ablauf der Lernstationen aus dem Mesozyklus 5 abgeleitet. Alle SDGs bekommen ein Thema zugeordnet und bilden eine eigene Lerneinheit: Wasser (SDG6), Meere und Ozeane (SDG14) sowie Pflanzen und Tiere (SDG15). Jede Lerneinheit besteht aus vier Lernstationen, die aus drei Kochbuchanleitungen und einem Forscherauftrag zusammengesetzt sind. Zu Beginn jeder Lerneinheit werden das vorhandene Wissen der Schüler erfragt und Ideen zu dem Thema gesammelt. Am Ende jeder Lerneinheit ist der Forscherauftrag geplant. Bei Forscheraufträgen stehen die Frage oder der Auftrag im Vordergrund, zu deren Beantwortung die Schüler sich selbst entsprechende Maßnahmen überlegen müssen (Hartinger et al., 2013). Zusätzlich dazu ist geplant, je nach Entwicklung der Schüler, weitere Experimente als Forscheraufträge umzuwandeln. Dies kann vorab nicht vorausgesagt werden, da nicht einzuschätzen ist, wie die Schüler mit den Lernstationen zurechtkommen und wie früh eine Öffnung der Experimente erfolgen kann. Bei der grundlegenden Gestaltung aller Lerneinheiten sind die zehn Merkmale guten Unterrichts nach Helmke (2017) beachtet. Besonderer Fokus liegt dabei auf der Klarheit und Strukturierung, Sicherung, Aktivierung, Motivierung, Schülerorientierung, Passung und dem lernförderlichen Klima. Zusätzlich wird nach Möglichkeit versucht, den Schülern verschiedene Aneignungswege nach Kutzer und Bruner anzubieten (Bruner, 1974; Weirauch et al., 2020b). Wie das gelingen kann, und wie eine gesamte Lernstation aufgebaut ist, zeigt Tabelle 45 am Beispiel *Feind der Tiere*. Dort sind auch Hinweise gegeben, wie der Zugang auf verschiedenen Aneignungswegen erfolgen kann³.

³ Alle Lernstationen sollen in einem separaten Experimentierband veröffentlicht werden.

Tabelle 45: Ablauf einer Lernstation am Beispiel „Feind der Tiere“ (über zwei Seiten)

Experiment	Feind der Tiere
Thema der Lerneinheit	 <p>Meere und Ozeane SDG 14: Leben unter Wasser</p>
Was zeigt das Experiment? Was wird gemacht?	Die Schüler lernen, dass verschiedene Plastikarten an der Meeresoberfläche schwimmen oder auf den Meeresboden sinken, und von den Tieren gefressen werden, woraufhin diese sterben. In zwei Bechergläsern werden jeweils ein Löffel Sandgemisch (Sand mit drei verschiedenen Plastikarten in unterschiedlichen Farben) und die gleiche Menge Wasser gegeben. In ein Becherglas kommt zusätzlich ein Löffel Salz und beide Bechergläser werden umgerührt. In dem Becherglas ohne Salz schwimmt eine Plastikart oben, in dem Becherglas mit Salz schwimmen zwei Plastikarten oben.
Material Experimentierbox Material zur weiteren Veranschaulichung	<p>2 x Becherglas (200ml, Markierung bei 100ml), 3 x Esslöffel, 1 x Sieb, 1 x Kochsalz, 1 x Sandgemisch (Sand mit drei verschiedenen Plastikarten: PET blau, PS pink, PP gelb), Wasser</p> <ul style="list-style-type: none"> weiße Unterlage (Vorderseite: Trennlinie mit Beschriftung auf beiden Seiten, Rückseite: weiß) PET: Plastikflasche (blau) und weitere Flaschen PS: Löffel (pink), Joghurtbecher PP: Trinkbecher (gelb), Plastiktüte
Einsatz im Unterricht	
<i>Klassengespräch (Stuhlkreis oder Gruppentisch)</i>	
Worum geht das Experiment?	Der Kontext des Experiments wird anhand von Bildern im gemeinsamen Klassengespräch erschlossen. Je nach Klassenzusammensetzung können die Bilder alle gemeinsam oder nacheinander, in der unten angegebenen Reihenfolge, ausgeteilt werden. Es hat sich gezeigt, dass es für die Schüler klarer ist, die Bilder nacheinander zu betrachten, um so eine visuelle und kognitive Überforderung zu vermeiden.
	 <p>Der Strand ist mit viel Müll verschmutzt. Wo kommt der Müll her? Was könnte das für verschiedener Müll sein? Die Schüler nennen verschiedenen Müll und wenn sie etwas nennen, was auf den folgenden Bildern zu sehen ist, wird das entsprechende Bild gezeigt. Wo geht der Müll von dem Strand aus hin? Ins Meer. Plastikfälsche: verschiedene Plastikflaschen betrachten, unter anderem die blaue Plastikflasche</p>
	 <p>Joghurtbecher: verschiedene Materialien betrachten, unter anderem einen Joghurtbecher und den pinken Löffel</p>
	 <p>Plastiktüte: verschiedene Materialien betrachten, unter anderem eine Plastiktüte und den gelben Trinkbecher</p>
	<p>Die Schüler können selbst überlegen, warum es bei dem heutigen Experiment gehen könnte. Mögliche Fragen der Schüler können auf einem separaten Blatt gesammelt werden. Auch Vermutungen zu den Fragen können auf einem separaten Blatt gesammelt werden. Allerdings wird sich noch auf keine Frage festgelegt, da die Schüler auch nach dem Lesen der Einleitung noch neue Fragen und Vermutungen formulieren können.</p>

<p><i>Einzelarbeit oder gemeinsames Gespräch (Gruppentisch oder Arbeitsplatz)</i></p>	<p>Jede Schülerin und jeder Schüler bekommt eine Experimentierbox und eine für ihn passende Variante der Experimentieranleitung ausgeteilt oder holt sich diese eigenständig. Die Überschrift wird gemeinsam gelesen: „Feind der Tiere“. Wer könnte ein Feind der Tiere sein? Vermutungen anstellen lassen. Der Feind in diesem Experiment ist das Plastik, allerdings muss es an dieser Stelle noch nicht aufgeklärt werden, am Ende der Stunde noch einmal fragen und aus dem Experiment schließen.</p> <p>Der Einleitungstext kann entweder gemeinsam oder von den Schülern in Eigenarbeit gelesen werden.</p> <p>häufig zu klärende Begriffe: Mikroplastik (ganz kleine Plastikteile, für uns nicht sichtbar), schwimmen und sinken</p> <p>Noch einmal den Blick auf die verschiedenen Plastikarten richten (ohne diese zu benennen). Die Betrachtung der blauen Flasche, des pinken Löffels und des gelben Bechers ist relevant, damit die Plastikteile im Sandgemisch den verschiedenen Gegenständen zugeordnet werden können.</p> <p>Erneut über Fragen und Vermutungen sprechen und diese auf einem separaten Blatt notieren.</p> <p>Die Materialienliste wird von den Schülern kontrolliert, ohne Unterstützung oder mit so viel Unterstützung, wie benötigt. Dabei kann die Liste abgehakt oder mit Wäscheklammern markiert werden. An dieser Stelle ist es irrelevant für die Schüler zu wissen, dass die Plastikbecher Löcher haben. Es kann besprochen werden oder die Schüler gelangen während der Durchführung an der entsprechenden Stelle selbst zu der Erkenntnis, dass der Plastikbecher Löcher haben muss, damit das Wasser durchfließen kann.</p> <p>Sandgemisch: Wir sehen blaue, pinke und gelbe Plastikteile im Sand. In Bezug zu den Gegenständen setzen.</p> <p>Wasser: Entweder die Schüler holen das Wasser an der entsprechenden Stelle direkt am Waschbecken oder sie erhalten einen Messbecher, in den sie das Wasser einfüllen können, um es bei dem benötigten Schritt umzufüllen. Die zweite Variante erleichtert das Befüllen des Becherglases bis zum Strich, da das Becherglas auf dem Tisch steht und die Linie besser in den Blick genommen werden kann.</p> <p>Die Schritte werden nacheinander durchgeführt.</p> <p>Die beiden Bechergläser mit und ohne Salz können auf die weiße Unterlage (Vorderseite: Trennlinie mit einer Beschriftung auf beiden Seiten) gestellt werden.</p> <p>Die Schüler beschreiben, was sie sehen können und wählen anschließend eines der beiden Beobachtungsbilder aus.</p>
<p>Experiment planen</p>	<p>Das Ergebnis kann gemeinsam oder alleine gelesen werden.</p> <p>häufig zu klärende Begriffe: PET, PS, PP, Dichte (es wird schwerer)</p> <p>Beim Lesen der Begriffe helfen und die Begriffe den Farben und Gegenständen zuordnen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • PET: blau (Flasche) • PS: pink (Löffel, Joghurtbecher) • PP: gelb: (Trinkbecher) <p>Wer ist dem Experiment der Feind der Tiere? Das Plastik.</p> <p>Warum können Tiere an dem Plastik sterben?</p> <p>Die Tiere fressen das Plastik und haben danach einen vollen Magen, obwohl sie keine Nahrung gefressen haben. Die Tiere verhungern mit vollem Magen.</p> <p>Plastik und Sand mit dem Sieb auffangen, nicht in den Ausguss schütten.</p>
<p>Aufräumen</p>	<p>Wenn das Experiment, wie empfohlen, wiederholt wird, kann die Dokumentation geteilt werden:</p>
<p><i>Einzelarbeit (Gruppentisch oder Arbeitsplatz)</i></p>	<p>1. Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Titelblatt austellen • Fragestellung gemeinsam lesen und besprechen • Vermutung aufschreiben: von den Schülern selbst oder durch die Lehrkraft • Beobachtungsbild auswählen und Beobachtungstext aufschreiben: Das Kleben und Schreiben kann von den Schülern oder der Lehrkraft durchgeführt werden.
<p>Dokumentieren</p>	<p>2. Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragestellung gemeinsam lesen und besprechen • Ergebnis dokumentieren: Das zu dokumentierende Ergebnis entspricht dem Merksatz im Experiment. Es gibt verschiedene Varianten zum Dokumentieren (Satz ergänzen, Lücken einsetzen, selbst ein Ergebnis formulieren). • Alles in der Forschermappe abheften.

Erhebungsmethoden

Neben den Lernmaterialien kommen verschiedene Erhebungsmethoden zum Einsatz. Der Beobachtungsbogen ist in Mesozyklus 6 konzipiert und evaluiert worden und wird als solcher angewendet. Der zuvor vorgestellte Forscherkreislauf dient nicht nur als Lernmaterial, sondern wird auch als Erhebungsinstrument genutzt. Am Ende des Mesozyklus wird beschlossen, dass ein abschließendes Interview mit den Schülern, Lehrern und Pädagogischen Fachkräften zur Sicherung der Daten und Gewinnung bisher unbeachteter Aspekte nötig ist. Dazu wird ein Interviewleitfaden erstellt. Dieser Leitfaden nimmt auf Schülerebene deren Erinnerungsfähigkeit der Inhalte und des Experimentierablaufs sowie das Interesse auf. Auf Seiten der Lehrkräfte liegt der Blick auf einer Rückmeldung zum Aufbau der Lerneinheiten, zum Lernmaterial, der Handhabung und Aussagekraft des Beobachtungsbogens sowie dem Interesse der Schüler, Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte. Die Fragen bezüglich des Interesses leiten sich von der Smiley-Skala (Brell & Theysen, 2007) und dem Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation und Lern- und Leistungssituationen, kurz FAM (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) ab. Unter dem Begriff der Erinnerungsfähigkeit versteht sich das Wiederabrufen bzw. Hervorholen von alten, bereits abgespeicherten, Informationen (Markowitsch, 2013). Im naturwissenschaftlichen Kontext bietet es sich an, die Erinnerungsfähigkeit der Experimentiereinheiten in Bezug auf Aufbau, Durchführung/Ablauf und Deutung/Ergebnis bei den Schülern zu erfragen (Lück & Risch, 2019; Scholz et al., 2018). Langermann (2006) legt in ihrer Studie, bei der sie die Personengruppe der geistig behinderten Vorschulkinder untersucht, die Aufmerksamkeit auf die Durchführung und Deutung. Der Fokus der Interviewfrage zur Erinnerungsfähigkeit an alle Lernstationen zielt in dieser Studie auf die Deutung ab, da die Erhebung der gesamten dreizehn Lernstation mit allen Phasen zu umfassend wäre. In einer separaten Frage werden in Anlehnung an den Forscherkreislauf die Phasen Fragestellung, Durchführung, Beobachtung und Ergebnis anhand einer Lernstation exemplarisch erfasst.

Durchführung und Datenaufnahme

Mit zwei Klassen wurde über ein Schuljahr wöchentlich experimentiert. Jede Lernstation wurde in der darauffolgenden Woche wiederholt. Es war geplant, die Experimente wöchentlich durchzuführen. Aufgrund der Schulschließungen wegen Covid-19 konnte diese Planung nicht eingehalten werden, sodass teilweise mehrere Termine ausfallen mussten und zu einem späteren Termin nachgeholt wurden. Nicht nur die Termine haben sich verschoben, auch die Reihenfolge der Experimente wurde angepasst. So war zu Beginn die Überlegung, je nach Entwicklung der Schüler, schon nach den ersten drei Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten einen Forscherauftrag durchzuführen. Da zu dem Zeitpunkt die Schulen für mehrere Wochen geschlossen wurden, und somit eine längere

Pause beim Experimentieren entstand, wurde der Forschungsauftrag auf später verlegt. Einen Überblick über den gesamten Ablauf mit den Terminen und der Anwesenheit der Schüler, Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte zeigt Tabelle 46. Nicht nur die Termine haben sich durch Covid-19 verschoben, auch die Schüler waren wegen der besonderen Situation häufiger nicht im Unterricht als unter normalen Umständen.

Tabelle 46: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden (an den dick geschriebenen Daten wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt)

Messzeitpunkt	Datum (meist freitags)		Was wird gemacht?	erkrankt / im Vertretungsunterricht
	Klasse 8 1+2. Std.	Klasse 8-9 3+4. Std.		
2020				
Einstieg				
-	21.08.		Kennenlernen, Forschermappe entwerfen, kleines Experiment durchführen (Regenbogen)	
-	28.08.			
-	04.09.		Geräte / Chemikalien kennenlernen	L1, Tom
-	11.09.		→ Zuordnung und Memory 11.09: Stand Forscherkreislauf (Ausgangslage)	L3
-	18.09.		Regeln beim Experimentieren	L3, Wolfgang
-	25.09.		→ gemeinsames Plakat und Arbeitsblatt	L3
-	02.10.		Experiment unter Beachtung der Sicherheitsregeln durchführen (Superabsorber)	L2, L3
-	entfällt	09.10		
12.10. - 25.10. (2 Wochen) Herbstferien				
Experimente zu SDG 6: Thema „Wasser“				
1	30.10.		Experiment 1:	
2	06.11.		Wettlauf ums Trinkwasser (SDG 6)	L3
3	13.11.		Experiment 2:	L3, Sina, Viktor
4	20.11.		Naturfilter (SDG 6)	
5	27.11.		Experiment 3:	Tom, Nina
6	10.12.	04.12.	Boden als Schadstofffilter (SDG 6)	L1, L3, Tom
-	11.12.		Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2	Tom, Jan
-	entfällt		kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe) 11.12: Stand Forscherkreislauf (1. Zwischenstand)	
21.12. - 03.01. (2 Wochen) Weihnachtsferien				
2021				
Experimente zu SDG 14: Thema „Meere und Ozeane“				
-	04.01. - 12.03.	entfällt	Schulen aufgrund von Corona geschlossen	
-	15+22+29.01	/	Wiederholung der Experimente (Dirk, Wolfgang)	
-	23.02.	26.02.	Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2	L2, L3, S, T, V, S
-	/	02.03.	kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe)	Jan, Sven
7	26.02.	05.03.	Experiment 4:	L2, L3, S, T, V, G, S
8	04.03.	09.03.	Von Eierschalen und Korallenriffen	L2, L3, S, T, V, J, S
9	05.03.	12.03.	Experiment 5:	L2, L3, S, T, V, S
10	11.03.	16.03.	Blub, blub	L1, L2, L3, S, T, V, S
11	19.03.		Experiment 6:	L3, Tom, Jan, Sven
12	22.03.	23.03.	Feind der Tiere	L2, L3, T, V, Sven
-	26.03.		Spiel: Memory und Fischfangreise 26.03: Stand Forscherkreislauf (2. Zwischenstand)	L3, Sina, Tom, Sven
29.03. – 06.04. (2 Wochen) Osterferien				
13	16.04.	23.04.	Experiment 7 bzw. 8:	L3, Tom, Jan, Sven
14	19.04.	04.05.	Ölkatastrophe	L3, Tom, Gabriel, Jan, Sven
15	26.04.	16.04.	Experiment 8 bzw. 7:	L3, Sina, Tom, Viktor, Sven
16	27.04.	20.04.	Rätsel ums Klärwerk	L3, Sina, Tom, Viktor, Sven
-	22.04. - 07.05.		Schulen aufgrund von Corona geschlossen	
Experimente zu SDG 15: Thema „Tiere und Pflanzen“				
17	30.04. (11.05.)	11.05.	Experiment 9:	L3, Tom, Jan, Sven
18	03.05. (17.05.)	18.05.	Wie Regenwürmer atmen (Sina und Viktor holen nach)	L3, L5, Tom, Jan, Sven
19	07.05.	21.05.	Experiment 10:	L3: Sina, Tom, Viktor, Jan, Sven
20	11.05.	11.06.	Hochwassergefahr	L3: Sina, Tom, Viktor, L4, Jan
21	21.05.	18.06.	Experiment 11: Durstige Bäume	L3, Tom, L4, Jan
24.05. - 04.06. (2 Wochen) Pfingstferien				
22	10.06.	25.06.	Experiment 11: Durstige Bäume	L3, Tom, L4, Gabriel, Jan
-	11.06.	29.06.	Stand Forscherkreislauf (3. Zwischenstand)	L3, L4, Jan
eigenes Experiment entwickeln				
23	18.06.	02.07.	Experiment 12: eigenes Experiment entwickeln:	L3, L4, Jan
23	25.06.	09.07.	Löslichkeit in Wasser bzw. Wassererosion	L1, L3, L4, Jan
-	02./09.07.	29.06/02.07.	Interview der Schüler	L3, L4, Jan
-	09.07.	entfällt	Abschlussstunde	L1
19.07. - 29.08. (6 Wochen) Sommerferien (16.07. letzter Schultag vor den Sommerferien entfällt)				
24	07.09.	31.08.	Experiment 13: Geheimnisvolle Blätter	L3, Wolfgang
25	28.09.	07.09.		L3
-	08.09.	02.09.	Forscherkreislauf und Interview Jan nachholen	L1, L3, L5, Sven, Wolfgang

Der Ablauf der einzelnen Experimentierstunden ist anhand eines Beispiels bei der Konstruktion angegeben (siehe Tabelle 45 auf den Seiten 194f.). Nach den ersten drei Experimentierstunden ist eine Änderung vorgenommen worden. Da die Schüler am Gruppentisch experimentieren, ist ihr Arbeitsplatz frei, sodass sie die Dokumentation nicht erst am Ende der Stunde vornehmen müssen. In der Stunde, in der die Beobachtung dokumentiert wird, notieren die Schüler diese nach der Beobachtung, anschließend wird das Ergebnis besprochen und danach aufgeräumt. Bei der Dokumentation des Ergebnisses in der Wiederholungsstunde wird das Arbeitsblatt nach der Besprechung des Ergebnisses und vor dem Aufräumen ausgefüllt. Das Aufräumen bildet also in allen Unterrichtsstunden den Abschluss. Anschließend waren keine Änderungen nötig. Der Forscherkreislauf wird am Ende der zweiten Lerneinheit eingeführt. Dazu werden die Schritte theoretisch besprochen und exemplarisch an einer Lernstation mithilfe des Plakats angewendet. Durch die lange Pause aufgrund von Covid-19 ist zu Beginn der nächsten Einheit diese Stunde wiederholt worden. Während der weiteren Lernstationen wird immer wieder auf die Schritte auf dem Plakat verwiesen. In der Klasse 8-9 wird ab dem Thema *Tiere und Pflanzen* zusätzlich mit der Forscherscheibe gearbeitet, sodass die Schüler in ihrer individuellen Geschwindigkeit die Phasen durchlaufen können.

In der gesamten Zeit wurden die Daten durch verschiedene Methoden erhoben. Zum einen sind die Rückmeldungen nach dem Unterricht mündlich von den Lehrkräften formuliert und von der Verfasserin notiert worden. Während den Experimentierstunden haben alle anwesenden Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte den Beobachtungsbogen hinsichtlich der experimentellen Kompetenz der Schüler ausgefüllt. Pro Experimentierstunde liegen für jeden Schüler somit zwei bzw. drei Beobachtungsbögen vor, teilweise durch Vertretungstätigkeiten oder Krankheit weniger. Um individuelle Aussagen über die Schüler zu treffen, arbeiteten sie in Einzelarbeit, nur die Fragestellung, Vermutung und das Ergebnis wurden im Klassenverband besprochen. Zusätzlich wurde zu fünf Zeitpunkten das theoretische Wissen über den Ablauf des Forscherkreislaufs erhoben. Schüler und Verfasserin sind dazu in einen Nebenraum der Klasse gegangen und haben dort in Einzelsituationen zunächst die Begriffe und Piktogramme der einzelnen Experimentierphasen einander zugeordnet und anschließend die richtige Reihenfolge des Ablaufs auf den Kreislauf geklettet. Nach dem dritten Durchlauf wurden die Schüler zusätzlich nach der Bezeichnung des Ablaufs, also dem Begriff „Forscherkreislauf“, gefragt. Vor der Durchführung des ersten Experiments, mit Beachtung der Experimentierphasen, wurde ein Ausgangsstand erhoben. Die nächste Erhebung erfolgte nach der Durchführung der ersten drei Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten, aber noch vor der Einführung des Forscherkreislaufs. Die nächsten beiden Termine lagen jeweils zum Ende eines Themas, um die Verinnerlichung des Kreislaufs und dessen Merkfähigkeit bei den Schülern nachzuvollziehen. Den letzten Forscherkreislauf legten

die Schüler nach den Sommerferien, um die Langzeitwirkung festzuhalten. Alle Erhebungen zum Verständnis des Forscherkreislaufs fanden in Einzelsituationen statt, um die individuellen Strukturen zu erfassen (Wahl, 2013). Die dritte Methode ist das Interview. Aus den Erfahrungen der vorherigen Mesozyklen wurde das Interview mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften im Team geführt. Mit den Schülern fanden Einzelinterviews statt, um ihre individuellen Aussagen zu erhalten, und damit die Schüler sich nicht der Meinung ihrer Mitschüler anschließen können, ohne ihre eigenen Gedanken zu vertreten. Einen Überblick der genannten Daten zeigt Tabelle 47.

Tabelle 47: Datenüberblick Mesozyklus 7

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP gE	6	L1 - L6	Teilnehmende Beobachtung, Beobachtungsbogen, Gruppeninterview, Gespräche	Tonaufnahmen, Transkripte, Notizen, Beobachtungsbogen, Forscherkreislauf
Schüler mit dem FSP gE	9	Dirk, Sina, Tom, Viktor, Wolfgang; Gabriel, Jan, Nina, Sven	Teilnehmende Beobachtung, Beobachtungsbogen, Einzelinterview, Gespräche, Forscherkreislauf	

6.5.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Die Beobachtungsbögen werden mittels deskriptiver Statistik ausgewertet (Behr, 2019). Bei allen aus dem Beobachtungsbogen gewonnenen Werten liegt die Ordinalskala vor, d. h., die Ausprägung des Merkmals wird nicht nur unterschieden, sondern kann auch in eine Rangordnung gebracht werden. Um die Werte in Bezug auf die Teilkompetenzen auszuwerten, werden diese zunächst in einer Datenmatrix dargestellt, in die zu allen Messzeitpunkten die Werte aller Schüler eingetragen werden. Anschließend können die Daten auf verschiedenen Wegen aufbereitet werden. Zum einen können die Daten durch einen sogenannten Lageparameter, der die gesamte Liste durch eine einzige Zahl angibt, radikal optimiert werden. Dazu bietet sich die Berechnung des arithmetischen Mittels, auch Durchschnitt genannt, mit einer anschließenden Darstellung als Kurvendiagramm an. Zum anderen können die Daten nach ihrer absoluten Häufigkeit in einer Tabelle zusammengestellt und in einem Diagramm bildlich veranschaulicht werden (Bambert, Baur & Krapp, 2017).

Die Gespräche zur Erhebung des Forscherkreislaufs sowie die Interviews mit den Schülern, Lehrern und Pädagogischen Fachkräften werden mittels der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Beim Forscherkreislauf liegen die Kategorien deduktiv vor: Zuordnung von Begriff und Piktogramm, Begrifflichkeit des Forscherkreislaufs, Reihenfolge der Experimentierphasen und Verständnis der Begriffe. Die Kategorien der Interviews sind

teilweise deduktiv durch die Interview-Leitfäden vorgegeben, teils werden sie nach der Sichtung der Transkripte induktiv ergänzt. Bei den Schülerinterviews setzen sich die Kategorien aus der Erinnerungsfähigkeit der Ergebnisse der Lernstationen, den einzelnen Experimentierphasen sowie dem Interesse an den Lerneinheiten zusammen. Die Lehrerinterviews werden auf Grundlage der Überkategorien Aufbau der Experimentiereinheiten, Entwicklung in den einzelnen Experimentierphasen, Anwendbarkeit des Beobachtungsbogens und Interesse auf Seiten der Schüler und Lehrkräfte gesichtet. Nicht alle Kategorien finden bei der Auswertung in diesem Mesozyklus Beachtung, sondern werden als Datenmaterial in anderen Mesozyklen verwendet. Einen Überblick des Datenmaterials und deren Auswertungsmethoden zeigt Tabelle 48.

Tabelle 48: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 7

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Klasse 8			
Beobachtungsbogen 19 - 48, 82 - 110 (25 Messzeitpunkte)	30.10.2020 – 28.09.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Deskriptive Statistik
Forscherkreislauf 1 - 4, 9 - 12, 17 - 20, 25 - 28, 33 - 36 Transkript, Notizen	11.12.2020 - 08.09.2021	5 - 23	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 18 - 21 Transkript, Notizen	02.07.2021 - 09.07.2021	25 - 35	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 26 Transkript, Notizen	08.07.2021	95	Qualitative Inhaltsanalyse
Klasse 8-9			
Beobachtungsbogen 49 - 81, 111 - 136 (25 Messzeitpunkte)	30.10.2020 - 07.09.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Deskriptive Statistik
Forscherkreislauf 5 - 8, 13 - 16, 21 - 24, 29 - 32, 37 - 40 Transkript, Notizen	11.12.2020 - 02.09.2021	5 - 15	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 22 - 25 Transkript, Notizen	29.06.2021 - 02.07.2021	18 - 45	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 27 Transkript, Notizen	08.09.2021	59	Qualitative Inhaltsanalyse

Ergebnisse

Im Allgemeinen zeigt sich, dass alle Lernmaterialien von den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gut genutzt werden können. Durch die verschiedenen Experimentieranleitungen können alle Schüler die Experimente mit einem unterschiedlichen Grad an Unterstützung durchführen. Besonders hilfreich ist die eindeutige und einheitliche Struktur der Experimentierstationen, die sich durch die gesamten Experimentiereinheiten erstrecken. Ein weiterer positiver Aspekt ist die Einstiegsphase als Beginn der Experimentiereinheiten. Dadurch haben die Schüler die Möglichkeit, sich zum Teil erstmalig mit Experimenten auseinanderzusetzen. Sie lernen, welche Sicherheitsbestimmungen sie einhalten müssen, und bekommen durch das Memory die Chance, sich schon vor dem

Experimentieren mit den Geräten und Chemikalien vertraut zu machen und mit deren Begrifflichkeiten auseinanderzusetzen. Nicht nur die Reihenfolge der Lerneinheiten mit ihren Lernstationen, sondern auch der in Tabelle 45 dargestellte Ablauf einer Unterrichtsstunde, erweisen sich auch für diese beiden Klassen als geeignet. Bis zum letzten Experiment werden die verschiedenen Experimentierphasen durch die Lehrkräfte strukturiert und das Thema, die Fragestellung, die Vermutung und das Ergebnis gemeinsam im Klassenverband besprochen. Eine Änderung ergibt sich in der Reihenfolge von Ergebnis und Dokumentieren. Da die Schüler am Gruppentisch experimentieren, ist ihr Arbeitsplatz leer, sodass sie die Dokumentation schon während des Experiments notieren können. In der ersten Unterrichtsstunde dokumentieren sie die Beobachtung im Anschluss an diese und erst danach wird das Ergebnis besprochen und aufgeräumt. Bei der Wiederholungsstunde findet die Dokumentation des Ergebnisses nach dessen Besprechung statt und anschließend wird aufgeräumt. So variieren die letzten beiden Phasen je nach Unterrichtsstunde, was auch bei dem Plakat des Forscherkreislaufs durch das Umkletten der beiden Phasen verbildlicht wird. In beiden Klassen sehen die Lehrkräfte die Wiederholungsstunde als absolut notwendig an, um den Ablauf und die Lerninhalte zu festigen. Die Dauer der Unterrichtsstunde sollte die 90 Minuten nicht überschreiten, da die Konzentration der Schüler gegen Ende der Stunde meist ausgereizt ist und nach Möglichkeit mit einer Pause hätte versehen werden können. Rückblickend lässt sich sagen, dass die einzelnen Lernstationen von den Schülern in ihrer Schwierigkeit unterschiedlich bewertet wurden. Einheitlich sind die meisten Probleme bei dem Experiment *Blub, blub* entstanden. Allen Schülern fällt es schwer, den Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Höhen des Wassers mit der Aufnahmefähigkeit von Kohlenstoffdioxid in Verbindung zu bringen. Auch die Bedeutung dessen ist vielen Schülern bis zum Ende nicht vollständig bewusst geworden.

Inwieweit sich die Schüler klassenübergreifend während des Experimentierens in ihrer experimentellen Kompetenz weiterentwickelt haben, wird nachfolgend betrachtet. Der Blick richtet sich ebenfalls darauf, ob die Schüler ein Verständnis für den Forscherkreislauf aufgebaut und den theoretischen Ablauf beim Experimentieren verinnerlicht haben. Abschließend wird ein kurzer Überblick bezüglich des Interesses und der Motivation sowie dem inhaltlichen Verständnis der Lernstationen gegeben.

Ergebnisse in Bezug auf die experimentelle Kompetenz

Vor einer Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten sollte ein grober Ablauf gegeben werden, damit die Schüler eine Orientierung haben und sich nicht überfordert fühlen. Lernende von Beginn an offen experimentieren zu lassen, ohne eine inhaltliche oder strukturelle Unterstützung, erweist sich als wenig effektiv (Ropohl & Emden, 2017). Aus diesem Grund ist die Struktur von Beginn an von der Verfasserin vorgegeben, indem durch

die einzelnen Phasen geleitet wird. Eine Offenheit ist am Anfang nur für die Fragestellung, die Vermutung, das Ergebnis und teilweise das Dokumentieren gegeben, alle weiteren Phasen sind geschlossen. Mit der Zeit können alle Phasen weiter geöffnet werden. Einen Überblick über die Entwicklung aller Schüler in ihren experimentellen Teilkompetenzen zeigt Abbildung 48, bei der die Werte alle Schüler durch Mittelwerte dargestellt sind. Jede Teilkompetenz bekommt eine Farbe zugeordnet, die sich durch die gesamten weiteren Darstellungen erstreckt und so eine schnelle Zuordnung ermöglicht: Fragestellung (rot), Vermutung (pink), Experiment planen (orange), Experiment durchführen (gelb), Beobachten (grün), Ergebnis (hellblau) und Dokumentieren (dunkelblau). Die Abbildung zeigt, dass sich die Schüler grundsätzlich in den Teilkompetenzen Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren recht konstant weiterentwickelt haben, während es bei den Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis immer wieder zu größeren Schwankungen kommt.

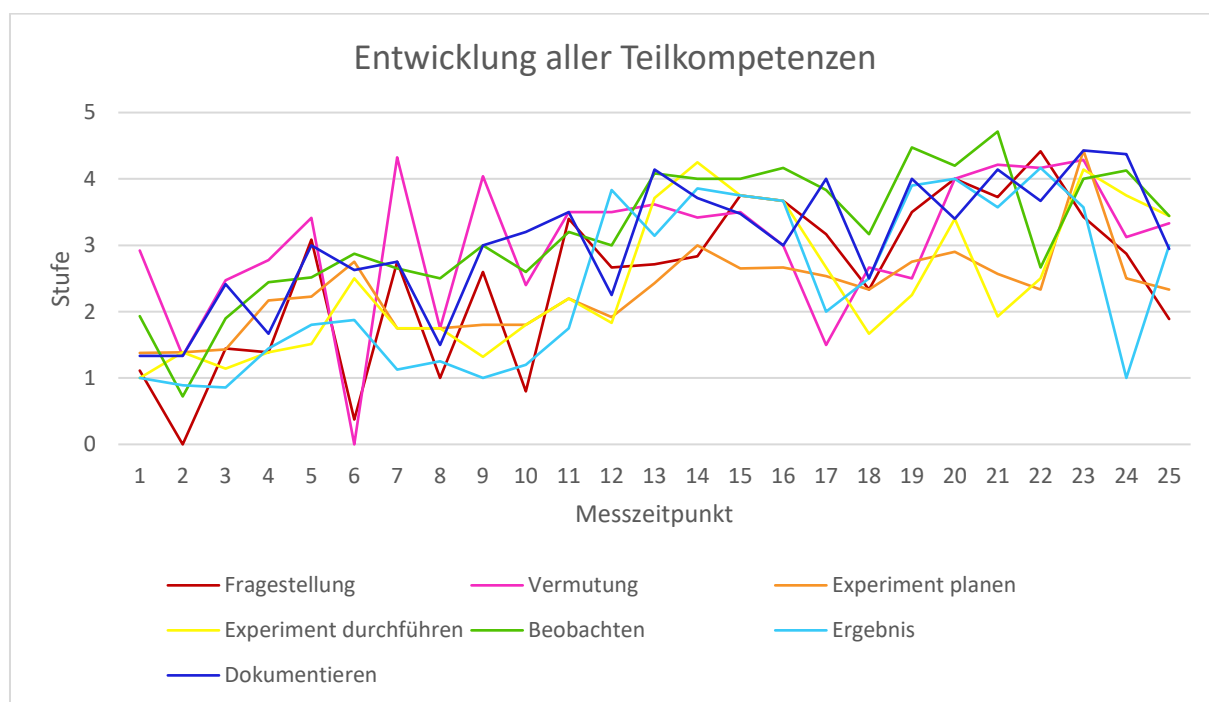


Abbildung 48: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen aller Schüler als Mittelwert

Auch wenn die Abbildung 48 den Verlauf als Mittelwerte zur groben Einordnung aufzeigt, ist sie zur Darstellung der Ergebnisse ungeeignet. Die einzelnen Werte der Schüler liegen häufig sehr weit auseinander, sodass sich eine hohe Standardabweichung ergibt (siehe Tabelle 49). Zur weiteren Darstellung der Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen wird daher auf die ausschließliche Darstellung des arithmetischen Mittels verzichtet und die Werte werden stattdessen mit Fokus auf die absolute Häufigkeit angegeben. Der Mittelwert ist zur groben Orientierung des Entwicklungsverlaufs weiterhin eingezeichnet, mit dem Hinweis, dass eine

hohe Standardabweichung vorliegt. Nachfolgend sind die einzelnen experimentellen Teilkompetenzen separat ausgewiesen. Bei Messzeitpunkt 18 hat eine Schülerin die gesamte Lernstation verweigert, wodurch in allen experimentellen Teilkompetenzen an dieser Stelle der Wert 0 zugewiesen ist.

Tabelle 49: Standardabweichung der einzelnen experimentellen Teilkompetenzen zu den einzelnen Messzeitpunkten

Messzeitpunkt	Experimentelle Teilkompetenz						
	Fragestellung	Vermutung	Experiment planen	Experiment durchführen	Beobachten	Ergebnis	Dokumentieren
1	1,96497102	0,233333333	0,460374244	0	1,125833025	0	1,58113883
2	0	1,58113883	0,697216689	0,416666667	0,833333333	0,927960727	1,58113883
3	1,452392662	1,484737163	0,78173596	0,600925213	1,286252092	0,707106781	1,725382405
4	1,409294544	1,063928778	0,5	0,485912658	1,236033081	1,509230856	1,658312395
5	2,321637353	1,781930913	1,2	0,79652021	1,291424709	1,428285686	1,322875656
6	0,5	0	1,236033081	1,394433378	1,810463415	1,58113883	1,732050808
7	1,922093766	2,335475207	0,971825316	0,971825316	1,653615567	0,612372436	1,6414763
8	0,527046277	1,394433378	0,971825316	0,971825316	1,691481928	1,013793755	1,322875656
9	2,068278941	2,178939599	1	0,726291952	1,58113883	0,726483157	1,58113883
10	0,527046277	2,121320344	1	1	1,666666667	0,866025404	2,223610677
11	2,147349788	2,43812314	0,971825316	0,971825316	1,481365736	0,833333333	1,666666667
12	1,986062548	2,236067977	0,971825316	0,971825316	1,732050808	2,228290326	1,903943276
13	2,204792759	2,322953101	1,269295518	1,96497102	1,839685964	1,666666667	1,922093766
14	2,147349788	2,195323312	1,639359631	2,397915762	1,802775638	2,031009601	1,96497102
15	2,291287847	2,351122663	1,426339526	2,291287847	2,166666667	2,291287847	1,986901552
16	2,166666667	2	1,364225462	2,166666667	2,147349788	2,166666667	1,732050808
17	2,147349788	2	1,315716957	1,787300882	2,068278941	1,58113883	2,061552813
18	2,068278941	2,279132389	1,509230856	1,054092553	2,190573238	2,061552813	2,061552813
19	2,127857556	1,96497102	1,6414763	1,414213562	2,372996231	2,095232684	2,166666667
20	2,635231383	2,635231383	1,798919429	2,204792759	2,549509757	2,43812314	2,088327348
21	2,188606863	2,46362425	1,224744871	0,866025404	2,179449472	1,855921454	1,922093766
22	2,480479344	2,635231383	1,333333333	1,58113883	1,6414763	2,43812314	2,127857556
23	2,121320344	2,5	2,351122663	2,195323312	1,96497102	1,855921454	2,351122663
24	1,810463415	2,635231383	0,971825316	2,061552813	2,061552813	0,333333333	1,96497102
25	1,452966315	1,414213562	0,707106781	1,666666667	1,013793755	1,5	1,424000624
gesamt	1,965607867	2,129434029	1,324483727	1,62488803	1,862734166	1,746702449	1,926837713

Teilkompetenz Fragestellung

Die Formulierung einer Fragestellung war bis zum Schluss für viele Schüler eine Herausforderung. Auch wenn einige Schüler Ideen hatten, was sie in der Stunde untersuchen könnten, fiel es ihnen sehr schwer, diese Idee als eine Frage zu äußern. Immer wieder wurde auf den Beginn der Frage mit einem „W-Wort“ hingewiesen, wodurch es teilweise besser gelang, eine Frage zu formulieren. Es zeigt sich deutlich, dass das Finden einer Fragestellung sehr themenabhängig ist, da zu manchen Themen eindeutig schneller Ideen entwickelt wurden als zu anderen. Die Entwicklung der Teilkompetenz ist in Abbildung 49 als absolute Häufigkeitsverteilung dargestellt. Der Verlauf zeigt, dass die Schüler in der ersten Unterrichtsstunde häufiger Fragen entwickelt haben als in der Wiederholungsstunde. Eine mögliche Begründung dafür könnte sein, dass sie in der vorherigen Stunde ihre Frage schon beantwortet haben und sie keine neuen Fragen haben. Während zu Beginn eine eigene Formulierung von Fragen kaum möglich war, haben einzelne Schüler über die Zeit immer besser Fragen formulieren und stellen können.

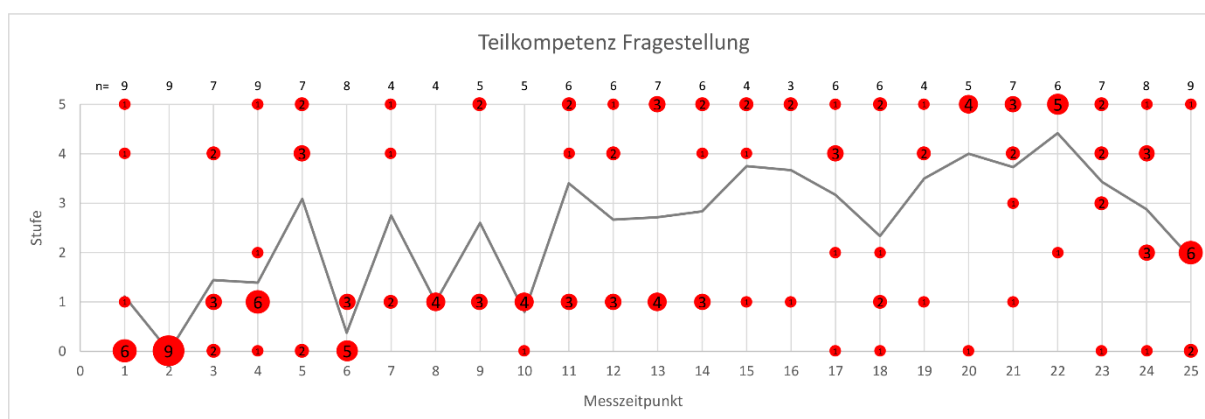


Abbildung 49: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Fragestellung als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Um sich die hohe Abweichung der absoluten Werte vom Mittelwert bildlich vorzustellen, sind verschiedene Daten in Abbildung 50 als Boxplot Grafiken kombiniert. Die farbig markierte Box ist durch die Quartile begrenzt und umfasst 50 Prozent der Werte, wobei der Strich den Median angibt (Döring & Bortz, 2016). Klassischerweise ist in einem Boxplot selten ein arithmetisches Mittel angegeben. Da in den vorherigen Abbildungen allerdings mit dem Mittelwert argumentiert wurde, ist dieser vollständigshalber in Form eines Kreuzes mit aufgegriffen (Ophuysen et al., 2021). Die Linien des Whiskers, also die schwarzen Linien, die senkrecht nach oben und unten wie Antennen von den Boxplots weggehen, entsprechen dem 1,5-fachen Interquartilsabstand. Diese Whiskers sind nur angegeben, wenn sich Werte in dem Bereich befinden. Alle weiteren Werte, die außerhalb liegen, werden als Ausreißer bezeichnet und sind als Punkte dargestellt (Mittag & Schüller, 2020). Solch eine Boxplot Grafik ist exemplarisch nur für die Fragestellung erstellt, um die große Streuung der Werte noch einmal konkret zu visualisieren. Bei den anderen experimentellen Teilkompetenzen sehen die Boxplot Grafiken ähnlich aus. Sowohl aus Abbildung 49 als auch aus Abbildung 50 ist ersichtlich, dass sich die Schüler in der experimentellen Teilkompetenz der Fragestellung auf den äußersten oberen und unteren Stufen befinden und die Entwicklung im Durchschnitt leicht ansteigt. Inwieweit sich die einzelnen Schüler weiterentwickelt haben, ist nicht zu sehen.

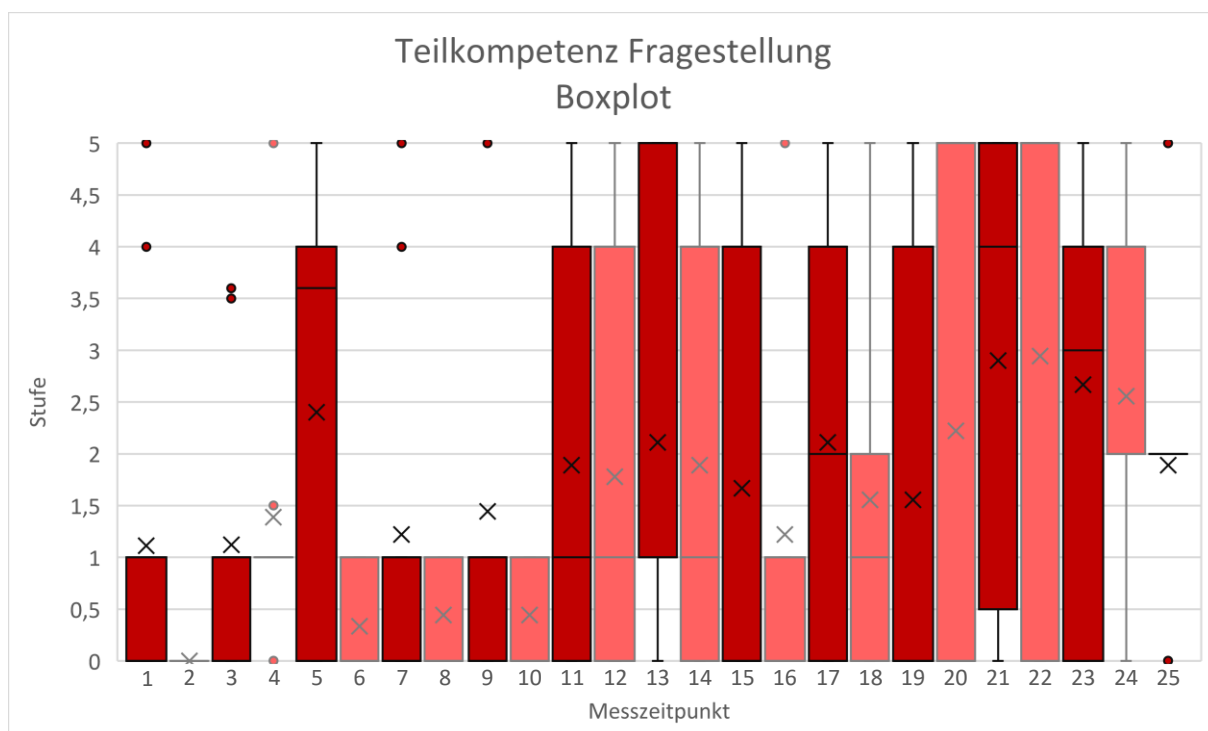


Abbildung 50: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Fragestellung als Boxplot

Teilkompetenz Vermutung

In der ersten Experimentierstunde war den Schülern der Begriff der Vermutung noch nicht bekannt, weshalb dessen Bedeutung zunächst geklärt werden musste. Auch zwischenzeitlich wurde immer wieder danach gefragt und musste teilweise in einzelnen Stunden erneut besprochen werden. Die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte geben an, dass sie das Gefühl haben, dass allen Schülern am Ende der Unterrichtseinheit die Bedeutung der Vermutung bewusst ist. Unabhängig davon, ob die Lernstation erstmalig oder in der Wiederholung stattfand, haben die Schüler immer wieder neue Vermutungen geäußert. Nur wenige Schüler haben das Ergebnis von der vorherigen Woche als allgemeingültig für das Experiment aufgefasst und in der Wiederholung den Ausgang des Experiments als Vermutung gewählt. Oft wurden Vermutungen geäußert, die sehr unrealistisch sind, sodass eine Zuordnung zur entsprechenden Stufe schwierig war. Im Allgemeinen haben die Schüler die Bedeutung des Begriffs Vermutung mit der Zeit immer besser behalten und zielgerichtetere Vermutungen geäußert. Gegen Ende konnten sie entweder eine Vermutung frei äußern oder es ist ihnen keine Vermutung eingefallen. Ebenso wie bei der Fragestellung ist auch das Formulieren einer Vermutung sehr stark vom Kontext abhängig. Daher entsteht auch bei Schülern, die den Begriff der Vermutung verstanden haben, und auch in der Lage sind, eigenständige Vermutungen zu äußern, je nach Thema keine Vermutung. Die Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Vermutung ist in Abbildung 51 als absolute Häufigkeitsverteilung grafisch dargestellt.

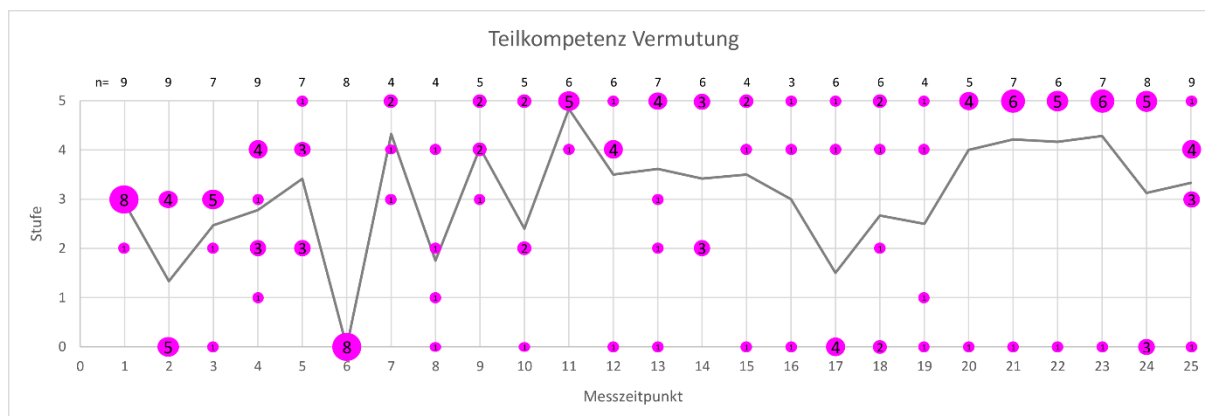


Abbildung 51: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Vermutung als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Teilkompetenz Experiment planen

Bei der Teilkompetenz Experiment planen geht es zu Beginn nicht darum, den Vorgang eigenständig zu planen, sondern ausgewählte Materialien auf ihre Vollständigkeit hin zu prüfen und sich nach Vorgabe der Materialien sinnvolle Handlungsschritte zu überlegen. Die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte geben an, dass das schnelle Zurechtfinden der Materialien auf das Memory in der Einführungsphase zurückzuführen ist. So konnten die Schüler die Materialien schon vorab kennenlernen und demzufolge bereits bei der ersten Experimentierstunde diese recht sicher zuordnen. Etwa die Hälfte der Schüler ist von Anfang an dazu in der Lage, die Vollständigkeit der ihnen vorgegebenen Materialien zu überprüfen. Einige Schüler äußern zudem selbst die Lösung, das fehlende Wasser am Wasserhahn zu holen. Nach einmaliger Besprechung, dass das Wasser erst dann geholt wird, wenn es im Durchführungsschritt gebraucht wird, wissen alle Schüler auch in den nachfolgenden Stunden, woher sie das Wasser bekommen und, dass die Materialien auch ohne das Wasser in der Kiste vollständig sind. Ab dem vierten Messzeitpunkt haben sieben Schüler mindestens Stufe 2 erreicht. Die eigenständige Planung, inklusive der Überlegung, welche Materialien für die Beantwortung der Frage benötigt werden, ist bis zum Schluss von den Schülern kaum leistbar. Bei Messzeitpunkt 23 sind die Schüler nur deshalb in Stufe 5, weil sie strukturiert in der Phase angeleitet wurden und gemeinsam im Klassengespräch die Materialien sammeln konnten. Abbildung 52 zeigt die Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment planen, in der die Schüler sich mit wenigen Ausschlägen sehr konstant auf Stufe 2 und gegen Ende häufig auf Stufe 3 befinden.

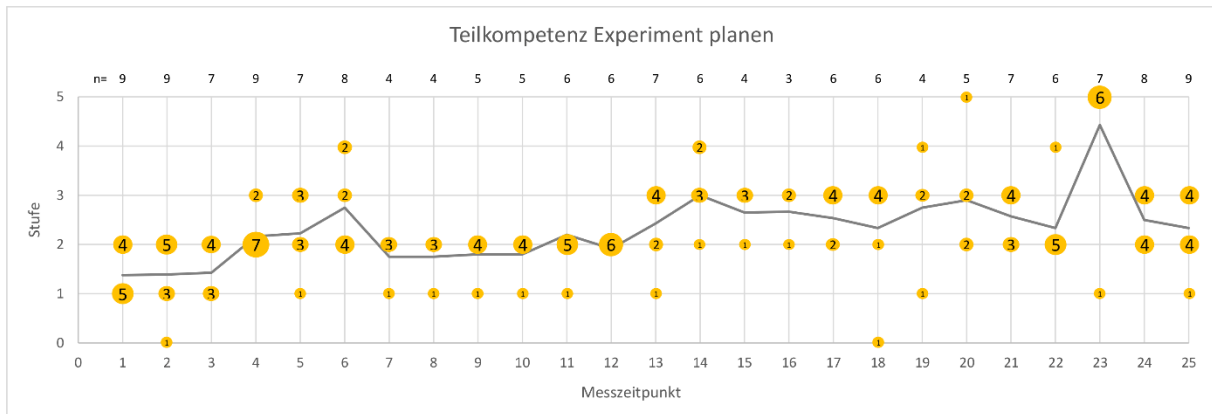


Abbildung 52: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment planen als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Teilkompetenz Experiment durchführen

Eine deutliche Entwicklung ist bei der Teilkompetenz Experiment durchführen zu sehen (siehe Abbildung 53). Bei den ersten sechs Messzeitpunkten zeigen die Schüler bei einer eigenständigen Durchführung nach Anleitung in der ersten Stunde mehr Schwierigkeiten als in der Wiederholungsstunde. Bei Messzeitpunkt 6 haben die Schüler schon an Sicherheit bei der Durchführung gewonnen, sodass sie teilweise schon ohne fertige Anleitung die Wiederholung des Experiments durchführen können. Aufgrund der anschließenden, längeren Covid-19 geschuldeten Pause, ist in Absprache mit den Klassenteams noch keine Öffnung erfolgt, um die Schüler nach der langen Unterbrechung nicht zu überfordern. Nachdem die meisten Schüler das Experiment mit großer Sicherheit und unter Zuhilfenahme der Anleitung selbst durchführen können, erfolgt zu Messzeitpunkt 13 eine erste Öffnung, in der die Schüler sich eigenständig eine mögliche Durchführung überlegen können. Das gelingt den meisten Schülern zunächst mit Unterstützung und anschließend immer freier. Der Rückschritt auf die Anleitung in Messzeitpunkt 17 ist auf eine erneute Schulschließung aufgrund von Covid-19 zurückzuführen. Bei Messzeitpunkt 18 sind im Vergleich zum vorherigen Messzeitpunkt mehr Schüler auf Stufe 2, da die Lehrkraft die Schüler aus Zeitgründen gebeten hat, das Experiment nach Anleitung durchzuführen. Die elfte Lernstation hat viele Durchführungsschritte, was zeigt, dass die Schüler bei komplexeren Durchführungsschritten noch keinen eigenen Ablauf planen und durchführen können und stattdessen auf eine Experimentiervorschrift zurückgreifen. Bei den anschließenden letzten beiden weniger komplexen Lernstationen können die Schüler die Durchführung wieder eigenständig bewältigen. Die zwei Schüler auf Stufe 1 setzen sich immer aus den gleichen beiden Schülern zusammen. Alle anderen Schüler können nach Erreichen der zweiten Stufe diese halten oder sich je nach Komplexität auf eine höhere Stufe steigern. Schon recht früh lernen die Schüler, dass beim Experimentieren kleine Fehler passieren können, wodurch das Ergebnis verfälscht wird. So sind beispielsweise vor der Wiederholungsstunde zum Experiment *Wettlauf ums Trinkwasser* in der Klasse 8-9 die

Pipetten verrutscht, sodass eine falsche Beobachtung gezeigt wird (Messzeitpunkt 2). Diese Erkenntnis ist für die Schüler sehr wichtig und wird daher explizit besprochen.

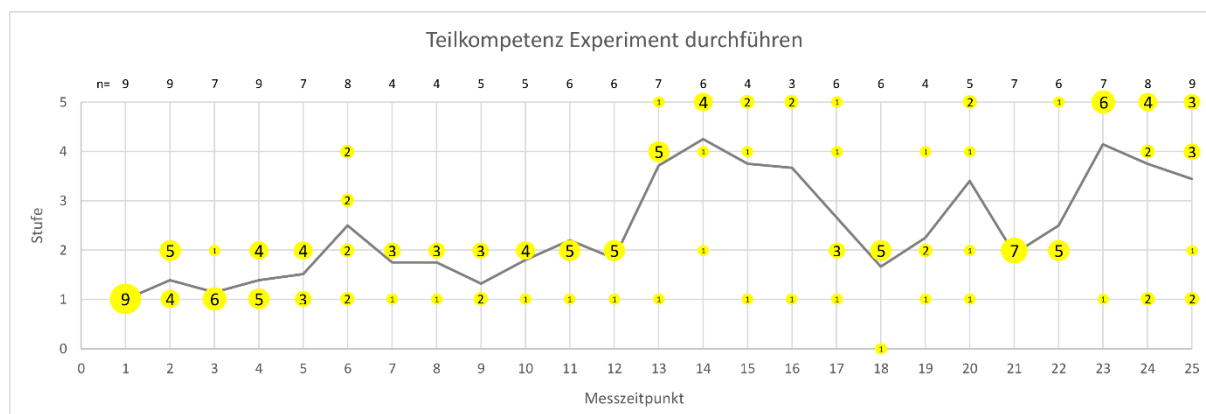


Abbildung 53: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment durchführen als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Teilkompetenz Beobachten

Ebenso wie bei der vorherigen Teilkompetenz, ist auch bei der Beobachtung eine deutliche Entwicklung erkennbar (siehe Abbildung 54). Während die Schüler zunächst Schwierigkeiten haben, sich auf die Beobachtung zu konzentrieren und das Gesehene zu beschreiben, gelingt es ihnen mit der Zeit immer sicherer. Der Beobachtungsauftrag bietet durch den Hinweis auf einen speziellen Aspekt eine Unterstützung. Auch die Auswahl der zwei Beobachtungsbilder fokussiert den relevanten Aspekt und erleichtert die Beobachtung. So können einige Schüler schon von Beginn an oder nach nur wenigen Messzeitpunkten zwischen zwei Bildern eigenständig das richtige Beobachtungsbild auswählen. Die Formulierung in eigenen Worten folgt erst später. Anders als bei der Durchführung haben die Schulschließungen keinen negativen Einfluss auf die Teilkompetenz Beobachten. Haben die Schüler eine Stufe erreicht, wird sie recht konstant beibehalten.

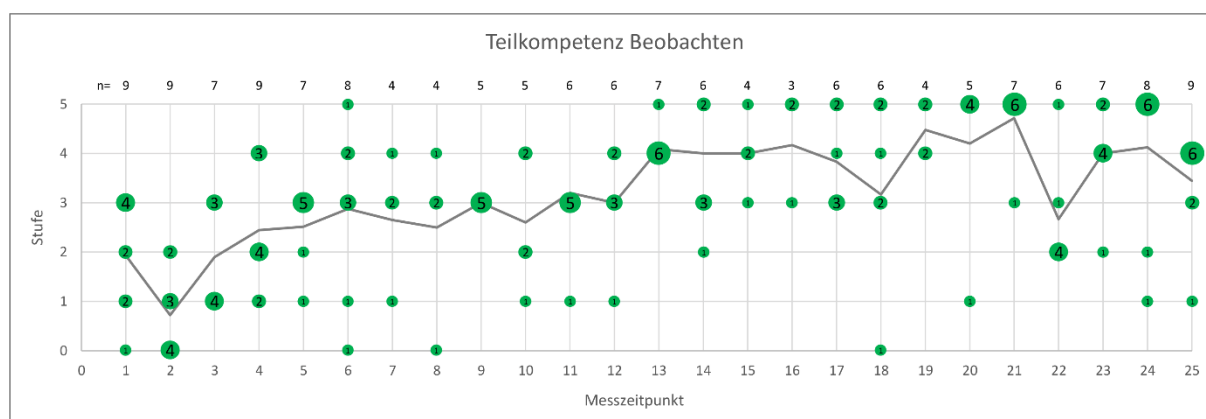


Abbildung 54: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Beobachten als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Teilkompetenz Ergebnis

Die Teilkompetenz Ergebnis zeigt zu Beginn kaum Entwicklungen. Zu den ersten elf Messzeitpunkten können die Schüler nur selten die Ergebnisse ohne Anleitung bzw. Besprechung im Klassenverband erklären. Erst ab Messzeitpunkt 12 können die Schüler regelmäßiger ohne Vorgaben eine Erklärung geben. Ebenso wie die Fragestellung und Vermutung ist auch das Ergebnis sehr themenabhängig. Je komplexer eine Erklärung zu dem Experiment ist, desto schwerer fällt es den Schülern, ohne Hilfestellung das Beobachtete auf einen Kontext zu übertragen und ein Ergebnis zu formulieren. Selten konnte ein Schüler die Erklärung in allen Facetten vollständig überblicken. In der Wiederholungsstunde konnten sich die Schüler hingegen meist an die relevantesten Teile des Ergebnisses erinnern, stellenweise konnten sie auch das gesamte Ergebnis wiedergeben. Die Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Ergebnis zeigt Abbildung 55. Ein weiterer Aspekt, den die Schüler bei der Teilkompetenz gelernt haben ist, ihre Vermutungen beim Ergebnis noch einmal zu reflektieren. Es ist wichtig, dass die Schüler verstehen, dass sie auch falsche Vermutungen äußern dürfen. Denn negative Ergebnisse sind genauso wichtig wie positive und tragen zur Erkenntnisgewinnung bei (Sommer & Pfeifer, 2018a).

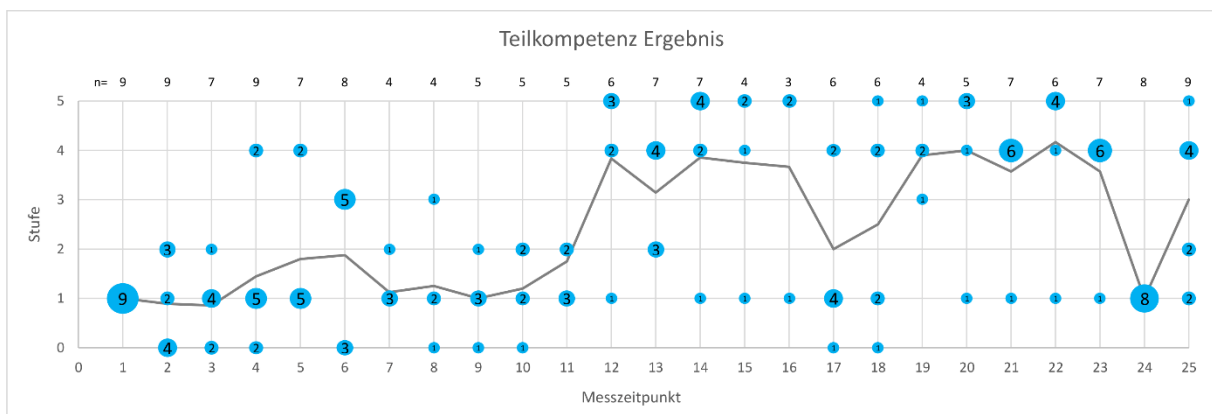


Abbildung 55: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Ergebnis als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Teilkompetenz Dokumentieren

Beim Dokumentieren sieht man große Unterschiede in der Dokumentation der Beobachtung und des Ergebnisses. In den Dokumentationsstunden der Beobachtung, also den ungeraden Werten mit Ausnahme des Wertes 25, erzielen die Schüler durchgehend eine höhere Stufe als bei der Dokumentation des Ergebnisses. Trotzdem ist in beiden Dokumentationsformen eine grundlegende positive Entwicklung sichtbar (siehe Abbildung 56). Die Schüler mussten in keiner der Stunden einen eigenen Protokollbogen entwerfen, sondern hatten in Form von Arbeitsblättern die Dokumentationsschritte vorgegeben, sodass sie diese nur ergänzen mussten. Bis zum Ende ist der Begriff des Dokumentierens für die Schüler schwierig. Auch

wenn die meisten den Grundgedanken dahinter verstanden haben, nutzen sie lieber die Aussage, dass sie ein Arbeitsblatt bearbeiten.

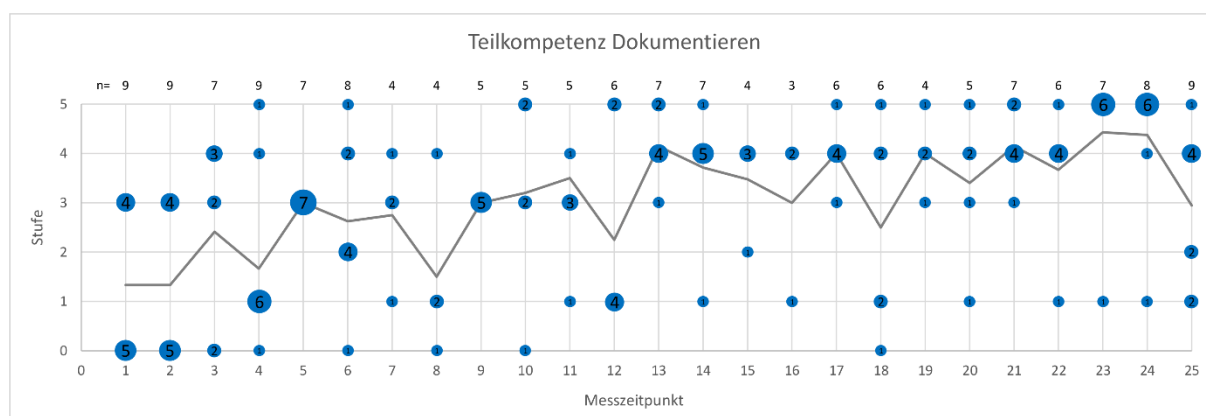


Abbildung 56: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Dokumentieren als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie)

Zusammenfassung der Teilkompetenzen

Prinzipiell ist eine Einführung in den Experimentierprozess und ein Aufbau von grundlegenden Fähigkeiten und Fertigkeiten durch kochrezeptartige Experimentiervorschriften sinnvoll (Metzger & Sommer, 2010). Daher ist es zu Beginn nötig, die gesamten Lernstationen gemeinsam durchzuführen, mit der Zeit kann eine Öffnung erfolgen. Trotz der Öffnung sind alle Phasen und deren Übergänge in jeder Unterrichtsstunde durch die Lehrkraft strukturiert. Diese Strukturierung erfolgt in Form von materiellen und verbalen Hilfestellungen, die im Sinne des Scaffoldings immer weiter zurückgenommen werden (Leuchter, 2017). Nur durch diese klare Strukturierung ist es den Schülern möglich, sich von einem kochrezeptartigen Vorgehen beim Experimentieren zu lösen. Manche Schüler können schneller mit geöffneten und offenen Experimenten arbeiten, während andere Schüler bis zum Schluss die Experimentieranleitung benötigen. Je nach Komplexität des Experiments bitten die Schüler selbst um eine Anleitung, obwohl sie eigene Ideen oder das Experiment in der vorherigen Woche bereits durchgeführt haben, da eine Durchführung ohne Anleitung anstrengender ist und die Schüler auch gegen Ende der gesamten Unterrichtseinheit teilweise noch überfordert sind.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Schüler sich in allen experimentellen Teilkompetenzen in unterschiedlichen Ausprägungen entwickelt haben. Schon Walpuski und Schulz (2011) haben festgestellt, dass Schüler häufig Schwierigkeiten beim Formulieren von Hypothesen haben, was sich auch in dieser Studie bei der Bildung von Vermutungen bestätigt. Zudem ist die Vermutung, ebenso wie Fragestellung und Ergebnis, stark vom Kontext abhängig. Die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte geben an, dass sich die Schüler mit der Zeit besonders die Handlungsabläufe immer besser einprägen. Um einen abschließenden Überblick der Entwicklung aller Schüler in allen Teilkompetenzen zu geben, zeigt Animation 1 die

Häufigkeitsverteilung über alle 25 Messzeitpunkte in Form von Spinnennetzen (vgl. Maiseyenko, 2014; Stäudel, 2007). Exemplarisch sind in Abbildung 57 die Häufigkeitsverteilungen von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 gegenübergestellt.



Animation 1: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 und Klasse 8-9 über 25 Messzeitpunkte als Häufigkeitsverteilung



Abbildung 57: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 und 8-9 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung

Auch wenn sich mit den Häufigkeitsverteilungen eine grobe Entwicklung aller Schüler beschreiben lässt, kann keine Aussage über individuelle Entwicklungsverläufe der einzelnen Schüler getroffen werden. Aus den Häufigkeitsverteilungen ist nicht ersichtlich, welcher Schüler sich auf welcher Stufe befindet, und ob er sich weiterentwickelt oder Rückschritte in der Entwicklung gemacht hat. Um die individuellen Entwicklungen der Schüler zu erfassen, sind in Mesozyklus 8 Fallbeschreibungen der Schüler vorgenommen (siehe Kapitel 6.6.3).

Ergebnisse in Bezug auf das Verständnis des Forscherkreislaufs

Die Schüler haben den Forscherkreislauf in zwei Varianten kennengelernt. Je nachdem ob Beobachtung oder Ergebnis dokumentiert werden, ist die Dokumentation nach der Beobachtung oder nach dem Ergebnis angeordnet, sodass beide Varianten bei der Erhebung als korrekt angesehen werden. Die Erhebung findet zu fünf Zeitpunkten über ein Schuljahr in Einzelsituationen statt: vor dem ersten Experiment, nach den ersten Experimenten und vor der Einführung des Kreislaufs, nach der Einführung des Kreislaufs aber ohne explizite Nutzung im Unterricht, nach zusätzlicher Nutzung des Kreislaufs im Unterricht und abschließend nach einer längeren Pause durch die Sommerferien. Zu Beginn zeigt sich, dass die Schüler keine

Idee haben, welcher Struktur der Forschungsprozess folgt, und deswegen zusammenhanglos die Reihenfolge legen. Auch die Zuordnung der Wortkarten und Piktogramm-Karten ist schwierig, wobei die Beobachtung, die Durchführung und häufig auch die Fragestellung schon von Beginn an überwiegend richtig kombiniert werden. Gleiches lässt sich auch nach den ersten Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten feststellen. Eine bloße Anwendung der Experimente, ohne eine konkrete Besprechung der einzelnen Phasen, scheint demnach wenig zielführend zu sein. Erst nachdem der Forscherkreislauf anhand eines Beispiels explizit durchgesprochen wurde, zeigt sich mehr Klarheit. Die Zuordnung der Wort-Piktogramm-Karten ist überwiegend richtig. So trifft die Hälfte der Schüler alle Zuordnungen korrekt, während die andere Hälfte noch einzelne Fehler aufweist. Meistens treten die Fehler bei der Unterscheidung der Piktogramme von Experiment planen und Dokumentieren sowie Vermutung und Ergebnis auf. Bei der Reihenfolge ordnet jeder Schüler mindestens eine Phase der falschen Stelle zu. Zusätzlich wird ab diesem Zeitpunkt der Begriff der Abbildung gefragt, der kann von der Hälfte der Schüler beantwortet werden kann. Nach der bewussten konstanten Anwendung des Forscherkreislaufs parallel zum Experimentieren, festigt sich der Kreislauf immer mehr. Die Zuordnungsfehler treten nur noch bei Experiment planen, Dokumentieren, Vermutung und Ergebnis auf. Den Schülern ist bewusst, dass sie für die Phasen Experiment planen und Dokumentieren einen Stift benötigen, betrachten die Piktogramme häufig aber nicht genau. Auf Nachfrage können sie meist die richtige Zuordnung vornehmen. Auch bei der Reihenfolge gibt es die ersten fehlerlosen Ergebnisse. Bei der letzten Erhebung zeigen sich stellenweise immer noch Fehler bei der Zuordnung und Reihenfolge. Meistens finden die Schüler diese Fehler nach dem Hinweis, dass noch ein Fehler vorhanden ist, eigenständig, teilweise wird der Fehler gemeinsam im Gespräch erarbeitet. Alle Schüler können den Forscherkreislauf am Ende als solchen benennen.

Bei der Erhebung des Forscherkreislaufs zeigt sich, dass der Transfer von der Durchführung der Experimente auf die einzelnen Phasen ohne direkten Bezug kaum möglich ist. Erst durch eine Anwendung des Forscherkreislaufs über einen längeren Zeitraum beginnen die Schüler den Kreislauf zu verstehen und zu verinnerlichen. Trotzdem benötigen die Schüler bei der Beschreibung des theoretischen Ablaufs des Experimentierens auch nach einem Schuljahr noch häufig Hilfestellungen.

Das Wissen über den Ablauf des naturwissenschaftlichen Experimentierens bietet auch während des Unterrichts eine gute Orientierung. In Absprache mit den Klassenteams ist für den Einsatz im Unterricht bewusst der gleiche Forscherkreislauf gewählt, wie für die Erhebungen. Grund hierfür ist, dass die Schüler eine Konstante benötigen und verschiedene Visualisierungsformen gerade in diesem Förderschwerpunkt zu Unsicherheit und Überforderung führen. In beiden Klassen hängt der Forscherkreislauf nach der ersten Besprechung in der Klasse an der Tafel und kann während des Experimentierens betrachtet

werden. Es fällt auf, dass die Schüler sich ohne einen Hinweis der Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte in unterschiedlicher Ausprägung an dem Kreislauf orientieren. In der Klasse 8-9 kommt nach einem Dreivierteljahr zusätzlich noch die Forscherscheibe zum Einsatz, bei der Klasse 8 wird in Absprache mit dem Klassenteam bewusst auf eine weitere Visualisierungsart verzichtet. Während des Experimentierprozesses können sich die Schüler deutlich besser an den Ablauf der verschiedenen Phasen erinnern, diese beschreiben und häufig sogar benennen, als bei einer theoretischen Abfrage. L2 gibt an, dass er sehr überrascht ist und es toll findet, wie gut die Schüler sich während des Experimentierens an die Phasen erinnern, sich daran orientieren und diese einhalten.

Ergebnisse in Bezug auf Interesse und Motivation

Über die gesamten Lerneinheiten zeigen die Schüler sehr großes Interesse und Freude an dem experimentellen Prozess und den Inhalten. Die gemeinsame Erarbeitung der Kontextualisierung und der meisten relevanten Aspekte im Unterrichtsgespräch geben den Schülern viel Sicherheit und bieten die Möglichkeit, eigene Ideen mit einzubringen. Besonders gut hat allen die tatsächliche Handlung, also das Durchführen der Experimente, gefallen. Ob die Durchführung mit Anleitung oder als Forscher schöner war, sehen die Schüler unterschiedlich. Fast alle Schüler geben am Ende der gesamten Lerneinheiten an, dass sie gerne weiterhin experimentieren würden. Auch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte stimmen darin überein, dass sie das Experimentieren gerne weiterführen möchten.

Ergebnisse in Bezug auf die Erinnerungsfähigkeit mit dem Fokus auf das Ergebnis

Die Schüler erinnern sich am Ende des Schuljahres sehr unterschiedlich an die verschiedenen Lernstationen. An die groben Überthemen Wasser, Meere und Ozeane, Tiere und Pflanzen können sich alle Schüler, teilweise mit kleinen Hinweisen, gut erinnern. Die Beschreibung des naturwissenschaftlichen Hintergrundes fällt ihnen häufig schwer und auch die Komplexität mancher Experimente ist ihnen nicht mehr im gesamten Umfang präsent. So können sich die Schüler beispielsweise zwar noch daran erinnern, dass man Autos nicht auf der Wiese waschen darf, sie geben aber als Begründung meist an, dass das Spülmittel Schadstoffe beinhaltet und somit den Boden schädigt, anstelle des gemeinsam im Unterricht erarbeiteten Hintergrundes. Im Schnitt können sich die Schüler gut an folgende Inhalte erinnern:

- *Wettlauf ums Trinkwasser:* Die Menschen können weniger Wasser pumpen als die Fabriken, was sehr unfair ist. Laut der Klassenteams haben die Schüler einen hohen Gerechtigkeitssinn und können sich wahrscheinlich daher nach der langen Zeitspanne noch gut daran erinnern.
- *Naturfilter:* Der Boden säubert das Wasser, selten wird der Begriff filtern genannt. Alle Schüler können, teilweise mit etwas Hilfe, die Bodenschichten aufzählen.

- *Boden als Schadstofffilter*: Autos dürfen nicht auf der Wiese gewaschen werden.
- *Von Eierschalen und Korallenriffen*: Eier und Korallen bestehen aus Kalk. Kalk kann man mit Essig lösen, zum Beispiel im Wasserkocher.
- *Blub, blub*: Wir Menschen atmen Kohlenstoffdioxid aus und Sauerstoff ein, das war vielen Schülern vorab nicht bekannt. Die Aufnahme von CO₂ in Abhängigkeit von Wasser kann keiner benennen.
- *Feind der Tiere*: Plastikmüll ist schlecht für die Tiere, sie können daran sterben. Deshalb muss der Müll immer ordnungsgemäß weggeworfen werden.
- *Ölkatastrophe*: Öl und Wasser zu trennen, ist sehr schwierig. Die Tiere und Pflanzen im Wasser leiden darunter.
- *Rätsel ums Klärwerk*: Im Klärwerk wird unser Abwasser gesäubert.
- *Wie Regenwürmer atmen*: Die Regenwürmer kommen bei Regen an die Oberfläche, weil sie dann unter der Erde keine Luft mehr zum Atmen haben.
- *Hochwassergefahr*: Wenn der Boden festgedrückt ist, kann das Wasser schlechter abfließen, das passiert zum Beispiel durch Traktoren.
- *Durstige Bäume*: Die Bäume trinken, indem sie das Wasser durch die Wurzeln aufnehmen und wie durch einen Strohalm bis zu den Blättern leiten. Ein Schüler kann sich sogar noch an den Begriff der Kapillare erinnern.
- *Geheimnisvolle Blätter*: Vor dem Interview noch nicht durchgeführt.

Um die Erinnerung der Schüler zu unterstützen, werden ihnen, nachdem sie selbst keine Lernstationen mehr benennen, die Titel mit dem Titelbild gezeigt, sodass sie dadurch weitere Inhalte wiedergeben können. Im Anschluss bespricht jeder Schüler anhand von ein bis zwei Lernstationen detaillierter den Forscherkreislauf und den Kontext (siehe Fallbeschreibungen in Kapitel 6.6.3). Allgemein zeigt sich, dass die Schüler sich in unterschiedlichen Ausprägungen an die Inhalte der 13 Lernstationen erinnern können (siehe Abbildung 58). Nur selten können die Schüler das Ergebnis der Lernstation mit dem vollständigen naturwissenschaftlichen Hintergrund, Fachbegriffen und teilweise den sozialen Bedeutungen für die Menschen erläutern. Dagegen können sie fast immer zumindest Teilaspekte der Lernstation wiedergeben. Bei den Lernstationen, bei denen keine Aussage möglich ist oder keine Deutung getroffen wird, hat Nina meist keine Angabe gemacht. Eine Ausnahme davon sind Lernstation 6 und Lernstation 12. Jan kann sich nicht mehr daran erinnern, bei Lernstation 6 dabei gewesen zu sein. Sven zählt das eigene Experiment auf, geht aber nicht weiter darauf ein, sodass keine Aussage darüber getroffen werden kann, welches Wissen er behalten hat. Da mit Tom kein Interview geführt wurde, entfällt er in der Statistik der Erinnerungsfähigkeit. Weiterhin unterscheiden sich die Gesamtzahlen bei den Lernstationen, da die Schüler coronabedingt häufiger gefehlt haben und dadurch nicht bei allen Lernstationen anwesend waren. Die Lernstation E12 ist nur bei zwei Schülern zur Sprache gekommen. Die Lernstation

E13 hat erst nach den Interviews stattgefunden, außer bei Jan, der das Interview später nachgeholt hat.

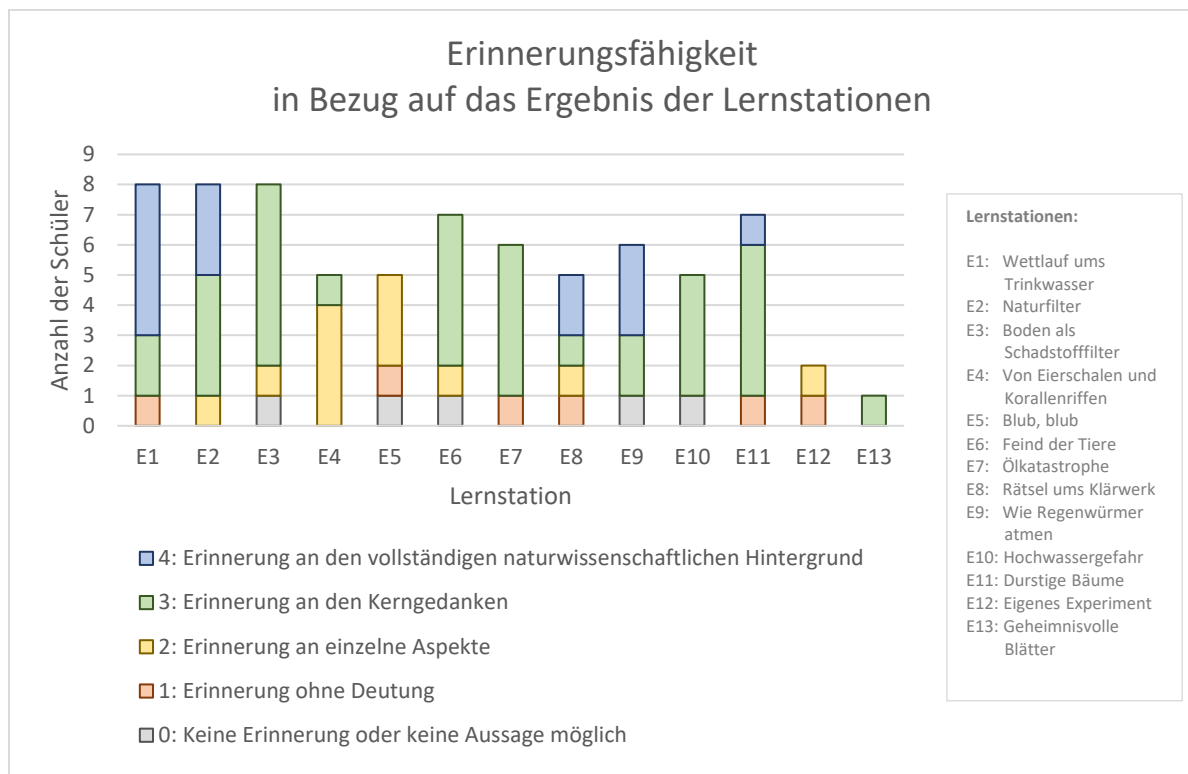


Abbildung 58: Erinnerungsfähigkeit aller Schüler in Bezug auf das Ergebnis der einzelnen 13 Lernstationen

Alle Schüler haben während des Schuljahres an Wissen dazugewonnen und können diesen Lernzuwachs im gemeinsamen Gespräch abrufen. Das Wissen bezieht sich nicht nur auf bestimmte Lernstationen, sondern übergreifend auch auf den Ausbau der Fachsprache und das Erlernen spezieller Fachbegriffe. Alltagsprache stellt den Ausgangspunkt für das Erlernen von naturwissenschaftlichen Begriffen dar (Weirauch, Schenk, Ratz & Reuter, 2021b). Auch Schüler mit unterschiedlichen kognitiven Voraussetzungen können sich die Fachsprache im Chemieunterricht erarbeiten. Eine Fachsprache und gleichzeitig dazu Fachwissen zu erwerben, ist ein langer Prozess. Es gibt spezielle und technische Vokabeln in der Chemie, wie beispielsweise die Bezeichnung von Laborgeräten, die aus dem Alltag nicht bekannt sind. Eine gute Methode, um vor allem in jüngeren Altersklassen Fachbegriffe, Laborgeräte und Labormaterialien zu erlernen, sind visuelle Assoziationen. Ebenso bieten sich Memorys zum Verinnerlichen von Begriffen an, wobei eine Möglichkeit der Selbstkontrolle für die Schüler empfehlenswert ist (Markic & Abels, 2013). Zum Erlernen der Begriffe werden in dieser Studie in einer Einstiegsphase die Geräte mit Gegenständen, Wortkarten und Fotos der Realgegenstände erarbeitet und spielerisch im Memory-Spiel vertieft. Im weiteren Verlauf können die Schüler so schon die Geräte von den Chemikalien unterscheiden und erinnern sich später an Fachbegriffe. Zum Beispiel können sie sich den häufig verwendeten Begriff

Becherglas gut merken, während sie weniger häufig verwendete Begriffe nicht so gut behalten, beispielsweise Messzylinder. Da die Schüler alle Materialien schon im Memory kennengelernt haben, können sie ohne allzu große Verunsicherung den Begriff dem Gegenstand beim Experimentieren zuordnen. Auch im Umgang mit den Geräten werden sie immer sicherer. Während sie zu Beginn das Wasser an einer beliebigen Stelle aus dem Becherglas schütten, verwenden sie mit der Zeit den dafür vorgesehenen Ausguss.

Reflexion

Das am häufigsten eingesetzte und zur Auswertung herangezogene Instrument ist der Beobachtungsbogen. Die Reflexion dieses Bogens erfolgt in Kapitel 6.4.3. Um die Entwicklungen der experimentellen Teilkompetenzen weiter abzusichern, wird eine kommunikative Validierung mittels Interviews mit den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften durchgeführt. Dazu sollen die Lehrkräfte die Entwicklungsverläufe zunächst selbst beschreiben und anschließend mit den Abbildungen abgleichen. Das zweite, mehrfach eingesetzte Instrument, ist der Forscherkreislauf. Zu kritisieren ist, dass das Verständnis der Symbole vor dem Einsatz des Forscherkreislaufs nicht durch Interviews mit den Schülern, sondern durch Lehrerinterviews erhoben wurde. Dagegen spricht, dass die Lehrkräfte auch schon bei den Experimentieranleitungen die Bedürfnisse ihrer Schüler sehr gut einschätzen konnten und kaum noch Änderungen bei dem Einsatz mit den Schülern vorgenommen werden mussten. Es kann überlegt werden, ob es alternative Piktogramme gibt, die beispielsweise die Vermutung besser verdeutlichen als die abstrakte Denkblase. Aus Ermangelung an vorhandenen Piktogrammen und Veranschaulichungsmöglichkeiten haben sich alle Beteiligten für die Verwendung dieser Piktogramme ausgesprochen. Legitimiert wird das Legen der Experimentierschritte als Erhebungsmethode in Anlehnung an die Struktur-Lege-Technik nach Wahl (2013), die auf die Heidelberger Struktur-Lege-Technik nach Scheele und Groeben (1988) zurückgeht. Diese Technik hat sich schon in mehreren Studien als wirksam herausgestellt (u. a. Horn & Schweizer, 2015; Rau-Patschke et al., 2018). In dieser Studie entsteht durch die Anordnung der Begriffe eine kreisförmige Struktur, allerdings sind die Wörter, anders als in der Methode vorgeschlagen, nicht von den Schülern initiiert, sondern vorgegeben. Während der Erhebung des Forscherkreislaufs in Einzelsituationen zeigt sich, dass die Uhrzeit einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Schüler hat. So können sie sich je nach Erhebungszeit unterschiedlich gut auf den Forscherkreislauf konzentrieren und die richtigen Zuordnung und Reihenfolge angeben. Weiterhin könnte kritisiert werden, dass die Schüler zu der Erhebung ihres theoretischen Wissens über den Forscherkreislauf denselben Kreislauf, den sie auch im Unterricht nutzen, vorgelegt bekommen und quasi ein Teaching-to-the-test vorgenommen wird (Köller, 2010). Die Einheitlichkeit ist in Rücksprache mit den Förderschullehrern und Pädagogischen Fachkräften im Förderschwerpunkt geistige

Entwicklung bewusst gewählt, da die Schüler eine Konstante benötigen und gleiche Inhalte immer auf die gleiche Art dargestellt werden sollten. Das dritte Erhebungsinstrument ist das Interview. Nach Lück (2018) sind Einzelinterviews mit den Schülern die aussagekräftigste Informationsquelle, um ihre Erinnerungsfähigkeit zu erfassen. In der Ergebnisdarstellung aller Schüler wird ausschließlich auf die Erinnerung bezüglich des Ergebnisses eingegangen. Die Einordnung zu den verschiedenen Deutungsebenen ist von zwei Ratern durchgeführt worden. Auf die Erinnerungsfähigkeit in Bezug auf Aufbau und Durchführung wird an dieser Stelle verzichtet, da die Schüler alle unterschiedliche Lernstationen zum Durchlauf der Phasen gewählt haben und somit eine Verallgemeinerung kaum möglich ist. In allen Auswertungen bleibt die Rolle der Lehrkraft, Pädagogischen Fachkräfte und der Verfasserin, sowie eine Schlussfolgerung auf kooperative Arbeitsprozesse weitestgehend unbeachtet. Der Beobachtungsbogen gibt zwar die Möglichkeit, in dem freien Kommentarfeld Anmerkungen zu besonderen Verhaltensweisen zu notieren, dieses wird aber kaum genutzt. Ein Grund dafür ist, dass die Schüler nur bei der Fragestellung, der Vermutung und dem Ergebnis als Klasse zusammenarbeiten und die anderen Phasen in Einzelarbeit erledigen. Diese Arbeitsform ist nötig, damit der individuelle Entwicklungsstand der Schüler erfasst werden kann, in einer Gruppenarbeit wäre dies nicht so ausführlich möglich.

Im Allgemeinen ist es möglich, in einem kompetenzorientierten Experimentierunterricht den Experimentierprozess zu vermitteln, zu üben und anzuwenden (Baur, 2018, S. 116). Eine Generalisierung der Ergebnisse auf alle Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist aufgrund der großen Heterogenität in diesem Bereich und der kleinen Stichprobengröße nicht möglich. Dieser Mesozyklus zeigt in Bezug auf eine ausgewählte Schülergruppe, dass ein Aufbau einer experimentellen Kompetenz auch bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung durch regelmäßige Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten und auf die Schüler angepasste Lernmaterialien möglich ist. Die Schülergruppe hat sich sowohl in ihren experimentellen Teilkompetenzen als auch beim Verständnis des Forscherkreislaufs in unterschiedlichen Ausprägungen entwickelt. Eine allgemeine Betrachtung der Schülergruppe wird den individuellen Entwicklungen nicht gerecht, weshalb im nächsten Mesozyklus Fallbeschreibungen der einzelnen Schüler vorgenommen werden (siehe Kapitel 6.6).

6.6 Fallbeschreibungen (Mesozyklus 8)

Über ein Schuljahr führten neun Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung die Lernstationen mit verschiedenen Experimentiervorschriften durch. Sie wurden währenddessen mithilfe eines Beobachtungsbogens beobachtet, um ihre individuellen Entwicklungen der experimentellen Kompetenz zu erfassen. Diese Entwicklungen sind in Fallbeschreibungen dargestellt.

6.6.1 Analyse und Vorbereitung

Die literarischen Grundlagen sind analog zu denen in Mesozyklus 7, weshalb aufgrund der Vermeidung von Wiederholungen auf diese Stelle verwiesen ist (siehe Kapitel 6.5.1). Um Aussagen über die Entwicklung der experimentellen Kompetenz zu treffen, ist eine individuelle Betrachtungsweise von Vorteil. Durch Fallbeschreibungen lassen sich die Entwicklungen von einzelnen Personen darstellen (Lamnek & Krell, 2016). Um eine Vorstellung der Schüler zu bekommen, bieten sich Schülerbeschreibungen an. Dazu werden in der Sonderpädagogik häufig die fünf Entwicklungsbereiche herangezogen: Kognition, Sprache/Kommunikation, Sozialverhalten, Wahrnehmung sowie Lern- und Arbeitsverhalten (u. a. Lelgemann, 2010). In diesen Entwicklungsbereichen werden der Entwicklungsstand eingeschätzt und Unterstützungs- und Förderangebote benannt. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollte zusätzlich eine Einschätzung der Fähigkeiten im Sachunterricht vorgenommen werden (Rott, 2018). Alle schülerbezogenen Daten lassen sich in einem Charakterisierungsbogen zusammenfassen.

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:

- 2 Ermöglichen die Lernmaterialien bei Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung einen Aufbau und die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenz?
- 2.3 Wie entwickeln sich die einzelnen Schüler in ihren experimentellen Teilkompetenzen?
- 2.4 Können sich die Schüler innerhalb eines Schuljahres von einem kochrezeptartigen Experimentieren mit Unterstützung lösen?
- 2.5 Entwickeln die Schüler ein Verständnis für den Ablauf des Experimentierprozesses (Forscherkreislauf)?
- 2.6 Wie beurteilen die Schüler aus affektiv-motivationaler Sicht die Experimentiereinheiten?
- 2.7 Welche Erinnerungsfähigkeit an die Inhalte der Lernstationen weisen die Schüler auf?

Zielsetzung:

Entwicklung der experimentellen Kompetenz durch die Entwicklung der einzelnen Schüler in Fallbeschreibung betrachten

Rahmenbedingungen

An der Studie nahmen insgesamt neun Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung aus zwei Klassen teil. Die fünf Schüler aus der Klassenstufe 8 waren zwischen 13 und 14 Jahre alt und wurden von einer Lehrerin und ein bis zwei Pädagogischen Fachkräften unterrichtet. In der Klasse 8-9 wurden vier Schüler im Alter von 14 bis 16 Jahren von zwei Pädagogischen Fachkräften unterrichtet. Eine genaue Beschreibung der einzelnen Schüler findet sich in den einzelnen Fallbeschreibungen. Die Experimentierstunden waren wöchentlich geplant, mussten aufgrund der Covid-19-Lage allerdings teilweise verschoben werden. Die Termine der einzelnen Klassen und die Anwesenheit der Teilnehmenden sind in Kapitel 6.6.3.1 und 6.6.3.7 aufgelistet. Alle Experimentierstunden und weiteren Erhebungen fanden in bekannten Räumlichkeiten, wie im eigenen Klassenraum oder Nebenraum, statt.

6.6.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

In diesem Mesozyklus sind die Konstruktionen analog zu denen in Mesozyklus 7 (siehe Kapitel 6.5.2). Der Unterschied liegt in der späteren Auswertung der Daten. Zusätzlich gibt es einen Charakterisierungsbogen, mit dem sich die einzelnen Schüler beschreiben lassen. Dieser Bogen setzt sich aus den Entwicklungsbereichen (siehe Kapitel 1) und den Einschätzungen der naturwissenschaftlichen Fähigkeiten zusammen und soll von den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften der Schüler ausgefüllt werden. Die Endfassung des Charakterisierungsbogens ist in Tabelle 50 abgebildet.

Tabelle 50: Charakterisierungsbogen zur Einschätzung der Schüler (in Anlehnung an Rott, 2018, S. 181)

Charakterisierungsbogen	
Schüler: _____	Datum: _____
Allgemeine Daten	
Alter	
Schulbesuchsjahr	
relevante (Vor-) Erkrankungen	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	
arbeitet gerne praktisch	
arbeitet gerne alleine	
arbeitet gerne in der Gruppe	
ist interessiert an neuen Dingen	
stellt Fragen	
greift auf vorhandenes Wissen zurück	
entwickelt eigene Ideen	
stellt Vermutungen an	
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern.	
besondere Stärken	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	
weiterer Unterstützungsbedarf	
weitere Bemerkungen	

Durchführung und Datenaufnahme

Zu den wesentlichen Methoden der Datenaufnahme, die in der Fallstudienarbeit häufig gemeinsam verwendet werden, gehören die Befragung, Beobachtung und Inhaltsanalyse (Borchardt & Göthlich, 2009). Sie wurden alle drei in diesem Mesozyklus eingesetzt. Alle Methoden der Datenaufnahme sind analog zu denen in Mesozyklus 7 (siehe Kapitel 6.5.2). Zusätzlich werden noch Daten durch die Charakterisierungsbögen, die von den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften zur Beschreibung der Schüler vor dem Beginn der ersten Lerneinheit ausgefüllt wurden, und die Forschermappen der Schüler, in denen die Lernmaterialien zur Dokumentation gesammelt sind, gewonnen. Die Abläufe der Stunden und persönliche Eindrücke der Lernsituation wurden von der Verfasserin für jede Klasse parallel zu der Erhebung in einem Erlebnisbericht, ähnlich einem Tagebuch, festgehalten (Bachmann, 2009; Fischer & Beer, 2020). Einen Überblick aller Daten zeigt Tabelle 51.

Tabelle 51: Datenüberblick Mesozyklus 8

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP gE	6	L1 - L6	Teilnehmende Beobachtung, Beobachtungsbogen, Gruppeninterview, Gespräche	Tonaufnahmen, Transkripte, Notizen, Beobachtungsbogen, Forscherkreislauf, Erlebnisbericht, Lernmaterialien der Schüler, Charakterisierungsbogen
Schüler mit dem FSP gE	9	Dirk, Sina, Tom, Viktor, Wolfgang; Gabriel, Jan, Nina, Sven	Teilnehmende Beobachtung, Beobachtungsbogen, Einzelinterview, Gespräche, Forscherkreislauf	Analysen aus vorherigen Zyklen

6.6.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Die Interviews und Gespräche zum Forscherkreislauf werden analog zu Mesozyklus 7 analysiert (siehe Kapitel 6.5.3). Auch die Beobachtungsbögen werden nach der deskriptiven Statistik zunächst in einer Datenmatrix gesammelt und weisen die Ordinalskala auf. Allerdings werden die Werte nicht zusammengefasst, sondern jeweils als Einzelwerte betrachtet. So lässt sich die Entwicklung von allen Schülern in den einzelnen Teilkompetenzen über die gesamten Messzeitpunkte verfolgen. Zur Veranschaulichung werden die Werte in einem Liniendiagramm oder als Spinnennetz dargestellt (Maiseyenko, 2014; Mittag & Schüller, 2020). Das gesamte Datenmaterial und deren Auswertungsmethoden sind in Tabelle 52 aufgelistet.

Tabelle 52: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 8

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Klasse 8 und Klasse 8-9: Daten aus jeweils 40 Unterrichtsstunden (Doppelstunden).			
Klasse 8			
Beobachtungsbogen 19 - 48, 82 - 110 (25 Messzeitpunkte)	30.10.2020 - 28.09.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Deskriptive Statistik
Forscherkreislauf 1 - 4, 9 - 12, 17 - 20, 25 - 28, 33 - 36 Transkript, Notizen	11.12.2020 - 08.09.2021	5 - 23	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 18 - 21 Transkript, Notizen	02.07.2021 - 09.07.2021	25 - 35	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 26 Transkript, Notizen	08.07.2021	95	Qualitative Inhaltsanalyse
Erlebnisbericht der Unterrichtsstunden	21.08.2020 - 28.09.2021	-	-
Charakterisierungsbogen der Schüler	09.10.2020 - 10.10.2020	-	Beschreibung der Schüler
Lernmaterialien der Schüler	21.08.2020 - 28.09.2021	-	Qualitative Inhaltsanalyse
Klasse 8-9			
Beobachtungsbogen 49-81, 111 - 136 (25 Messzeitpunkte)	30.10.2020 - 07.09.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Deskriptive Statistik
Forscherkreislauf 5 - 8, 13 - 16, 21 - 24, 29 - 32, 37 - 40 Transkript, Notizen	11.12.2020 - 02.09.2021	5 - 15	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 22 - 25 Transkript, Notizen	29.06.2021 - 02.07.2021	18 - 45	Qualitative Inhaltsanalyse
Interview 27 Transkript, Notizen	08.09.2021	59	Qualitative Inhaltsanalyse
Erlebnisbericht der Unterrichtsstunden	21.08.2020 - 07.09.2021	-	-
Charakterisierungsbogen der Schüler	02.09.2020	-	Beschreibung der Schüler
Lernmaterialien der Schüler	21.08.2020 - 07.09.2021	-	Qualitative Inhaltsanalyse

Ergebnisse

Zur Betrachtung der individuellen Entwicklungen der Schüler werden einzelne Fallbeschreibungen vorgenommen. Zunächst ist ein Überblick über die Klasse 8 mit einem Ablaufplan inklusive Abwesenheiten und ein Überblick der Entwicklung aller Schüler der Klasse gegeben. Anschließend sind die Entwicklungen der Schüler in Fallbeschreibungen dargestellt. An die Ergebnisdarstellung der achten Klasse schließt sich analog die Ergebnisdarstellung der Klasse 8-9 an. Alle Kapitel der Fallbeschreibungen folgen dem gleichen Aufbau. Zu Beginn ist eine Personenbeschreibung in Form des von den Lehrern und Pädagogischen Fachkräften ausgefüllten Charakterisierungsbogens vorgenommen. Anschließend wird die Entwicklung der experimentellen Kompetenz betrachtet. Dazu richtet sich der Blick zunächst auf die allgemeine Entwicklung, die in Form von Animationen visualisiert ist. Auch ohne diese Animationen lässt sich die Entwicklung durch die darauffolgende Betrachtung der Teilkompetenzen nachvollziehen. Analog zum vorherigen Kapitel sind den einzelnen Teilkompetenzen immer die gleichen Farben zugeordnet:

Fragestellung (rot), Vermutung (pink), Experiment planen (orange), Experiment durchführen (gelb), Beobachten (grün), Ergebnis (hellblau) und Dokumentieren (dunkelblau). Eine Ausnahme der Farbzurordnung findet sich in den Abbildungen und Animationen der Spinnennetze, bei denen die Schüler in unterschiedlichen Farben dargestellt sind: Dirk (rot), Sina (pink), Tom (dunkelblau), Viktor (gelb), Wolfgang (hell grün), Gabriel (dunkelgrün), Jan (hellblau), Nina (orange), Sven (lila). Nicht nur die Entwicklung der experimentellen Kompetenz, sondern auch die Entwicklung des Verständnisses des Forscherkreislaufs, findet Beachtung. Abschließend liegt der Fokus auf dem Interesse und der Motivation sowie dem inhaltlichen Kontext der Lernstationen und weiteren relevanten Aspekten. Abweichend zu den bisherigen Mesozyklen sind die Ergebnisse dieses Mikrozyklus mit Unterkapiteln versehen, um schnell und zielsicher die Ergebnisse der Klassen und einzelnen Fallbeschreibungen zu finden. Zudem beginnt jedes Kapitel auf einer neuen Seite, um die Tabellen und Personenbeschreibung auf einer Seite darzustellen.

6.6.3.1 Ergebnisse der Klasse 8

Die Klasse 8 setzt sich aus sechs Schülern im Alter von 13 bis 14 Jahren zusammen. Ein Schüler hat eine Komplexe Behinderung und nimmt nicht aktiv am Unterrichtsgeschehen teil. Tabelle 53 gibt einen Überblick über den Ablauf der Lerneinheiten mit ihren Lernstationen, den Terminen sowie den Abwesenheiten.

Tabelle 53: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden in Klasse 8 (an den dick geschriebenen Terminen wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt)

Messzeitpunkt	Datum	Was wird gemacht?	erkrankt / im Vertretungsunterricht
2020			
Einstieg			
-	Freitag, 21.08.	Kennenlernen, Forschermappe entwerfen, kleines Experiment durchführen (Regenbogen)	
-	Freitag, 28.08.		
-	Freitag, 04.09.	Geräte / Chemikalien kennenlernen	L1, Tom
-	Freitag, 11.09.	→ Zuordnung und Memory 11.09: Stand Forscherkreislauf (Ausgangslage)	L3
-	Freitag, 18.09.	Regeln beim Experimentieren	L3, Wolfgang
-	Freitag, 25.09.	→ gemeinsames Plakat und Arbeitsblatt	L3
-	Freitag, 02.10.	Experiment unter Beachtung der Sicherheitsregeln durchführen (Superabsorber)	L2, L3
-		entfällt	
42 + 43 (12.10. - 25.10.) Herbstferien			
Experimente zu SDG 6: Thema „Wasser“			
1	Freitag, 30.10.	Experiment 1:	
2	Freitag, 06.11.	Wettlauf ums Trinkwasser (SDG 6)	L3
3	Freitag, 13.11.	Experiment 2:	L3, Sina, Viktor
4	Freitag, 20.11.	Naturfilter (SDG 6)	
5	Freitag, 27.11.	Experiment 3:	Tom
6	Donnerstag, 10.12.	Boden als Schadstofffilter (SDG 6)	L1, L3, Tom
-	Freitag, 11.12.	Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2 kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe) 11.12: Stand Forscherkreislauf (1. Zwischenstand)	Tom
21.12. - 03.01. Weihnachtsferien			
2021			
Experimente zu SDG 14: Thema „Meere und Ozeane“			
-	04.01. – 12.03.	Schulen aufgrund von Corona geschlossen	
-	15+22+29.01	Wiederholung der Experimente (Dirk, Wolfgang)	
-	Dienstag, 23.02.	Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2 kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe)	L2, L3, Sina, Tom, Viktor
7	Freitag, 26.02.	Experiment 4:	L2, L3, Sina, Tom, Viktor
8	Donnerstag, 04.03.	Von Eierschalen und Korallenriffen	L2, L3, Sina, Tom, Viktor
9	Freitag, 05.03.	Experiment 5:	L2, L3, Sina, Tom, Viktor
10	Donnerstag, 11.03.	Blub, blub	L1, L2, L3, Sina, Tom, Viktor
11	Freitag, 19.03.	Experiment 6:	L3, Tom
12	Montag, 22.03.	Feind der Tiere	L2, L3, Tom, Viktor
-	Freitag, 26.03.	Spiel: Memory und Fischfangreise 26.03: Stand Forscherkreislauf (2. Zwischenstand)	L3, Sina, Tom (Nachholtermin Sina: 19.04)
29.03. – 06.04. Osterferien			
13	Freitag, 16.04.	Experiment 7:	L3, Tom
14	Montag, 19.04.	Ölkatastrophe	L3, Tom
15	Montag, 26.04.	Experiment 8:	L3, Sina, Tom, Viktor
16	Dienstag, 27.04.	Rätsel ums Klärwerk	L3, Sina, Tom, Viktor
-	22.04. – 07.05.	Schulen aufgrund von Corona geschlossen	
Experimente zu SDG 15: Thema „Tiere und Pflanzen“			
17	Freitag, 30.04. (11.05.)	Experiment 9:	L3, Tom
18	Montag, 03.05. (17.05.)	Wie Regenwürmer atmen (Sina und Viktor holen nach)	L3, Tom
19	Freitag, 07.05.	Experiment 10:	L3, Sina, Tom, Viktor
20	Dienstag, 11.05.	Hochwassergefahr	L3, Sina, Tom, Viktor
21	Freitag, 21.05.	Experiment 11: Durstige Bäume	L3, Tom
24.05. - 04.06. Pfingstferien			
22	Donnerstag, 10.06.	Experiment 11: Durstige Bäume	L3, Tom
-	Freitag, 11.06.	Stand Forscherkreislauf (3. Zwischenstand)	L3, Tom
eigenes Experiment entwickeln			
23	Freitag, 18.06.	Experiment 12:	L3
-	Freitag, 25.06.	Eigenes Experiment zu Löslichkeit in Wasser	L1, L3
-	Freitag, 02./09.07.	Interview der Schüler	L3
-	Freitag, 09.07.	Abschlussstunde	L1, L3
19.07. - 29.08. Sommerferien (letzter Schultag 16.07. entfällt)			
24	Dienstag, 07.09.	Experiment 13:	L3, Wolfgang
25	Dienstag, 28.09.	Geheimnisvolle Blätter	L3
-	Mittwoch, 08.09.	Stand Forscherkreislauf (Endstand)	L1, L3

Um einen ersten Überblick über die Entwicklung der Klasse zu erhalten, sind die Entwicklungen aller fünf Schüler in Animation 2 als Verlauf über alle 25 Messzeitpunkte in einem Spinnennetz dargestellt, wobei die Farben in diesem Fall nicht den Farben der Teilkompetenzen entsprechen. Da die Animation nicht direkt sichtbar ist, zeigt Abbildung 59 den Vergleich von den Messzeitpunkten 1 und 25. In den nächsten Kapiteln werden die Fallbeschreibungen der Schüler in alphabetischer Reihenfolge vorgenommen: Dirk, Sina, Tom, Viktor und Wolfgang. Bei der Betrachtung aller Ergebnisse ist darauf zu achten, dass neben den Pausen durch die Ferien, die Schulen zweimal aufgrund der Covid-19-Situation über einen längeren Zeitraum geschlossen waren oder teilweise nur mit den Schülern in der Notbetreuung weiter experimentiert wurde. Die Unterbrechung liegt zwischen den Messzeitpunkten 6 und 7 sowie den Messzeitpunkten 16 und 17.



Animation 2: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen der Klasse 8 über 25 Messzeitpunkte



Abbildung 59: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung

6.6.3.2 Fallbeschreibung von Dirk

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Dirk	
Allgemeine Daten	
Alter	14
Schulbesuchsjahr	8
relevante (Vor-) Erkrankungen	- allgemeine Entwicklungsverzögerung, Sprachentwicklungsverzögerung - WPW-Syndrom Typ A (Herzrhythmusstörung, Herzrasen) - diverse Augenerkrankungen (brillenversorgt)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Dirk zeigt grundsätzlich die Bereitschaft Neues zu lernen, aber seine Lernbereitschaft ist durch die Pubertät geprägt (zeigt sich im Verhalten: Stimmungsschwankungen, lotet Grenzen aus, ist manchmal albern, „Null-Bock“-Einstellung). - Es fällt ihm schwer, Tipps und Verbesserungsvorschläge anzunehmen. - Er kann seine Aufgaben am Arbeitsplatz selbstständig und sorgfältig erledigen, sofern er sich auf den Lerngegenstand einlässt. - Er bringt sich durch viele Wortmeldungen und sachbezogene Beiträge in Unterrichtsgespräche ein, wenn ihn ein Thema interessiert. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist in der Regel freundlich, sehr aufgeschlossen und hilfsbereit. - Er zeigt in der Regel ein gutes und umsichtiges Verhalten gegenüber Mitschülern, phasenweise kommt es zu Konflikten mit Schülern aus anderen Klassen. - Er ist meist freundlich und höflich gegenüber Lehrkräften und anderen Personen. - Sein Verhalten ist von der Pubertät geprägt. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Sprachentwicklungsverzögerung - Er kann mehrsilbige Wörter und Sätze mit Unterstützung erlesen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er hat aufgrund seines Übergewichts Schwierigkeiten sich zu bewegen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - Seine Konzentration und Ausdauer sind wechselhaft, er lässt sich leicht ablenken. - Er benötigt oft Zuspruch der Lehrperson, um motiviert handeln zu können. - Es fällt ihm schwer, seine Fähigkeiten richtig einzuschätzen und Hilfe anzunehmen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	weniger zutreffend
arbeitet gerne praktisch	zutreffend
arbeitet gerne alleine	weniger zutreffend
arbeitet gerne in der Gruppe	zutreffend
ist interessiert an neuen Dingen	zutreffend
stellt Fragen	zutreffend
greift auf vorhandenes Wissen zurück	zutreffend
entwickelt eigene Ideen	nicht oder kaum zutreffend
stellt Vermutungen an	nicht oder kaum zutreffend
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	nicht oder kaum zutreffend
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	nicht oder kaum zutreffend
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) aufmerksam, (2) sensibel, (3) (zu) selbstbewusst	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist ein pragmatischer Schüler. 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - Brille - Arbeitsplatzbeleuchtung und verstellbarer Tisch - gute und blendfreie Raum- und Arbeitsplatzgestaltung - Textvergrößerung (ca. 2,5-3-fach) - Zeit, um Objekte zu fixieren 	<ul style="list-style-type: none"> - klare Strukturen und gleichbleibende Abläufe (Rituale)
weitere Bemerkungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Dirk erhält in der Schule als Therapieangebot Physiotherapie sowie psychomotorische Förderung in der Kleingruppe. - Er erhält zudem Training in Lebenspraktischen Fähigkeiten (LPF) sowie Orientierung und Mobilität (O&M). 	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Dirk ist an allen Terminen, bei denen die experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten beobachtet werden, anwesend. Bei zwei Terminen ist er wegen Arztbesuchen nur die Hälfte der Unterrichtsstunde in der Klasse. An Messzeitpunkt 11 fehlt er nach der Beobachtung und

bei Messzeitpunkt 14 vor der Beobachtung. In allen Unterrichtsstunden arbeitet er mit der Experimentiervorschrift in Symbolschrift. Über die Zeit entwickelt sich Dirk unterschiedlich in den experimentellen Teilkompetenzen (siehe Animation 3), wobei sich die Entwicklungen in zwei Gruppen aufteilen lassen. Sehr wechselhaft und stark vom Thema abhängig sind die Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis. Eine deutliche Entwicklung zeigt sich in den Teilkompetenzen Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren. Die beiden Eingruppierungen werden nachfolgend in einzelnen Abbildungen dargestellt und genauer erläutert.



Animation 3: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)

Die Verortungen der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis sind stark vom Thema abhängig (siehe Abbildung 60). Bis Messzeitpunkt 7 ist das Aufstellen von *Fragen* sehr wechselhaft, von keiner gestellten bis hin zur völlig selbstständig gestellten Frage sind Stufenzuordnungen gegeben. Ab diesem Zeitpunkt wird die Frage zumindest konstant verstanden, wenn zunächst auch nur durch Vorgabe und mit Hilfestellung. Das ändert sich ab Messzeitpunkt 15, von dem an Dirk immer regelmäßiger selbstständig und ohne Unterstützung Fragen formulieren kann. Je nach Thema fallen ihm leichter Fragen ein oder er arbeitet doch wieder mit vorgegebenen Fragestellungen. Bis zum Ende hat Dirk Probleme, die Frage mit einem „W-Wort“ zu beginnen und in die richtige grammatikalische Struktur zu bringen, meist formuliert er eher Aussagen. Dirk ist von Beginn an in der Lage, Fragen zu verstehen und selbst zu formulieren, wie auch schon der Charakterisierungsbogen aussagt. Über die gesamte Zeit zeigt sich, dass Dirk dabei immer sicherer wird. Erstaunlicherweise kann Dirk auch *Vermutungen* auf die Fragen von Beginn an äußern, obwohl ihm die Bedeutung des Begriffs anfangs unbekannt ist und er laut Charakterisierungsbogen bisher kaum Vermutungen geäußert hat. Ab Messzeitpunkt 7 kann er immer wieder eigene Vermutungen ohne Unterstützung anstellen. Auffällig ist, dass er in den meisten Fällen entweder eine Vermutung selbstständig mit bzw. ohne Unterstützung findet oder ihm keine Vermutung einfällt, nur selten schließt er sich einer Vermutung an. Mit der Zeit wird deutlich, dass Dirk die Bedeutung des Begriffs Vermutung immer besser versteht und eigene Vermutungen äußern kann. An das *Ergebnis* der Lerneinheiten kann sich Dirk das gesamte Schuljahr in den Wiederholungsstunden gut erinnern. Bis einschließlich

Messzeitpunkt 10 ist das Ergebnis in der ersten Stunde immer vorgegeben und wird mit Unterstützung erarbeitet. Erst ab Messzeitpunkt 12 ist Dirk auch in der ersten Stunde dazu in der Lage, Ergebnisse eigenständig zu erarbeiten. Bei einzelnen Lernstationen erscheint ihm das Ergebnis nicht so einleuchtend, sodass er in der ersten Stunde wieder auf eine Vorgabe und Erklärung der Lehrperson angewiesen ist.

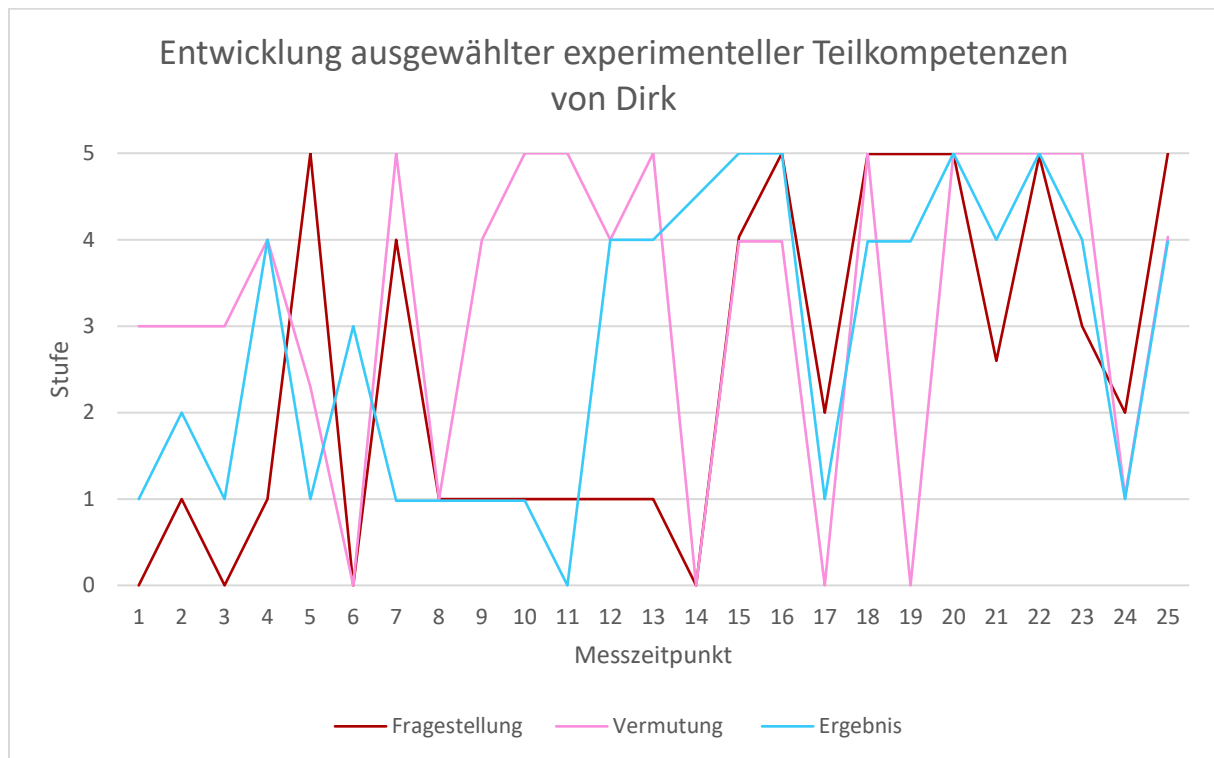


Abbildung 60: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)

Bei den vier Teilkompetenzen Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren zeigen sich deutlichere Entwicklungen, die ab Messzeitpunkt 13 die Stufe 2 nicht mehr unterschreiten (siehe Abbildung 61). Die Teilkompetenz *Experiment planen* hält sich konstant zwischen der Stufe 2 und Stufe 3. Dirk kann demnach eine vorgegebene Planung ohne Unterstützung nachvollziehen oder eine Auswahl treffen. Zu Beginn überwiegt Stufe 2, ab etwa der Hälfte der Messzeitpunkte befindet er sich häufiger auf Stufe 3. Einzig bei Messzeitpunkt 23 plant Dirk eigenständig und ohne Hilfe das Experiment. Allerdings nimmt er die Planung nicht komplett selbstständig, sondern im Austausch mit seinen Klassenkameraden vor. Prinzipiell hat Dirk, auch dem Charakterisierungsbogen nach zufolge, Schwierigkeiten, eigene Ideen zu entwickeln. Ähnliches zeigt sich beim *Dokumentieren*. Bis Messzeitpunkt 12 liegen die Werte zwischen Stufe 2 und 3, bei Messzeitpunkt 1 ist keine Dokumentation durchgeführt worden und bei Messzeitpunkt 11 ist Dirk nicht anwesend. Die Dokumentation ist sehr schwankend, da Dirk bei der Dokumentation der Beobachtung eine Auswahl treffen kann, während er bei der Dokumentation des

Ergebnisses Vorgaben benötigt. Ab Messzeitpunkt 13 kann er die Dokumentation durchgehend ohne Vorgabe vornehmen, zu zwei Messzeitpunkten relativ am Ende der gesamten Experimentiereinheit sogar ohne Unterstützung. Auch der Begriff des Dokumentierens wird ihm mit der Zeit immer bewusster. Zum Dokumentieren benötigt Dirk die gesamte Zeit die Arbeitsblätter, die ihm nacheinander gereicht werden. Bei schriftlichen Formulierungen gibt er diese vor. Die Lehrkraft notiert die Aussage auf einem separaten Blatt Papier und Dirk überträgt den Text auf sein Arbeitsblatt. Am Platz arbeitet er stets sorgfältig und selbstständig. Die Teilkompetenzen Experiment durchführen und Beobachten sind sehr wechselhaft, trotzdem lässt sich eine deutliche Tendenz ablesen. Während Dirk bis einschließlich Messzeitpunkt 9 entweder auf eine vorgegebene *Beobachtung* zurückgreift oder eine Auswahl anhand von zwei Beobachtungsbildern trifft, beginnt er ab Stufe 11 eigene Beobachtungen anzustellen. Die ersten fünf Messzeitpunkte fällt er immer wieder auf die Auswahl zurück, ab Messzeitpunkt 15 kann er konstant die Beobachtung selbstständig mit oder ohne Unterstützung tätigen. Eine Ausnahme bildet Messzeitpunkt 23, zu dem keine Begründung des niedrigen Wertes möglich ist. Obwohl Dirk anfangs keine konkreten Beobachtungen anstellen kann und auch der Charakterisierungsbogen angibt, dass Dirk kaum Sachverhalte beobachtet und beschreibt, gelingt ihm eine eigenständige Beobachtung und Formulierung im Verlauf des Schuljahres immer sicherer. Die größte Motivation hat Dirk beim *Durchführen* der Experimente. Bis einschließlich Messzeitpunkt 5 benötigt Dirk eine Vorlage und ist auf Unterstützung angewiesen. An Messzeitpunkt 6 gelingt ihm erstmalig eine Durchführung durch eine Auswahl der Schritte. Ob die lange Covid-19-Unterbrechung dafür verantwortlich ist, dass er anschließend wieder auf eine eindeutige Vorlage zurückgreift, lässt sich nicht sagen. Ab Messzeitpunkt 13 kann Dirk immer wieder selbstständig mit oder ohne Unterstützung die Experimente durchführen. Bei Messzeitpunkt 18 bittet die Lehrkraft ihn darum, aus Zeitgründen die Anleitung zu nutzen. Lernstationen, die weniger Durchführungsschritte haben, kann er alleine durchführen, bei aufwendigeren und mehreren aneinander gekoppelten Durchführungsschritten benötigt Dirk weiterhin eine Experimentiervorschrift. Der Umgang mit den Materialien und deren Begrifflichkeiten haben sich über die Zeit eingeprägt und sind nicht mehr in Vergessenheit geraten.

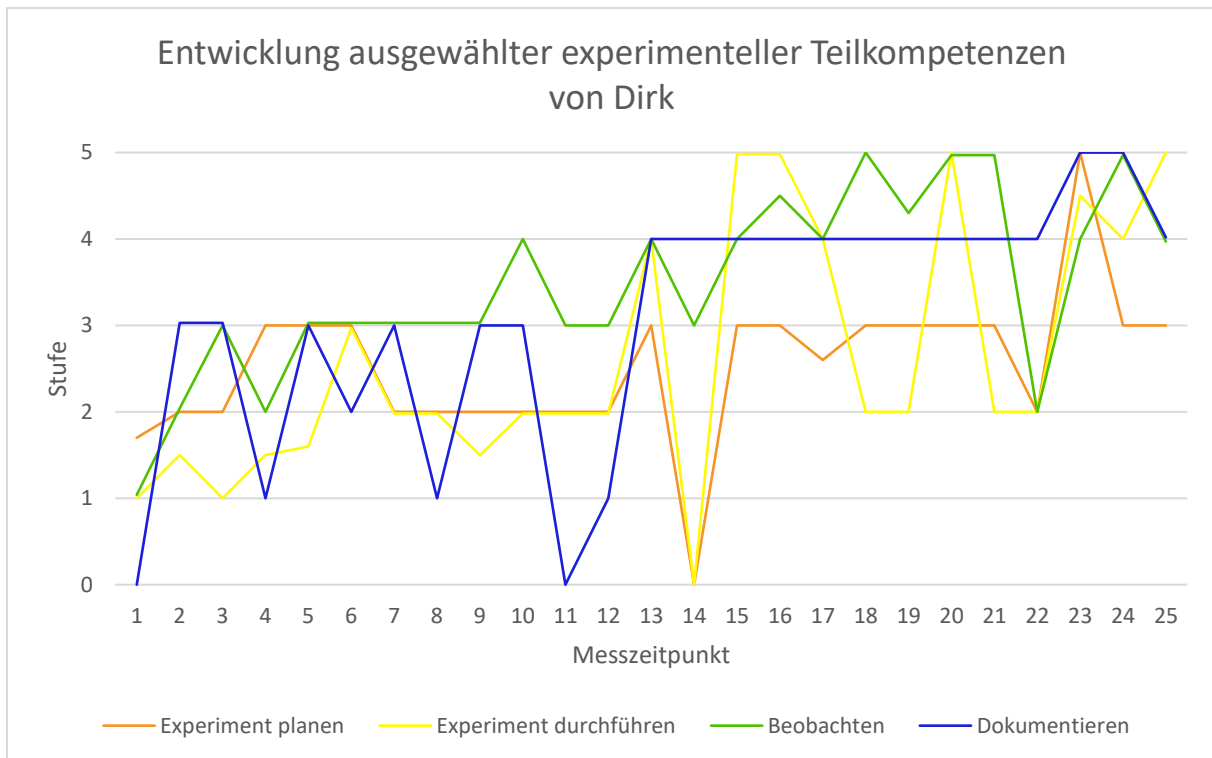


Abbildung 61: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)

Insgesamt zeigt sich, dass sich Dirk in allen Teilkompetenzen in unterschiedlichem Ausmaß über das ganze Schuljahr weiterentwickelt hat. Er hat neue Begriffe wie Vermutung und Dokumentieren gelernt und Sicherheit im gesamten Experimentierprozess gewonnen. Nur durch die anhaltende und gleichbleibende Strukturierung ist es Dirk möglich, seine Fähigkeiten auszubauen und zu festigen. Sobald die Struktur etwas nachlässt, wirkt er überfordert. Gegen Ende der Experimentiereinheit kann er, in Bezug auf die Teilkompetenzen, schon häufig ohne Experimentiervorschrift arbeiten, allerdings nur wenn die Lerneinheit in Inhalt und Umfang der Durchführung einfach gehalten wird. Ein Experimentieren ohne Anleitung durch die Lehrperson ist ihm noch nicht möglich, da er sich selbstständig kaum am Forscherkreislauf orientiert und meist darauf vertraut, die nächste Phase genannt zu bekommen.

Verständnis des Forscherkreislaufs

Dirk hat an allen fünf Erhebungen zum theoretischen Verständnis des Forscherkreislaufs teilgenommen. Zu Beginn (Ausgangslage) nimmt Dirk alle Begriff-Piktogramm-Zuordnungen richtig vor. Da er die Denkblase als Wolke erkennt und auch mit den Begriffen Vermutung und Dokumentieren nichts anfangen kann, ist die Zuordnung vermutlich zufällig, ansonsten hätte sie auch weiterhin stabil bleiben müssen. Die Reihenfolge der Schritte ist ohne Zusammenhang. Auch nach den ersten Lernstationen ist noch keine Struktur zu erkennen. Im Anschluss ist die Begriff-Piktogramm-Zuordnung von Experiment durchführen und Beobachten immer korrekt. Dirk ist auch schon bewusst, dass er zur Planung einen Stift und

Papier benötigt, er achtet aber noch nicht auf den Unterschied der beiden ähnlichen Piktogramme. Obwohl die Begriffe Vermutung und Dokumentieren im Unterricht während der Lernstationen mehrfach erklärt wurden, scheint die Bedeutung noch nicht begriffen zu sein. Nachdem der Forscherkreislauf im Unterricht eingeführt wurde, wird der Experimentierprozess immer deutlicher und Dirk kann die Bedeutung der Abbildung als Forscherkreislauf angeben. Nur die Vermutung wird bei Zwischenstand 2 und dem Endstand falsch angeordnet. Auf Nachfrage, was die Vermutung bedeutet, kann er die Bedeutung erklären und sich selbst berichtigen. Bei Zwischenstand 3 ist zu vermuten, dass die Piktogramme von Ergebnis und Dokumentieren vertauscht wurden, da die beiden Phasen je nach Unterrichtsstunde wechseln. Auch hier kann Dirk auf Nachfrage angeben, dass er zum Dokumentieren einen Stift benötigt und behebt eigenständig seinen Fehler.

Insgesamt lässt sich eine deutliche Entwicklung verzeichnen (siehe Tabelle 54). Während zu Beginn ohne fachlichen Hintergrund und nur aus einem Gefühl heraus die Zuordnungen und die Reihenfolge vorgenommen wurden, wird Dirk gegen Ende immer schneller, sicherer und versteht die Bedeutung seiner Handlungen. Damit Dirk den Forscherkreislauf fehlerfrei legen kann, hat die Erarbeitung und Anwendung über ein halbes Schuljahr nicht ausgereicht. Es lässt sich ein deutlicher Unterschied des theoretischen Wissens zur praktischen Anwendung im Unterricht erkennen. Im Unterricht kann Dirk während der Lernstation auf Nachfrage benennen, welche Phase als nächstes folgt und worum es dabei geht.

Tabelle 54: Gelegter Forscherkreislauf von Dirk über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3 (11.06.2021)	Endstand (08.09.2021)
Fragestellung 				✓	✓
Vermutung 				✓	
Experiment planen 				✓	
Experiment durchführen 				✓	
Beobachten 			✓	✓	
Ergebnis 					✓
Dokumentieren 			✓		✓

Interesse und Motivation

Dirk zeigt sehr großes Interesse an den Lernstationen und ist immer wieder neugierig, worum es bei der neuen Lernstation geht. Er gibt selbst an, dass ihm alle Experimente sehr gut gefallen haben, er manchmal aber etwas müde war. Auch L1 und L2 haben während der Erhebungen auf dem Beobachtungsbogen vermerkt, dass Dirk freitags häufig sehr müde ist. In der Zwischenzeit haben Gespräche mit dem Internat stattgefunden und die Müdigkeit hat sich gegen Ende gebessert. Besonders viel Freude hat Dirk bei der Durchführung, also der tatsächlichen Handlung beim Experimentieren. Dabei findet er das eigene Ausprobieren sehr spannend, insbesondere das ganz freie Experiment, das sich alle Schüler gemeinsam im Unterricht ohne direkte Vorgaben überlegen konnten. Zum Einstieg in die Lernstation ist das gemeinsame Gespräch in der Klasse eine gute Unterstützung. Dirk gibt außerdem an, dass er durch die bereitgestellte Kiste immer alle Materialien hatte und ihm das sehr viel Erleichterung gebracht hat. Zudem bestand immer die Chance, Fragen zu stellen. Er äußert, selbst wenig eigene Ideen entwickelt zu haben. Auch im neuen Schuljahr möchte er, wenn möglich, gerne weiter experimentieren. Allerdings sind die Experimente im Unterricht ausreichend. Dirk glaubt nicht, dass er auch zu Hause experimentieren würde, den Grund dafür sieht er hauptsächlich darin, dass zu Hause zu viele Personen sind. Er gibt zwar an, dass er die Lernstation *Wasserkreislauf im Glas* zu Hause durchgeführt hat, da er dies aber nicht mit einem Foto dokumentiert hat, kann keine verifizierte Aussage darüber getroffen werden.

Alle Experimente haben Dirk sehr gut gefallen. Am besten fand Dirk die Lernstation *Naturfilter* und am schlechtesten die Lernstation *Ölkatastrophe*. Als Grund für das schlechteste Experiment nennt er das viele Putzen und Aufräumen zum Ende der Stunde.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Dirk kann am Ende des Schuljahres die beiden Themen *Wasser* und *Tiere und Pflanzen* direkt benennen und das Wasser aus dem Meer auf Nachfrage um den Begriff Ozean ergänzen. Bei den Lernstationen kann er sich an neun eigenständig und bei den weiteren acht mithilfe des Titels und Titelbildes an den Inhalt erinnern. Die Lernstationen werden in folgender Reihenfolge besprochen und in diesem Wortlaut inhaltlich von Dirk beschrieben:

- *Ölkatastrophe*: Öl im Meer ist eine Gefahr für Mensch und Tier.
- *Eigenes Experiment*: Wir haben verschiedene Lebensmittel ausgewählt und durch Mischen mit Wasser eine chemische Reaktion erzeugt.
- *Boden als Schadstofffilter*: Autowäschen sind nicht gut für die Wiesen und den Boden. Einen Grund dafür kann er nicht angeben. Er hat sich allerdings gemerkt, dass das Auto nicht im Garten gewaschen werden darf.
- *Naturfilter*: Der Boden besteht aus vier Schichten, die Dirk in der richtigen Reihenfolge aufzählen kann. Wenn schmutziges Wasser hindurchfließt, säubert der Boden das

Wasser. Vor der Lernstation kannte Dirk weder die Bodenschichten noch die Filterfunktion des Bodens.

- *Durstige Bäume:* Bei Regen geht das Wasser in die Erde, die Wurzeln nehmen das Wasser auf und der Baum kann trinken.
- *Wie Regenwürmer atmen:* Die Regenwürmer sind meist unter der Erde und kommen nur bei Regen hoch, da sie dort besser Luft kriegen. Auf Nachfrage woran das liegt, antwortet Dirk, dass der Boden Löcher hat, die mit Luft gefüllt sind. Bei Regen füllen sich die Löcher mit Wasser.
- *Hochwassergefahr:* Zunächst gibt Dirk an, dass das Wasser bei zu viel Regen nicht abläuft. Mit Blick auf das Titelbild fällt ihm wieder ein, dass der Traktor die Erde platt macht und dadurch weniger Wasser durchkommt.
- *Feind der Tiere:* Nach der Bildbetrachtung merkt Dirk an, dass der Müll in das Meer kommt und die Tiere daran sterben können, wenn sie das Plastik fressen. Wir dürfen unseren Müll also nur in den Mülleimer werfen.
- *Von Eierschalen und Korallenriffen:* Mit dem Tipp, dass man die Gemeinsamkeit der Eierschalen und Korallenriffe auch am Wasserkocher sieht, benennt Dirk den Kalk. Wenn der Wasserkocher verkalkt ist, kann er mit Säure wieder entkalkt werden, so wie die Schüler es im Unterricht ausprobiert haben. Ein Beispiel für eine Säure ist Essigsäure.
- *Blub, blub:* Auf Nachfrage kann Dirk angeben, dass wir CO₂ ausatmen und Sauerstoff einatmen, vor der Lernstation war ihm das nicht bekannt. Weitere Inhalte fallen Dirk auch mit Unterstützung nicht ein.
- *Wettlauf ums Trinkwasser:* Da die Beschäftigung mit der Lernstation länger zurückliegt, äußert Dirk, sich schwer daran erinnern zu können. Mit dem Tipp auf die Pumpen, Menschen und Fabriken fällt ihm wieder ein, dass Einheimische und Fabriken das Wasser aus den Brunnen pumpen und die Fabrik mehr Wasser bekommt, was nicht gut ist.
- *Rätsel ums Klärwerk:* Im Klärwerk wird das Wasser gesäubert. An das Sieb als Vereinfachung des Rechens hat Dirk keine Erinnerung.

Für eine ausführlichere Besprechung von Ablauf und Inhalt hat sich Dirk für sein Lieblingsexperiment *Naturfilter* entschieden. Im gemeinsamen Gespräch und durch Anleitung in die nächste Phase kann Dirk eine Frage, die grobe Durchführung, die Beobachtung und das Ergebnis auf die Lernstation anwenden. Bei der Fragestellung formuliert er eher eine Aussage, weiß damit aber, was bei dem Experiment untersucht wird. Im Ergebnis kann er den Begriff filtern benennen und erklären, was das Wort bedeutet.

Auch wenn Dirk sich nicht an alle Lernstationen und alle Details erinnern kann, zeigt sich im Interview, dass er viele Inhalte wiedergeben kann, die ihm vor der Auseinandersetzung mit

den Lernstationen noch nicht bekannt waren. Häufig fehlen ihm dabei die naturwissenschaftlichen Hintergründe, wobei die Folgerungen daraus, wie beispielsweise, dass das Auto nicht auf der Wiese gewaschen werden darf oder Müll für die Tiere gefährlich ist, weiterhin präsent sind.

6.6.3.3 Fallbeschreibung von Sina

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Sina	
Allgemeine Daten	
Alter	14
Schulbesuchsjahr	8
relevante (Vor-) Erkrankungen	- ehemaliges Frühgeborenes mit Hirnblutung - kombinierte umschriebene Entwicklungsstörung - Sprachentwicklungsstörung - diverse Augenerkrankungen (brillenversorgt)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
- Sina ist eine fleißige Schülerin mit hoher Lernbereitschaft. - Sie nimmt Tipps und Verbesserungsvorschläge motiviert an und bemüht sich, diese umzusetzen. - Sie erledigt Aufgaben am Arbeitsplatz zügig, meist sorgfältig und recht selbstständig.	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
- Sie ist freundlich, aufgeschlossen und sehr hilfsbereit. - Sie zeigt ein sehr gutes und umsichtiges Verhalten gegenüber Mitschülern. - Sie ist freundlich und höflich gegenüber Lehrkräften und anderen Personen.	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
- Sprachentwicklungsstörung - Die lautliche Abgrenzung von Lauten (z. B. An-, In- und Auslaut), die korrekte Aussprache von Wörtern sowie die Zuordnung des passenden Artikels fallen ihr schwer. - Sie kann mehrsilbige Wörter und kurze, einfache Sätze mit Unterstützung erlesen.	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
- Sie zeigt eine stetige motorische Unruhe.	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
- Sie hat umfassende Wahrnehmungsstörungen in mehreren Bereichen. - Sie verfügt nur über kurze Konzentrations- und Aufmerksamkeitsphasen. - Das Verfolgen, Merken und Reproduzieren von Lerninhalten in Unterrichtsgesprächen gelingt ihr nur mit Hilfestellung einer Lehrkraft.	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	weniger zutreffend
arbeitet gerne praktisch	zutreffend
arbeitet gerne alleine	nicht oder kaum zutreffend
arbeitet gerne in der Gruppe	zutreffend
ist interessiert an neuen Dingen	zutreffend
stellt Fragen	weniger zutreffend
greift auf vorhandenes Wissen zurück	weniger zutreffend
entwickelt eigene Ideen	nicht oder kaum zutreffend
stellt Vermutungen an	nicht oder kaum zutreffend
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	nicht oder kaum zutreffend
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	nicht oder kaum zutreffend
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie die Schülerin anhand von 3 Wörtern. (1) hilfsbereit, (2) fürsorglich, (3) lebensstüchtig	
besondere Stärken	
- Sie ist eine zuverlässige und gewissenhafte Schülerin.	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
- Brille - Arbeitsplatzbeleuchtung - blendfreie Raum- und Arbeitsplatzgestaltung - leichte Textvergrößerung (ca. 2-fach) - strukturiertes Arbeitsmaterial, da Schwierigkeit den Blick auf Objekte zu halten besteht	- klare Strukturen und gleichbleibende Abläufe (Rituale) - strukturiertes Arbeitsmaterial, um die Informationsfülle gering zu halten - in fremden oder klassenübergreifenden Gruppen wird sie schnell unsicher und benötigt die enge Begleitung einer Lehrkraft
weitere Bemerkungen	
- Sina erhält in der Schule als Therapieangebot Logopädie sowie psychomotorische Förderung in der Kleingruppe.	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

In den anwesenden Unterrichtsstunden arbeitet Sina mit der Experimentieranleitung in Symbolschrift. Insgesamt ist Sina an neun Messzeitpunkten nicht in der Schule. Entweder sie ist krank oder die Unterrichtsstunden fanden in der Notbetreuung statt, zu der Sina nicht

angemeldet war. Längere Pausen aufgrund von Covid-19 sind nach den Messzeitpunkten 6 und 16 entstanden. Besonders auf die beiden Teilkompetenzen *Experiment planen* und *Experiment durchführen* haben diese Pausen eine Auswirkung. Bei der Fragestellung und dem Ergebnis gibt es immer wieder Ausschläge, die keine Verbindung zu den Unterbrechungen aufweisen. Auch die letzten drei Teilkompetenzen *Vermutung*, *Beobachten* und *Dokumentieren* lassen keinen direkten Einfluss der Pausen vermuten und halten sich gegen Ende des Schuljahres ziemlich beständig. Einen Überblick über alle experimentellen Teilkompetenzen gibt Animation 4. Anschließend werden die einzelnen Teilkompetenzen in den zuvor aufgeführten Gruppierungen detaillierter betrachtet.



Animation 4: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)

Deutliche Auswirkungen der Unterrichtsunterbrechungen aufgrund von Covid-19 zeigen sich bei den Teilkompetenzen *Experiment planen* und *Experiment durchführen* (siehe Abbildung 62). Während Sina bei den ersten drei Terminen noch auf eine Vorgabe angewiesen ist, kann sie bei Messzeitpunkt 5 schon eine Auswahl in der Planung treffen. Zu Messzeitpunkt 6 kann sich Sina sowohl an die Planung als auch an die Durchführung erinnern und mit Unterstützung ohne Vorlage arbeiten. Es ist zu vermuten, dass sie bei den nächsten beiden Terminen wieder auf eine Vorlage zurückgreift, da sie durch die lange Unterbrechung unsicher geworden ist. Zu Messzeitpunkt 13 steigen beide Teilkompetenzen um zwei Stufen an, anschließend unterscheiden sich die Entwicklungen deutlicher. Ab diesem Zeitpunkt liegt die Teilkompetenz *Experiment planen* recht konstant bei einer Auswahl der Materialien, mit Ausnahme von den Messzeitpunkten 22 und 24. Bei letzterem ist zu beachten, dass die Planung gemeinsam im Klassenverband vorgenommen wurde und sich die Schüler gegenseitig ergänzt haben. Hingegen steigt die Teilkompetenz *Experiment durchführen* bei Messzeitpunkt 14 auf die höchste Stufe und sinkt anschließend wieder auf eine Vorgabe ohne Unterstützung. An den letzten drei Messzeitpunkten kann Sina wieder ohne Vorlage das Experiment durchführen. Diese Teilkompetenz hat sich über die anhaltende Wiederholung anscheinend eingepreßt und sich auch über die Sommerferien im Gedächtnis gehalten. Ob Sina die Durchführung konstant eigenständig bewältigen kann, oder ob ihr nur diese Lernstation gut liegt, und sie bei komplizierteren Aufgaben wieder auf eine Vorlage angewiesen ist, lässt sich nicht sagen. Das Sina gerne praktisch arbeitet, zeigt sich bei beiden Teilkompetenzen. Obwohl sie laut

Charakterisierungsbogen ungern alleine arbeitet, ist sie immer sehr motiviert und löst die Aufgaben bereitwillig alleine.

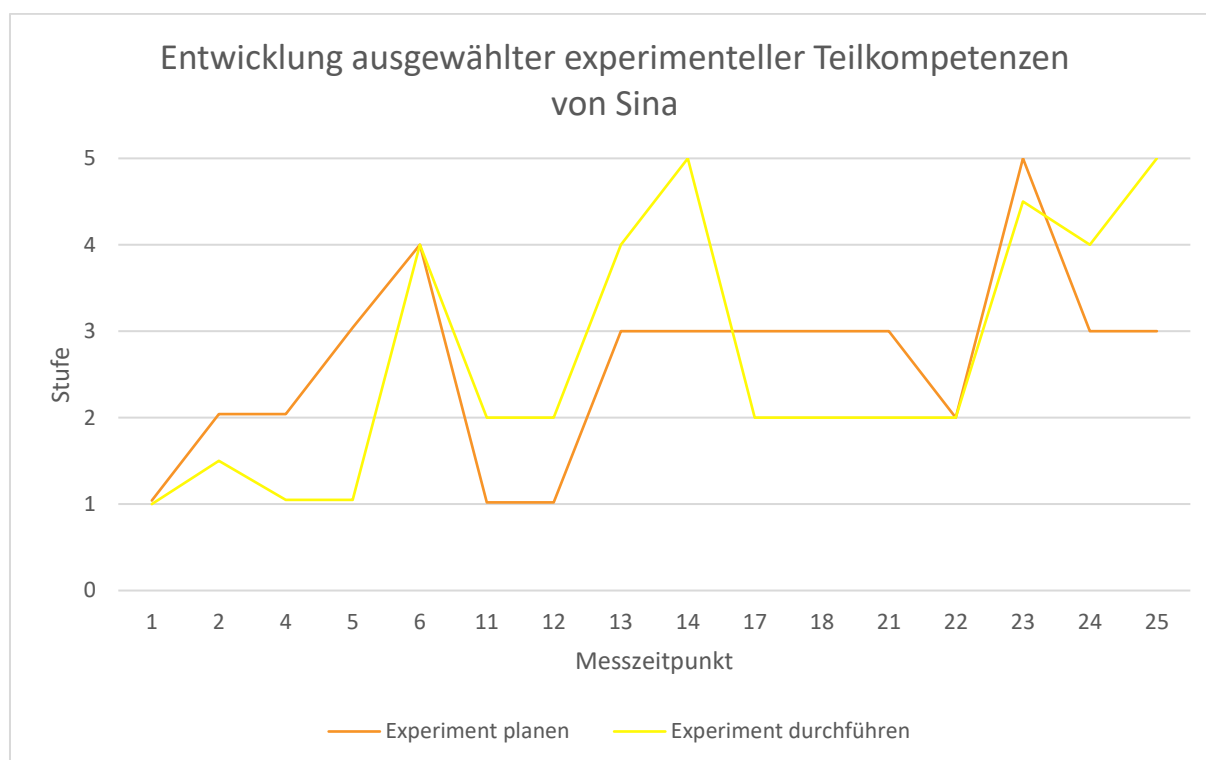


Abbildung 62: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen *Experiment planen* und *Experiment durchführen* von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)

Große Schwankungen lassen sich in den beiden Teilkompetenzen *Fragestellung* und *Ergebnis* beobachten (siehe Abbildung 63). Die ersten sechs Messzeitpunkte lassen mit einer Ausnahme keine Aussage darüber zu, ob Sina die *Fragestellung* verstanden hat. Über die nächsten vier Messzeitpunkt kann Sina die *Fragestellungen* mit Unterstützung und Vorgabe nachvollziehen. Erstmals kann sie etwa bei der Hälfte zu Messzeitpunkt 17 und anschließend auch an den Messzeitpunkten 21 und 22 eine eigene *Fragestellung* entwickeln. Bei den letzten drei Messzeitpunkten greift sie wieder auf eine Auswahl oder Vorgabe zurück. Trotzdem lässt sich deutlich erkennen, dass sich von keinem Verständnis der *Fragestellung* am Anfang bis hin zum alleinigen Verstehen einer vorgegebenen *Frage* eine Entwicklung vollzogen hat, die vereinzelt eigene *Frageformulierungen* ermöglicht. Die Beobachtungen bestätigen die Einschätzung der Lehrkraft, dass Sina eher weniger *Fragen* stellt. Bis zuletzt hat sie Probleme eine *Frage* mit dem „W-Wort“ zu beginnen und die korrekte grammatikalische Struktur anzuwenden. Das Verständnis und die eigenen Ideen zu einem *Ergebnis* sind stark von dem Inhalt der Lernstation abhängig. An den ersten sieben Messzeitpunkten erarbeitet sich Sina die *Ergebnisse* mit vorgegebenen *Erklärungen*. Häufig kann sie sich die *Ergebnisse* der Lernstation bis zu der Wiederholungsstunde gut merken, sodass sie bei Messzeitpunkt 12 erstmals ein eigenständiges *Ergebnis* mit Unterstützung äußern kann. Im weiteren Verlauf

kann sie meist selbstständig Ergebnisse formulieren, mit Ausnahme der Lernstation 9 und dem Messzeitpunkt 24. Auch bei dem letzten Messzeitpunkt zeigt sich wieder, dass sie sich die Ergebnisse gut behalten kann.

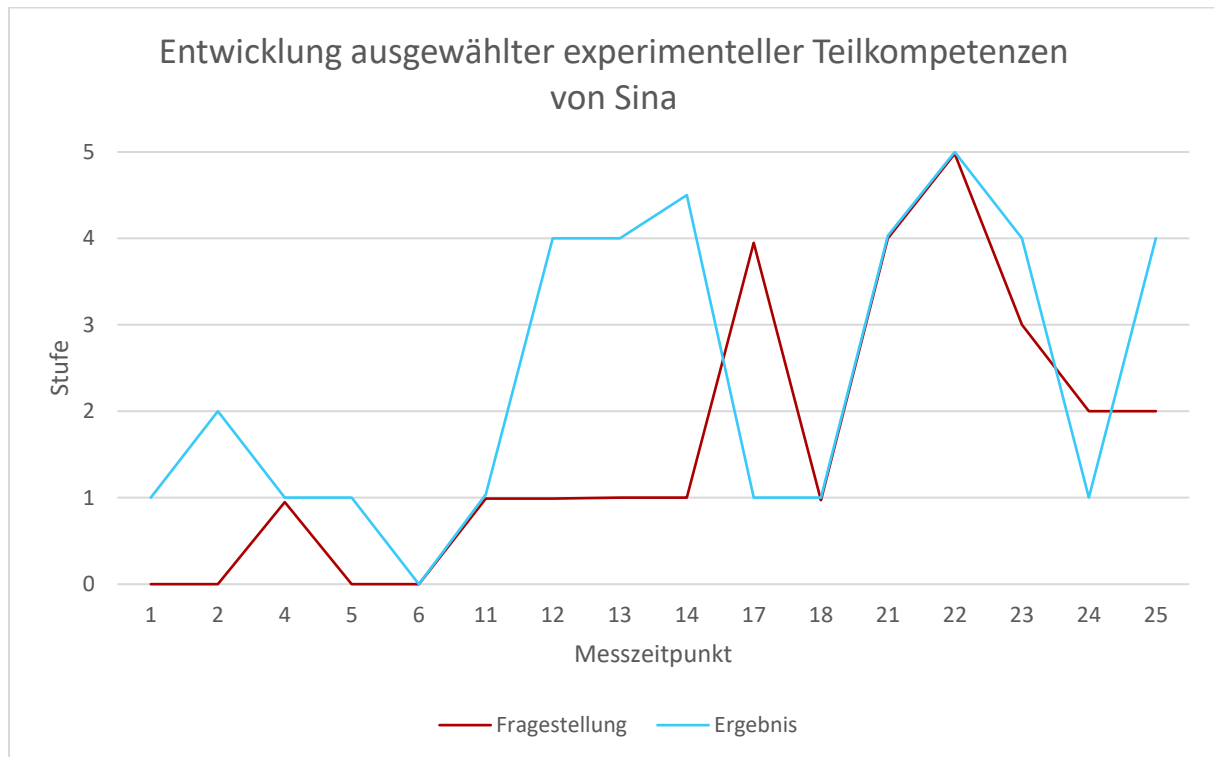


Abbildung 63: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung und Ergebnis von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)

Sina hält ihre Entwicklungen der Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten und Dokumentieren zum Ende der Erhebungstermine recht konstant auf den Stufen 4 und 5 (siehe Abbildung 64). Der Begriff der *Vermutung* ist Sina zu Beginn unbekannt, mit der Zeit lernt sie dessen Bedeutung und kann inhaltsbezogener Vermutungen äußern. Je nach Thema kann sie ab dem elften Messzeitpunkt entweder eigenständig Vermutungen entwickeln oder ihr fallen keine Vermutungen ein. Ab Messzeitpunkt 21 äußert sie durchgehend eigene Vermutungen. Anders als im Charakterisierungsbogen angegeben, kann Sina immer selbstständiger Vermutungen tätigen und gewinnt an Sicherheit. Eine deutlichere Entwicklung zeigt sich bei der Teilkompetenz *Beobachten*. Zu den ersten drei Messzeitpunkten benötigt Sina noch eine Vorlage, ab dem fünften Messzeitpunkt kann sie mit einer Ausnahme zu Messzeitpunkt 22 beständig eine Auswahl in der Beobachtung treffen. Durch die Auswahl lernt sie mit der Zeit, selbst zielgerichtet Beobachtungen vorzunehmen und diese in Worten zu fassen, erstmals zu Messzeitpunkt 13. Gegen Ende schafft sie es immer häufiger eigene Beobachtungen zu tätigen, was eine große Entwicklung darstellt, da sie nach Einschätzung der Lehrkraft zu Beginn des Schuljahres nicht oder kaum in der Lage war, Sachverhalte und Objekte zu beobachten und zu beschreiben. In der siebten und letzten Teilkompetenz

Dokumentieren muss eine Unterscheidung zwischen der Dokumentation von Beobachtung und Ergebnis vorgenommen werden. Im Schnitt fällt es Sina deutlich leichter die Beobachtung zu notieren. Während sie von Beginn an eine Auswahl bei der Dokumentation der Beobachtung treffen kann, ist sie ab Messzeitpunkt 18 konstant in der Lage, die Beobachtung eigenständig zu formulieren. Hingegen wird das Ergebnis bis einschließlich Messzeitpunkt 18, mit einer Ausnahme, auf Grundlage einer Vorgabe notiert. Erstmalig bei Messzeitpunkt 14 und anschließend ab Messzeitpunkt 22 kann Sina auch das Ergebnis eigenständig dokumentieren. In allen Stunden ist Sina bei der Dokumentation auf die strukturierten Arbeitsblätter angewiesen, die ihr eine Orientierung bieten. Dazu bekommt sie diese nacheinander gereicht und bespricht, was zu tun ist. Bei schriftlichen Dokumentationen gibt sie den Text vor, der für sie vorgeschrieben wird und anschließend von ihr auf das Arbeitsblatt übertragen werden kann. In der ganzen Phase arbeitet Sina stets sehr sorgfältig und zügig. Der Begriff des Dokumentierens bereitet ihr bis zuletzt Schwierigkeiten. Sie weiß zwar mit der Zeit, was der Begriff bedeutet, nutzt selbst aber den Begriff Arbeitsblatt, um anzugeben, welche Phase sie als nächstes durchläuft.

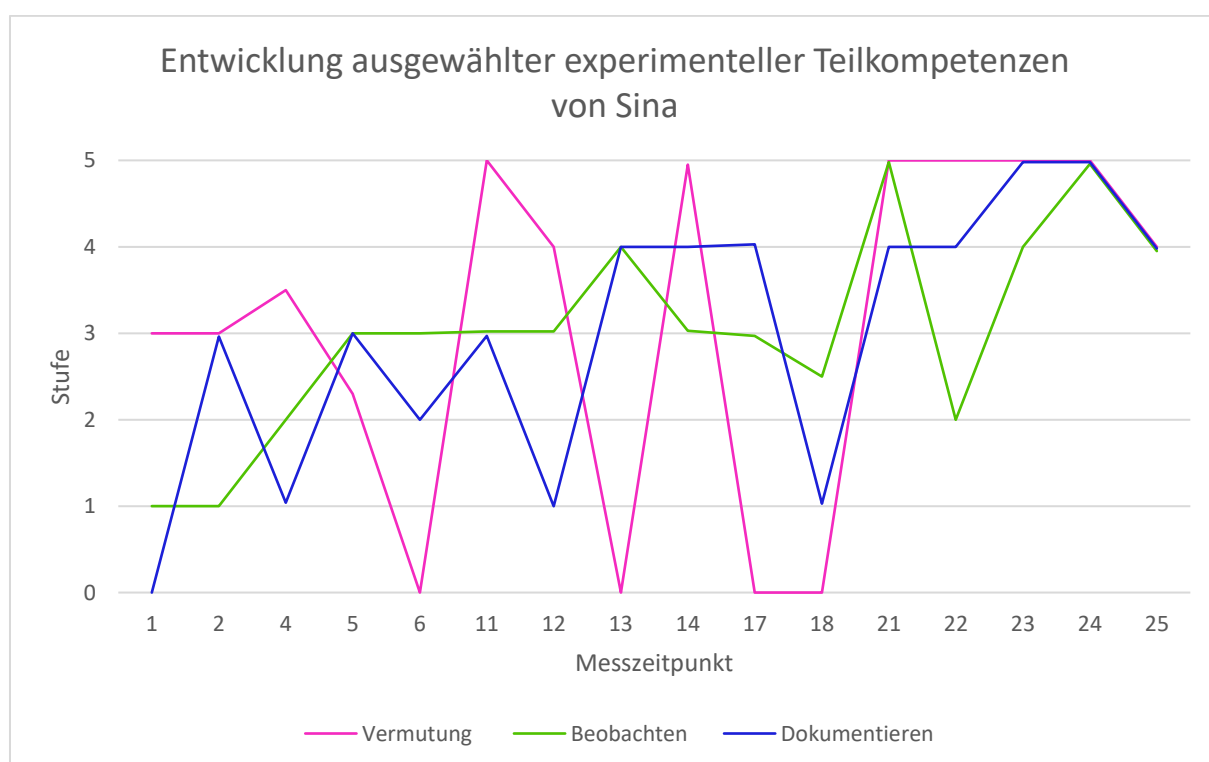


Abbildung 64: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten und Dokumentieren von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)

Sina ist zu Beginn sehr unsicher, wie sie beim Experimentieren vorgehen muss. Mit der Zeit wird sie immer selbstsicherer und kann eigenständiger arbeiten. Es ist sehr erstaunlich, dass sie trotz der Angabe des Bogens, sie habe nur eine kurze Konzentrations- und Aufmerksamkeitsspanne, die gesamten 90 Minuten der Unterrichtszeit effektiv mitarbeitet.

Häufig lässt ihre Konzentration bei der letzten Phase langsam nach, Sina ist aber trotzdem stets bemüht, dem Unterrichtsgeschehen weiter zu folgen, und zeigt sich durchgehend interessiert an den Lernstationen. In den Teilkompetenzen sieht man besonders bei Vermutung, Beobachten und Dokumentieren, dass sie sich diese über das Schuljahr immer mehr einprägt und am Ende meist eigenständig ohne Vorlage meistern kann. Dasselbe zeigt sich auch bei Fragestellung und Ergebnis, wobei sie je nach Thema zeitweise keine Ideen entwickeln kann. Auch bei der Planung und Durchführung von Experimenten lässt sich eine Entwicklung ablesen, wobei diese sich eher auf einer Auswahl der Planung bzw. auf einer eigenständigen Durchführung nach Anleitung einstellt, was im Vergleich zur großen Unterstützung in der Anfangszeit ebenfalls einen Entwicklungsschritt abbildet. Da Sina während der Stunden in den einzelnen Phasen entweder von der Lehrkraft angewiesen wird, den Forscherkreislauf zu betrachten, oder von der Lehrkraft direkt hingeleitet wird, macht deutlich, dass sie noch nicht soweit ist, eigenständig Experimente ohne einzelne Vorgaben vollständig durchzuführen. Ihre positive Entwicklung zeigt aber auch, dass durch ein weiteres regelmäßiges und strukturiertes Experimentieren diese Kompetenz ggf. noch aufgebaut werden kann.

Verständnis des Forscherkreislaufs

Sina hat an allen fünf Erhebungsterminen teilgenommen. Der Termin zum Zwischenstand 2 wurde an einem anderen Tag als bei den Mitschülern nachgeholt. Die Begriff-Piktogramm-Zuordnung ist bei ihr sehr wechselhaft. Über alle Termine hinweg ist ausschließlich die Beobachtung richtig zugeordnet, mit einer Ausnahme auch das Experiment durchführen. Beim Endstand sind alle Zuordnungen richtig, ob Sina diese auf längere Zeit verinnerlicht hat oder im weiteren Verlauf wieder verwechselt, ist nicht abzuschätzen. Bei der Reihenfolge der Phasen sieht man nach der Besprechung des Forscherkreislaufs eine deutliche Entwicklung. Zunächst weiß sie, dass die Durchführung auf das Experiment planen folgt und das Ergebnis immer am Ende steht. Bei dem vorletzten Termin gibt sie die komplett richtige Reihenfolge an, während sie bei dem Endstand die Beobachtung mit dem Ergebnis verwechselt. Dazu gelernt hat Sina auch die ihr zunächst noch unbekanntenen Begrifflichkeiten Forscherkreislauf, Vermutung und Dokumentieren sowie deren Bedeutung.

Über alle Termine hinweg zeigt sich, dass Sina den Forscherkreislauf immer mehr begreift und die Reihenfolge verinnerlicht, wenn auch nicht im vollständigen Umfang (siehe Tabelle 55). Sina ist bis zuletzt sehr unsicher und benötigt viel Verstärkung. Auch während der Unterrichtsstunden ist eine Verunsicherung von Sina im Ablauf ersichtlich. Teilweise kann sie die folgenden Phasen benennen, häufig schaut sie auf Nachfrage allerdings auf dem in der Klasse hängenden Forscherkreislauf nach.

Tabelle 55: Gelegter Forscherkreislauf von Sina über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (19.04.2021)	Zwischenstand 3 (11.06.2021)	Endstand (08.09.2021)
Fragestellung 					
Vermutung 					
Experiment planen 					
Experiment durchführen 					
Beobachten 					
Ergebnis 					
Dokumentieren 					

Interesse und Motivation

Sina hat sehr viel Spaß am Experimentieren und möchte in den Stunden freitags immer sehr gerne dabei sein. An einem Termin, an dem sie krank ist, ruft sie extra in der Schule an und fragt nach, ob sie das Experiment in der darauffolgenden Woche wiederholen kann, da sie es nicht verpassen möchte. Im Unterricht selbst sieht man ihre Freude weniger. Das Klassenteam gibt an, dass Sina Schwierigkeiten hat, Emotionen zu zeigen. Ihr gesamtes Verhalten aber signalisiert, wie viel Interesse und Freude sie bei den Lernstationen hat. Am Anfang der Stunde wusste sie meist noch nicht, was sie für das Experiment benötigt. Durch die gemeinsame Besprechung und die bereitgestellten Materialien in der Box wusste sie dann, was zu tun ist. Zudem konnte sie Fragen immer offen stellen und auch eigene Ideen einbringen. Wie das Klassenteam vorab schon vermutet hat, arbeitet Sina lieber mit einer Anleitung als frei zu forschen. Auch in anderen Unterrichtsfächern bevorzugt sie eine klare Struktur und hat häufig mit offenen Aufgabenstellungen Schwierigkeiten. Sina gibt an, auch im nächsten Schuljahr noch Lust auf weitere Experimente zu haben. Obwohl sie wegen mangelnder Hilfestellung glaubt, zu Hause nicht zu experimentieren, schickt sie ein Foto von der von ihr durchgeführten Lernstation *Wasserkreislauf im Glas*.

Am besten hat Sina die Lernstation *Wettlauf ums Trinkwasser* und am schlechtesten die Lernstation *Ölkatastrophe* gefallen. Bei letzterem war ihr das Öl zu klebrig und außerdem findet sie es nicht gut, dass das Öl so schlecht aus dem Wasser rausgeht.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Sina kann am Ende des Schuljahres das Thema *Wasser* direkt benennen. Mit einem Tipp auf spezielles Wasser und dem Blick nach draußen gibt sie auch die Themen *Meere und Ozeane* und *Tiere und Pflanzen* an. Während sich Sina an die zuletzt durchgeführte Lernstation alleine erinnert, beschreibt sie die Inhalte der weiteren sechs Lernstationen mithilfe der Titel und Titelbilder. Die Lernstationen werden in folgender Reihenfolge besprochen und inhaltlich durch Sina wiedergegeben:

- *Durstige Bäume*: Bei dem Experiment geht es darum, wie die Bäume trinken. Die Bäume trinken mit den Wurzeln und ziehen das Wasser durch den Stamm bis zu den Blättern.
- *Wie Regenwürmer atmen*: Mit dem Tipp auf den Käse erinnert sich Sina, dass im Boden Löcher sind. Diese Löcher sind mit Sauerstoff gefüllt, den wir auch atmen. Bei Regen kommt der Regenwurm nach oben, weil das Wasser dann in die Löcher geht.
- *Wettlauf ums Trinkwasser*: Zunächst erinnert sich Sina nicht an die Lernstation, es gelingt ihr erst nach dem Tipp, dass eine Fabrik, Menschen und Brunnen betrachtet wurden. Die Fabrik bekommt mehr Wasser, was nicht gut ist, weil auch die Menschen Wasser brauchen.
- *Naturfilter*: Wenn man Wasser über die Bodenschichten schüttet, fließt es hindurch und kommt als sauberes Wasser unten heraus. Mit Hilfe kann Sina die Bodenschichten aufzählen.
- *Boden als Schadstofffilter*: Wir dürfen unser Auto nicht auf der Wiese putzen.
- *Feind der Tiere*: Auf dem Bild erkennt Sina viel Müll. Der Müll ist nicht gut für die Tiere an Land und im Wasser, weil der Müll auch im Wasser ist. Wir sollten unseren Müll in den Mülleimer werfen.
- *Ölkatastrophe*: Das Meer ist manchmal mit Öl verschmutzt. Es ist kaum möglich, dass Öl wieder aus dem Meer herauszubekommen. Öl ist schlecht für die Tiere.

Sina wählt die Lernstation *Durstige Bäume*, um genauer auf die einzelnen Phasen und den Inhalt einzugehen. Durch Anleitung kann sie die Frage, Durchführung, Beobachtung und das Ergebnis auf die Lernstation anwenden. Bei der Frage formuliert sie eher eine Aussage als eine Fragestellung, weiß dadurch aber, was sie bei dem Experiment untersuchen möchte. Die Durchführung und Beobachtung kann sie sehr genau beschreiben. Auch an das Ergebnis kann sie sich noch gut erinnern. Der Begriff „Kapillare“ ist ihr nicht mehr präsent und die Verdunstung ist in der Klasse aufgrund des Umfangs weggelassen worden.

Insgesamt erinnert sich Sina an die Grundaussagen der Lernstationen und kann diese im Groben beschreiben. Beim Umgang mit den Materialien und deren Benennung gewinnt sie immer mehr an Sicherheit und wagt sich auch an offene Aufgabenstellungen heran. Obwohl sie vorgegebene Experimentieranleitungen bevorzugt, und ihr auch in anderen Fächern offene

Aufgaben häufig schwerer fallen, bewältigt sie die Forscheraufträge ohne viel Hilfestellung. Mit der Zeit muss sie während der Durchführung der Experimente immer weniger Rückfragen stellen und gewinnt selbst mehr Zutrauen in ihr Tun.

6.6.3.4 Fallbeschreibung von Tom

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Tom	
Allgemeine Daten	
Alter	13
Schulbesuchsjahr	8
relevante (Vor-) Erkrankungen	- Epiphysenverletzung distaler Radius re mit Ulnavorschub; Z. n. Ellenbogengelenksluxation re - R/L Z. n. perforierender Bulbusverletzung (Bombenexplosion 2013 in Syrien), Amaurosis - regelmäßige Medikamenteneinnahme
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Tom ist ein fleißiger und ehrgeiziger Schüler mit hoher Lernbereitschaft. - Er erledigt seine Aufgaben am Arbeitsplatz mit Begleitung zügig und sorgfältig. - Er bringt sich im Rahmen seiner sprachlichen Fähigkeiten in Unterrichtsgespräche ein. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist freundlich, aufgeschlossen und sehr hilfsbereit. - Er zeigt in der Regel ein gutes und umsichtiges Verhalten gegenüber Mitschülern. - Er ist freundlich und sehr höflich gegenüber Lehrkräften und anderen Personen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er kommt aus Syrien und seine Muttersprache ist arabisch, er lernt die deutsche Sprache. - Die Eltern verstehen die deutsche Sprache nicht sehr gut und sprechen zu Hause überwiegend arabisch; Toms ältere Geschwister übersetzen zu Hause. - Er lernt Brailleschrift. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er zeigt viel Mut, gute Orientierung, Kraft, Ausdauer sowie Begeisterung bei der Ausführung von Bewegungen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - Tom ist im Bildungsgang mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung prinzipiell kognitiv unterfordert (siehe „weitere Bemerkungen“) - Er benötigt, vor allem im Bereich der Kulturtechniken, die konstante Rückmeldung einer für ihn vertrauenswürdigen Person, um seine Arbeit durch- und weiterführen zu können. - Das Verfolgen, Merken und Reproduzieren von Lerninhalten in Unterrichtsgesprächen gelingt ihm nur mit individueller Hilfestellung einer Lehrkraft. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	nicht oder kaum zutreffend
arbeitet gerne praktisch	zutreffend
arbeitet gerne alleine	nicht oder kaum zutreffend
arbeitet gerne in der Gruppe	zutreffend
ist interessiert an neuen Dingen	zutreffend
stellt Fragen	weniger zutreffend
greift auf vorhandenes Wissen zurück	nicht oder kaum zutreffend
entwickelt eigene Ideen	nicht oder kaum zutreffend
stellt Vermutungen an	nicht oder kaum zutreffend
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	nicht oder kaum zutreffend
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	nicht oder kaum zutreffend
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) freundlich, (2) hilfsbereit, (3) höflich	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist ein wissbegieriger und motivierter Schüler. 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - blindenspezifische Hilfsmittel: mechanische Braille-Schreibmaschine (Eurotype), Langstock und rutschfeste Matte zum Arbeiten an seinem Platz und für die Mahlzeiten 	<ul style="list-style-type: none"> - Integrationshilfe während des Schulbesuchs (auch zur Übersetzung), nur bis Herbst 2020 - klare Strukturen und gleichbleibende Abläufe (Rituale)
weitere Bemerkungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Tom ist im Sommer 2018 aufgrund seines Alters zunächst in eine 6. Klasse des Bildungsganges Schule mit dem Förderschwerpunkt Lernen eingeschult worden. Im Herbst 2018 wechselte er in eine Klasse des Bildungsgangs Schule mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung. Die Einstufung in diesen Bildungsgang entspricht nicht seinen kognitiven Fähigkeiten, sondern ist dem geschuldet, dass Tom aufgrund seiner fehlenden Bildungserfahrungen (kein vorheriger Kindergarten- und Schulbesuch) in einer Klasse des Bildungsganges Lernen oder Berufsreife aktuell noch keinen Anschluss finden kann. - Tom erhält in der Schule als Therapieangebot psychomotorische Förderung in der Kleingruppe. - Er erhält zudem Training in Lebenspraktischen Fähigkeiten (LPF) sowie Orientierung und Mobilität (O&M). 	

Tom ist der einzige blinde Schüler, der an der Studie teilnimmt. Aus diesem Grund werden ihm die Lernmaterialien in der Brailleschrift oder in Form von Audioaufnahmen angeboten. Da er

die Brailleschrift derzeit noch erlernt, kann er nur einzelne Wörter lesen und schreiben. Auch die Audioaufnahmen auf den Experimentiervorschriften sind mit einzelnen Wörtern für ihn gut verständlich. Bei ganzen Sätzen hat Tom teilweise Schwierigkeiten diese zu verstehen, da er die deutsche Sprache ebenfalls noch erlernt. Daher benötigt er im Unterricht bei der Einzelarbeit eine ständige Begleitung, um eine Hilfestellung bei einzelnen Wörtern oder Sätzen zu erhalten. In der Einführungsphase war noch geplant, dass er ab den Herbstferien in den Experimentierstunden einen Therapietermin hat, der dann doch nicht zu der Zeit stattfindet. Aus diesem Grund ist der Forscherkreislauf bei ihm zum ersten Messzeitpunkt nicht erhoben. Bei den weiteren Erhebungszeitpunkten des Forscherkreislaufs ist er nicht anwesend, sodass kaum eine Aussage über sein diesbezügliches Verständnis getroffen werden kann. Das Gleiche gilt für seine Erinnerungsfähigkeit an Inhalte, da die Sprache eine sehr große Barriere darstellt und auch kein Interview mit ihm geführt wird. Zudem nimmt Tom nach seiner regelmäßigen Teilnahme in der Einstiegsphase anschließend nur noch bei den ersten beiden und der letzten Lernstation mit naturwissenschaftlichen Experimenten am Unterricht teil. Das häufige Fehlen ist auf die Covid-19-Lage zurückzuführen. Diese Situation erschwert bzw. macht eine Beobachtung von Tom hinsichtlich seiner Entwicklung der experimentellen Kompetenz, dem Verständnis des Forscherkreislaufs und dem inhaltlichen Wissen kaum möglich.

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Tom war an nur sechs der insgesamt 25 Messzeitpunkte, bei denen die experimentelle Kompetenz anhand des Beobachtungsbogens dokumentiert wurde, anwesend. Die Termine liegen mit vier bzw. zwei Messzeitpunkten genau zu Beginn bzw. am Ende der Erhebung. Aufgrund der häufigen Fehltermine hat Tom eine deutlich geringere Chance, seine Fähigkeiten auszubauen und zu festigen. Zudem lässt sich auf Basis von nur sechs Messzeitpunkten keine umfassende Aussage über seine Entwicklung treffen. Selbst wenn eine Tendenz abzulesen ist, kann dabei keine dauerhafte Fähigkeit festgestellt werden, da alle Schüler bei einzelnen Lernstationen offener arbeiten können, ohne dies allgemein auf die weiteren Lernstationen übertragen zu können. Trotzdem wird ein Einblick in Toms experimentelle Kompetenz mit deren Teilkompetenzen gegeben und versucht, Entwicklungsstände anzugeben. Einen Überblick von Toms Entwicklung der experimentellen Kompetenz zeigt Abbildung 65.

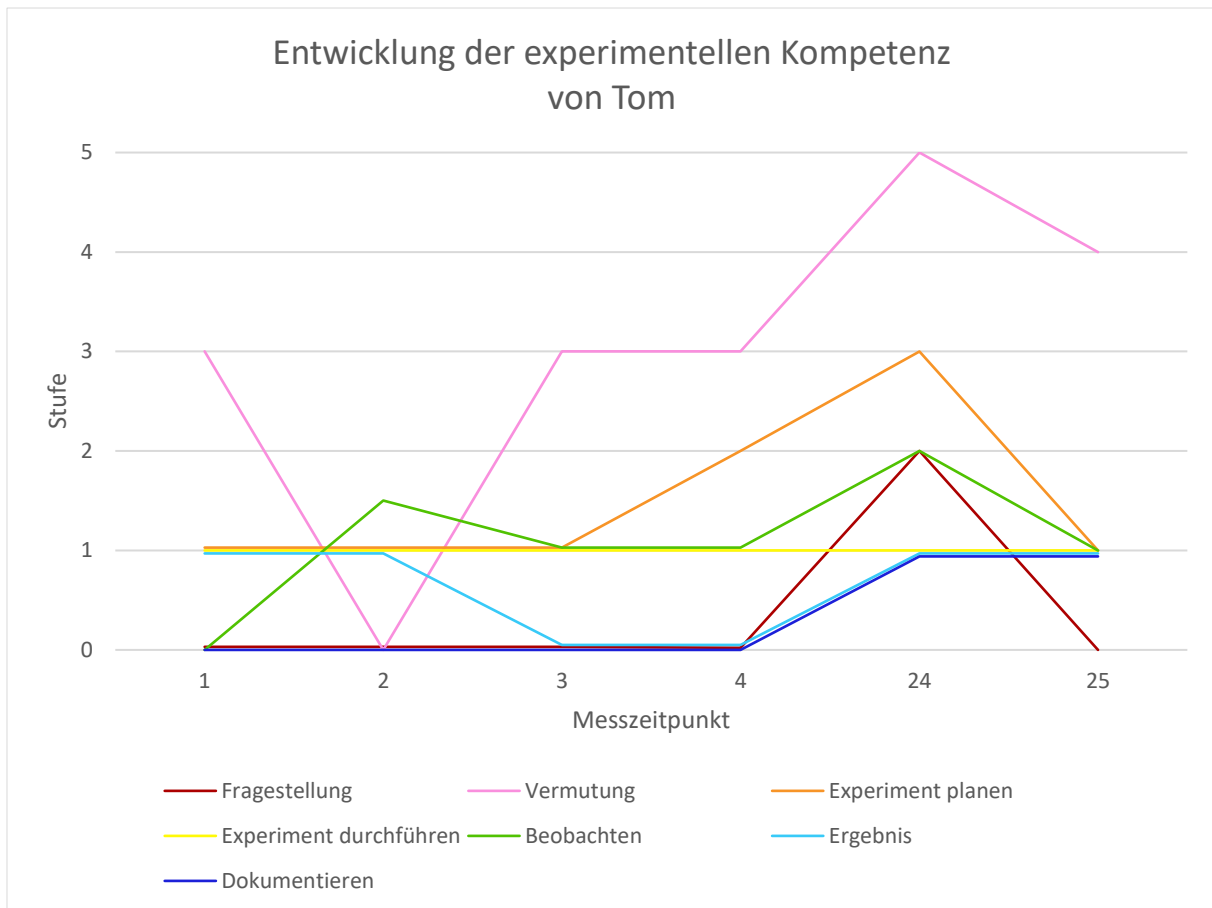


Abbildung 65: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Tom über 25 Messzeitpunkte (an 19 Messzeitpunkten fehlend)

Zu Beginn kann nicht eingeschätzt werden, ob Tom die *Fragestellungen* versteht. Nur bei Messzeitpunkt 24 scheint er die vorgegebene Fragestellung ohne Hilfestellung begriffen zu haben. Rückblickend ist anzunehmen, dass er zumindest den Inhalt grob aufnimmt, sonst wäre er nicht in der Lage gewesen, Vermutungen zu äußern, die meist einen inhaltlichen Bezug zum Thema aufweisen. Auch wenn er schon beim ersten Messzeitpunkt zwischen zwei *Vermutungen* auswählen kann, ist ihm die Bedeutung des Begriffs noch nicht bewusst. Gegen Ende gibt das Klassenteam an das Gefühl zu haben, dass Tom den Begriff verstanden hat. Außer bei Messzeitpunkt 2 kann er mindestens zwischen zwei Vermutungen wählen, bei den letzten beiden Messzeitpunkten äußert er selbst ohne bzw. mit Unterstützung eine eigene Vermutung. In der Teilkompetenz *Experiment planen* ist er recht konstant auf eine Anleitung angewiesen, bei deren Erarbeitung er Hilfe erhält. Nach den ersten drei Messzeitpunkten hat er das System verstanden und kann ohne Hilfe die Planung bewältigen. Sogar nach der Pause kann er weiter einzelne Planungselemente selbst durchführen, allerdings nicht in vollem Umfang ohne Unterstützung. Obwohl er nur einige Teile der Planung in einer Auswahl und die anderen Teile mit Unterstützung ausführt, sehen die Beobachter den Fokus auf der dritten Stufe im Beobachtungsbogen. Es ist zu vermuten, dass Tom die Planung ohne die längere Unterbrechung gut verinnerlichen und ohne Unterstützung stabil arbeiten könnte, aufgrund der

langen Pause ist ihm dies nicht möglich. Bei der Planung fällt auf, dass Tom sich die meisten Begriffe der Geräte durch das Memory gut gemerkt hat und ihm diese über die gesamte Zeit präsent bleiben. Auf eine Unterstützung bei der *Durchführung* der Experimente durch die Experimentiervorschrift und eine Lehrperson ist Tom konstant angewiesen. Die benötigte Unterstützung ist analog zu den anderen Unterrichtsfächern in der Schule. Das *Beobachten* ist für Tom häufig schwierig, da viele Änderungen nur visuell erfassbar sind. Allerdings können zwei der drei von ihm durchgeführten Lernstationen taktil beobachtet werden. An den Messzeitpunkten 1 und 2 kann er den Unterschied des Wasserstands durch das Umschütten in zwei Bechergläser vergleichen und bei den Messzeitpunkten 24 und 25 kann er den Schmutz auf den Blättern fühlen. Nur die Säuberung des Wassers zu den Messzeitpunkten 3 und 4 ist für ihn nicht zu erfassen. Während er bei dem ersten Messzeitpunkt mit einer Beobachtung noch überfordert ist, kann er ab Messzeitpunkt 2 eine gegebene Beobachtung mit bzw. ohne Unterstützung nachvollziehen. Außer bei den Messzeitpunkten 3 und 4 scheint Tom das *Ergebnis* durch die Erklärung einer Lehrkraft zu verstehen. Vermutlich fällt ihm das Nachvollziehen einer Erklärung zu diesen Messzeitpunkten schwerer, da er die Beobachtung nur beschrieben bekommt und dadurch die Filterfunktion nicht bildlich vor Augen hat. Auf die *Dokumentation* wird bei ihm aufgrund der langen Zeit, die er für das Planen und Durchführen benötigt, bei den ersten beiden Lernstationen verzichtet. Bei der letzten Lernstation wird die Dokumentation mündlich mit ihm besprochen.

Insgesamt ist es kaum möglich, eine Entwicklung und konstante Ausbildung einer Teilkompetenz von Tom über nur sechs Messzeitpunkte festzustellen. Im Unterricht selbst ist er immer sehr schnell für die Inhalte zu begeistern und bringt sich im Rahmen seiner sprachlichen Fähigkeiten in die Vor- und Nachbesprechungen im Unterrichtsgespräch ein. Über die Zeit hat er die Bedeutung des Begriffs Vermutung verstanden und kann eigenständige Vermutungen äußern. Auch bei der Planung scheint er zwischenzeitlich an Fähigkeiten und Fertigkeiten dazugewonnen zu haben. Bei den weiteren Teilkompetenzen ist kein bleibender Kompetenzausbau zu sehen. Eine Entwicklung benötigt Zeit, die bei Tom durch sein häufiges Fehlen zu gering war.

Verständnis des Forscherkreislaufs

Tom hat an den Erhebungen zum Verständnis des Forscherkreislaufs nicht teilgenommen, da er an den meisten Zeitpunkten nicht anwesend war. Zusätzlich kann er durch seine Blindheit die Piktogramme nicht sehen, sodass er nur die Begriffe im Unterricht kennenlernt. Auch die Sprache stellt eine Barriere da, weshalb die Begrifflichkeiten für Tom schwerer zu verstehen sind als für die anderen Schüler. Während des Unterrichts scheint es so, als hätte Tom den groben Ablauf verstanden. Er weiß, dass sich die Klasse zunächst im Stuhlkreis trifft und dort das Thema bespricht. Anschließend wird am Tisch das Experiment geplant, durchgeführt und

beobachtet und am Ende im Stuhlkreis das Ergebnis besprochen. Inwieweit Tom die einzelnen Phasen wirklich theoretisch verstanden hat und ohne parallele Durchführung der Lernstation wiedergeben kann, lässt sich durch die Beobachtungen nicht sagen.

Interesse und Motivation

Den Beobachtungen des Klassenteams zufolge hat Tom sehr viel Freude beim Experimentieren. Während der Besprechungen im Stuhlkreis ist er sehr aufmerksam und beteiligt sich nach seinen Möglichkeiten am Unterrichtsgespräch. Besonders viel Interesse scheint er an der Durchführung der Experimente zu haben. Er ist der Erste, der schon nach nur einer Woche die Lernstation *Wasserkreislauf im Glas* durchgeführt und ein Bild geschickt hat. Das Klassenteam gibt zudem an, dass er jede Woche nachfragt, ob die Verfasserin wieder in die Klasse kommt und weitere Experimente durchführt.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Inwieweit Tom Inhalte aus den Lernstationen aufgenommen und behalten hat, lässt sich nur aus den Beobachtungen des Klassenteams und der Verfasserin während der Unterrichtsstunden schließen. Er kann sich noch an das Pumpen erinnern und mit Hilfe die vier Bodenschichten benennen. Auch wenn er an nur wenige Lernstationen anwesend war, ist er im Umgang mit den Experimentieranleitungen und den Materialien sicherer geworden. Schon recht schnell merkt er sich einzelne Begriffe der Geräte oder Chemikalien, wie beispielsweise das Becherglas.

6.6.3.5 Fallbeschreibung von Viktor

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Viktor	
Allgemeine Daten	
Alter	13
Schulbesuchsjahr	8
relevante (Vor-) Erkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> - ehemaliges Frühgeborenes mit Hirnblutung - globale Entwicklungsverzögerung - Leukoencephalopathie mit metaphysärer Chondrodysplasie - spastisch-hypotone Bewegungsstörung mit Ataxie und Tremor, Hüftdysplasie beidseitig - diverse Augenerkrankungen (brillenversorgt) - leichtgradige Schwerhörigkeit beidseitig (Hörgeräteversorgt) - regelmäßige Medikamenteneinnahme (Nebenwirkungen)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Viktor ist ein fleißiger Schüler mit sehr hoher Lernbereitschaft. - Er zeigt sich interessiert und motiviert am Unterrichtsgeschehen. - Er erledigt seine Aufgaben am Arbeitsplatz sorgfältig, konzentriert und ausdauernd. - Er bringt seine Gedanken und Ideen gerne ein und treibt das Unterrichtsgespräch durch seine Wortbeiträge voran. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist sehr freundlich, aufgeschlossen und hilfsbereit. - Er zeigt ein sehr gutes und umsichtiges Verhalten gegenüber Mitschülern. - Er ist freundlich und höflich gegenüber Lehrkräften und anderen Personen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Sprachentwicklungsverzögerung - Ihm ist eine für alle verständliche, laute und deutliche Aussprache (v. a. in Gruppensituationen/im Stuhlkreis) nur schwer möglich. - Er kann bekannte und oft im Schulalltag verwendete Wörter (z. B. Namen, Datum) mit Unterstützung erlesen. - Er nutzt motiviert den „Tellimero-Lesestift“ als Hilfsmittel zum Lesen unbekannter Wörter. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - Umfassende körperlich-motorische Beeinträchtigungen (siehe Vorerkrankungen). - Rollstuhl (selbstständige und zielsichere Fortbewegung) 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - Das Verfolgen, Merken und Reproduzieren von Lerninhalten in Unterrichtsgesprächen gelingt ihm mit Unterstützung einer Lehrkraft. - Er entwickelt zunehmend eigene Strategien, um diesen weiterhin folgen zu können. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	zutreffend
arbeitet gerne praktisch	zutreffend
arbeitet gerne alleine	zutreffend
arbeitet gerne in der Gruppe	zutreffend
ist interessiert an neuen Dingen	zutreffend
stellt Fragen	weniger zutreffend
greift auf vorhandenes Wissen zurück	zutreffend
entwickelt eigene Ideen	weniger zutreffend
stellt Vermutungen an	nicht oder kaum zutreffend
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	nicht oder kaum zutreffend
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	nicht oder kaum zutreffend
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie die den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) „sympathisch“, (2) fleißig, (3) interessiert	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist ein motivierter Schüler, der oft an seine Grenzen geht. 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - Brille - Arbeitsplatzbeleuchtung - gute und blendfreie Raum- und Arbeitsplatzgestaltung - Objekt- und Formatvergrößerung („bequem“ ca. 10-12-fach; DinA3-Format), starke Kontraste 	<ul style="list-style-type: none"> - siehe „weitere Bemerkungen“ sowie - zwei Hörgeräte - klare Strukturen und gleichbleibende Abläufe (Rituale)
weitere Bemerkungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Viktors Gesamtentwicklung verschlechtert sich zunehmend. Er ist oft körperlich angestrengt, ermüdet schnell und benötigt körperliche Entspannungsphasen. - Viktor erhält in der Schule als Therapieangebot Logopädie, Physiotherapie sowie psychomotorische Förderung in der Kleingruppe. 	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Aufgrund der Covid-19-Lage ist Viktor an zehn Messzeitpunkten nicht in der Schule, in dieser Zeit ist die Schule nur für die Notbetreuung geöffnet, zu der er nicht angemeldet war. Von Beginn an arbeitet Viktor mit der Experimentieranleitung als Fotografischer Handlungsablauf. Als weitere Unterstützung setzt er den auditiven Vorlesestift „Tellimero“ ein. Dieser Vorlesestift ist ihm aus dem Unterricht bekannt, sodass er sehr sicher im Umgang damit ist. Zusätzlich fordert Viktor nach eigenem Ermessen motorische Hilfestellungen ein, wenn ihm eine Ausführung aufgrund seiner körperlichen Beeinträchtigungen (Spastik mit Ataxie und Tremor) nicht möglich ist. In Bezug auf die experimentellen Teilkompetenzen entwickelt sich Viktor in allen Bereichen deutlich und behält bei einigen Teilkompetenzen eine Stufe ohne Vorgabe bei (siehe Animation 5). Die Teilkompetenzen lassen sich in drei Bereiche gruppieren. Ziemlich wechselhaft entwickeln sich die Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis. Stabiler zeigen sich die Teilkompetenzen Fragestellung, Beobachten und Dokumentieren, wobei es einzelne Abweichungen in die unteren Stufen gibt. Am stabilsten festigen sich die beiden Teilkompetenzen Vermutung und Experiment planen. Alle Eingruppierungen sind nachfolgend genauer ausgeführt.



Animation 5: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)

Recht wechselhaft entwickeln sich die experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis, bei denen zudem nach der zweiten Covid-19-Unterbrechung ein Einfluss der Pause zu verzeichnen ist (siehe Abbildung 66). Beim *Experiment durchführen* nimmt Viktor bei Bedarf eine Lehrkraft als Assistenz in Anspruch und hört sich die Arbeitsschritte teilweise mit dem Tellimero an, wobei er selbstbestimmt darüber entscheidet. Meistens sitzt eine Lehrkraft oder Pädagogische Fachkraft neben ihm, da er häufig motorische Hilfestellungen benötigt und diese auch schnell erhalten soll. Alle in der Einstufung vorgenommenen Unterstützungsbedarfe beziehen sich nicht auf eine motorische, sondern auf eine kognitive Hilfestellung beim Verstehen der Schritte. Während Viktor bis einschließlich Messzeitpunkt 11 mit einer Vorlage und Unterstützung die Experimente durchführt, gelingt ihm an Messzeitpunkt 6 schon eine Durchführung nach einer Auswahl. Ob die Rückstufung auf die Vorlage ohne Unterstützung der Pause zurückzuführen ist, kann nicht eindeutig geäußert werden. Da aber auch nach der nächsten Pause ein Rückschritt auf eine Vorlage mit

Unterstützung erfolgt, ist zu vermuten, dass Viktor durch die längere Unterbrechung wieder auf eine Vorlage angewiesen ist. Ab Messzeitpunkt 6 kann Viktor mit einer Ausnahme durchgehend mindestens nach einer Vorlage ohne Hilfestellung arbeiten. Vereinzelt kann er auch schon ohne Vorlage ein Experiment durchführen, allerdings nicht beständig über mehrere Messzeitpunkte. Beim *Ergebnis* befindet er sich anfangs und auch zwischendurch immer wieder auf Stufe 1. Bei einzelnen Lernstationen ist ihm eine eigene Erklärung möglich, wobei sich dabei keine konstante Entwicklung zeigt. Es ist zu vermuten, dass die Formulierung eines Ergebnisses vom Thema der Lernstation abhängt.

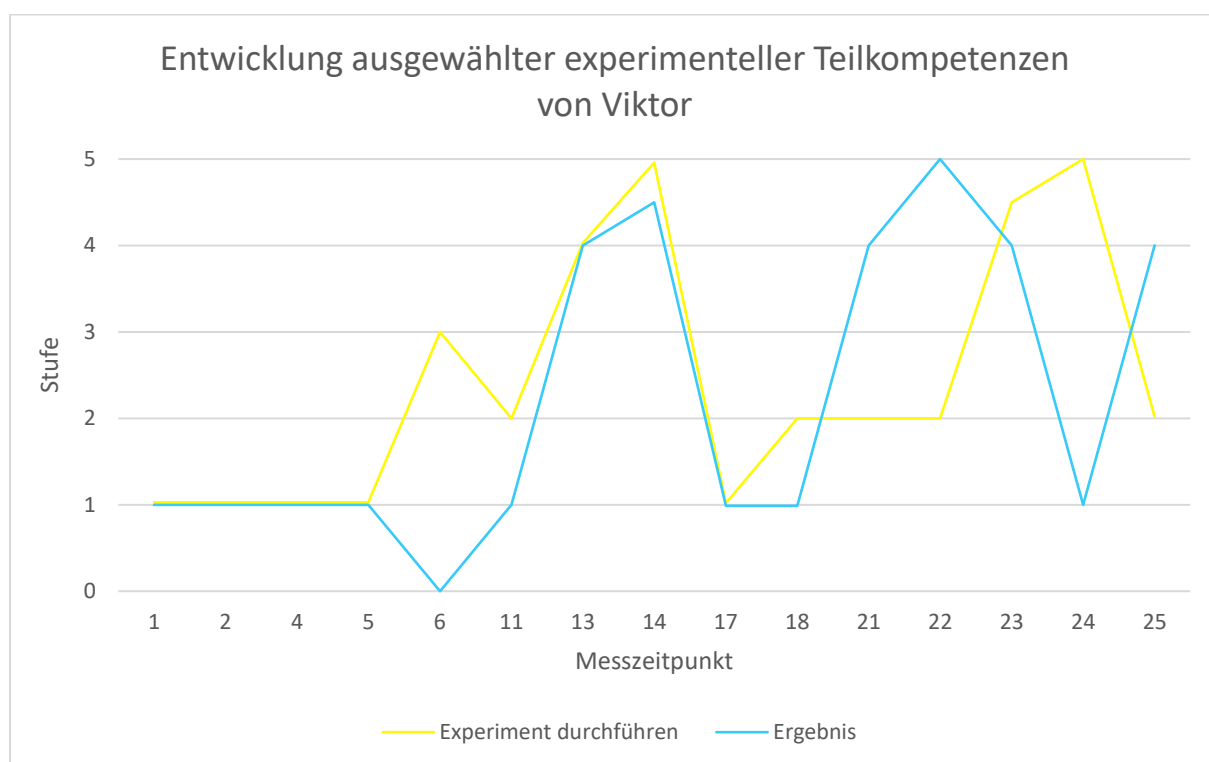


Abbildung 66: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen *Experiment durchführen* und *Ergebnis* von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)

Etwas konstanter zeigt sich die Entwicklung von Viktor in den experimentellen Teilkompetenzen *Fragestellung*, *Beobachten* und *Dokumentieren* (siehe Abbildung 67). Viktor hat große Probleme *Fragen* als solche zu formulieren, indem er mit einem „W-Wort“ beginnt und die grammatikalisch korrekte Struktur bildet. Auch die Lehrkraft gibt vorab im Charakterisierungsbogen an, dass Viktor eher selten Fragen stellt. Trotzdem gelingt es ihm, nach einem anfänglich schwierigen Start, ab dem fünften Messzeitpunkt immer regelmäßiger Fragen zu formulieren, wenn diese auch nicht die richtige grammatikalische Struktur aufweisen. Mit seinen Fragen und Gedanken treibt er das Unterrichtsgespräch häufig voran. Vereinzelt fallen ihm keine eigenen Fragestellungen ein, prinzipiell hat er deren Bedeutung aber verstanden. Auch bei der *Beobachtung* lässt sich eine deutliche Entwicklung und eine zielgerichtete Betrachtung der Objekte erkennen. Zu Beginn bestätigt sich die Einschätzung

der Lehrkraft auf dem Charakterisierungsbogen, dass Viktor nicht oder kaum Objekte beobachtet und beschreibt. Aber schon an Messzeitpunkt 5 kann er erstmals eine Auswahl in der Beobachtung treffen. Ab Messzeitpunkt 11 kann Viktor mit einer nicht zu begründenden Ausnahme an Messzeitpunkt 22 mindestens eine Auswahl bei der Beobachtung vornehmen. Zusätzlich gelingt es ihm immer häufiger, eigene Beobachtungen zu beschreiben, wenn auch noch nicht stabil über mehrere Messzeitpunkte. Die *Dokumentation* weicht etwas von seinen Klassenkameraden ab. Während seine Mitschüler diese selbst notieren, diktiert Viktor die Sätze ausschließlich. Obwohl er die Sätze nicht lesen kann, möchte er über die Bilder hinaus dokumentieren, da er so bei einer Besprechung in der Klasse oder zu Hause die Texte vorgelesen bekommen und sich damit an die Inhalte erinnern kann. Bei der Beobachtung wählt er das richtige Bild selbst aus oder ergänzt eine Zeichnung. Die Dokumentation der Beobachtung, die er selbst händisch ausführen kann, zeigt sich deutlich stabiler, als die Dokumentation des Ergebnisses. Während er schon von Beginn an bei der Beobachtung zwischen zwei Bildern auswählt, ist es ihm ab Messzeitpunkt 13 konstant möglich, eine eigene Beobachtung mit oder ohne Unterstützung zu notieren. Die Dokumentation des Ergebnisses steigert sich in den ersten Messzeitpunkten von Stufe 0 auf Stufe 4 und hält sich über zwei Messzeitpunkte auf dieser Stufe. Ob die darauffolgende Stufe 1 im nächsten Messzeitpunkt zufällig liegt oder aufgrund der Pause zustande kommt, lässt sich nur vermuten. Bei den letzten beiden Messzeitpunkten kann er die Dokumentation wieder alleine und mit Unterstützung notieren. Von Beginn an zeigt sich also auf beiden Dokumentationsebenen eine deutliche Entwicklung, die sich ab etwa der Hälfte der Messzeitpunkte recht konstant auf einem Level hält.

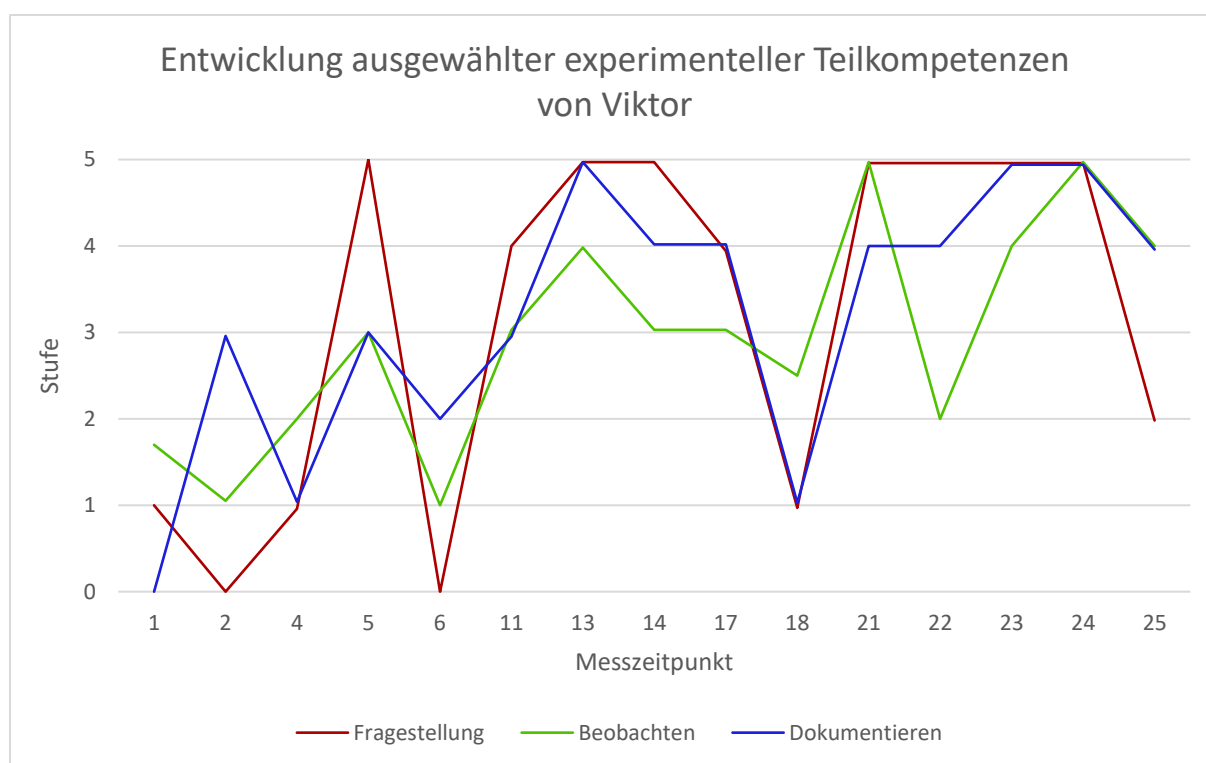


Abbildung 67: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Beobachten und Dokumentieren von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)

Ebenfalls ziemlich konstant, und das schon ab dem Messzeitpunkt 11, zeigt sich die Entwicklung in den Teilkompetenzen Vermutung und Experiment planen (siehe Abbildung 68). Obwohl er vor dem Beginn der Experimentierreihe nicht oder kaum *Vermutungen* geäußert hat und ihm der Begriff unbekannt ist, kann Viktor von Anfang an eine Auswahl von Vermutungen treffen. Ab Messzeitpunkt 11 kann er sogar konstant mit bzw. ohne Unterstützung Vermutungen äußern, wobei die Formulierung ohne Unterstützung überwiegt. Durch die zu Beginn gestellte Auswahl an Vermutungen konnte er die Bedeutung des Begriffs erfassen und eigene Fähigkeiten entwickeln, um selbst Vermutungen anzustellen. Beim *Experiment planen* greift er, wie auch schon beim Experiment durchführen, häufig auf eine motorische Unterstützung durch die Lehrkraft zurück. Die ersten vier Messzeitpunkte arbeitet er nach der Experimentieranleitung. Bei den Messzeitpunkten 4 und 5 wird die Hilfe von nur einem Beobachter registriert, weshalb im Durchschnitt keine eindeutige Zuordnung der Stufe vorgenommen wird. Ab Messzeitpunkt 6 kann Viktor meist mit einer Auswahl von Materialien arbeiten. Abweichend sind die Messzeitpunkte 11 und 22. Bei Messzeitpunkt 11 lässt sich vermuten, dass die lange Covid-19-Pause Viktor dazu veranlasst hat, die sichere Variante der Experimentieranleitung zu wählen. An Messzeitpunkt 23 entwickelt Viktor einen eigenen Plan, wobei bedacht werden muss, dass die Erarbeitung im Klassenteam entsteht und Viktor die Planung somit nicht vollständig alleine vorgenommen hat. Die Beobachter sehen bei Viktor einen hohen Eigenanteil, weshalb die Stufe 5 zugeordnet wird. Auch schon bei der Lernstation 7 zu den Messzeitpunkten 13 und 14 äußert Viktor eine eigene Idee, wie er das Öl aus dem

Wasser befreien kann. Da er bei den vielen anderen Materialien wieder auf die gegebene Auswahl zurückgreift, überwiegt die Stufe 3. Insgesamt sind die Lehrkraft und die Pädagogischen Fachkräfte positiv überrascht, wie schnell sich Viktor die Begriffe der Materialien merken kann. Schon nach der ersten Lernstation in der Einstiegsphase behält sich Viktor als einziger Schüler den Begriff der Pipette. Auch nach dem Memory kann er sich die meisten Bezeichnungen gut merken und festigt diese während der weiteren Lernstationen. Dies ist ihm unter anderem dadurch möglich, dass er sich nach eigenem Bedarf die Materialien bei der Planung mithilfe des Vorlesestiftes auf der Experimentieranleitung anhören kann.

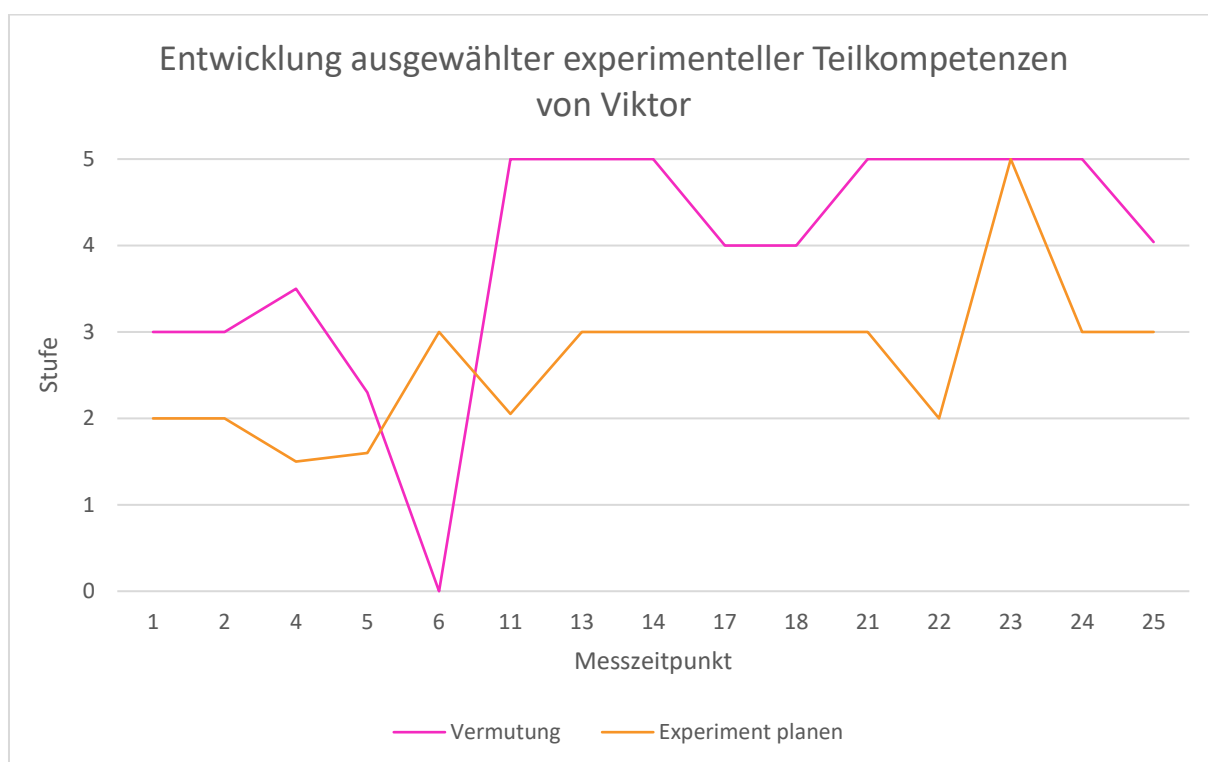


Abbildung 68: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung und Experiment planen von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)

Viktor nimmt in allen Unterrichtsstunden sehr interessiert und motiviert am Unterrichtsgeschehen teil und zeigt eine sehr hohe Lernbereitschaft. Er hat viele neue Begriffe kennengelernt, wie Vermutung, Dokumentieren sowie verschiedene Geräte und Chemikalien, die er sich bis zum Ende gut einprägt. Über die Zeit hat er sich in allen experimentellen Teilkompetenzen deutlich weiterentwickelt, wobei es besonders bei dem Experiment durchführen und dem Ergebnis immer wieder zu großen Wechseln in den Stufen kommt. Während des Unterrichts selbst beachtet er den Forscherkreislauf nur nach Aufforderung durch die Lehrkraft. Grund dafür könnte seine stark ausgeprägte Sehbehinderung sein. Teilweise gibt er auf Nachfrage die bestehende oder nächste Phase an, meist lässt er sich diese von seinen Mitschülern nennen. Den Beobachtungen zufolge braucht Viktor noch

weitere Übung im Durchführen von naturwissenschaftlichen Experimenten, um auch ohne eine Anleitung durch die Lehrkraft eigenständig experimentieren zu können.




















Verständnis des Forscherkreislaufs

Viktor hat an allen fünf Erhebungen zum Verständnis des Forscherkreislaufs teilgenommen. Von Beginn an erkennt er die Denkblase nicht als solche, sondern sieht bis zum Ende einen Eierkarton in dem Piktogramm. Für ihn ist die Denkblase zu abstrakt. Auch die Glühbirne, als Symbol für gewonnenes Wissen, ist für ihn nicht verständlich. Da Viktor selbst über keine Schriftsprache verfügt, sondern seine Arbeitsaufträge in mündlicher Form erhält, ist auch die Bedeutung des Fragezeichens für ihn nicht so gut zugänglich, wie für seine lesenden Mitschüler, trotzdem begreift er schnell, wofür das Zeichen steht. Am ersten Messzeitpunkt (Ausgangslage) ordnet er einzelne Begriffe den richtigen Piktogrammen zu, beständig bleibt die Zuordnung des Auges und meist das Experiment planen. Ab dem zweiten Termin kann er auch das Experiment durchführen immer korrekt dem Piktogramm zuordnen. Die Reihenfolge ist bei beiden Terminen noch ohne sinnhaften Bezug. Ab dem Zwischenstand 2 weiß er einzelne Phasen aufeinanderfolgend anzugeben, wie die Reihenfolge von Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren. Diese Reihenfolge bleibt konstant bis zum nächsten Termin und wird um die Phase des Ergebnisses ergänzt. Bei dem Endstand hat er mit einer Ausnahme die gesamte Reihenfolge richtig gelegt. Bei der Ausnahme handelt es sich um die Vermutung, die fehlerhaft vor dem Ergebnis eingeordnet ist. Auf Nachfrage kann Viktor angeben, dass die Vermutung zu Beginn im Stuhlkreis geäußert wird. Die Zuordnung der Lampe und Denkblase ist bis zuletzt für Viktor nicht gut zu unterscheiden. Es ist zu vermuten, dass die Verwechslung der Piktogramme zum Experiment planen und Dokumentieren wegen unkonzentrierten Arbeitens entstanden ist. Viktor ist an dem letzten Termin nach der Mittagspause noch ziemlich unkonzentriert und betrachtet die Piktogramme nicht genau. Er weiß, dass er für beides einen Stift benötigt und legt die Bilder, wie sie kommen, zu den Wörtern. Nach Aufforderung der Verfasserin schaut er sich die beiden Piktogramme noch einmal an und weiß direkt die richtigen Begriffe zuzuordnen.

Insgesamt hat Viktor über das gesamte Schuljahr, die ihm vorab unbekanntem Begriffe Vermutung, Dokumentieren und Forscherkreislauf gelernt und deren Bedeutung erfasst. Über die gesamte Zeit hat er die Piktogramme Denkblase und Lampe nicht mit den Begriffen verknüpft. L1 gibt an, dass es auch im Unterricht immer wieder Piktogramme gibt, die sich Viktor trotz regelmäßiger Wiederholung nicht einprägen kann. Auch bei dem richtigen Ablauf der einzelnen Phasen hat Viktor bis zuletzt Probleme (siehe Tabelle 56). Das zeigt sich auch im Unterricht. Während der Unterrichtsstunde ist die Angabe der derzeitigen oder nachfolgenden Phase sehr oft wechselhaft. Wenn ihm die Phase genannt wird, ist ihm bewusst, welche Aufgabe damit verbunden ist.

Tabelle 56: Gelegter Forscherkreislauf von Viktor über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3 (11.06.2021)	Endstand (08.09.2021)
Fragestellung 					✓
Vermutung 				✓	
Experiment planen 					
Experiment durchführen 				✓	
Beobachten 				✓	
Ergebnis 				✓	
Dokumentieren 				✓	

Interesse und Motivation

Viktor hat sehr viel Spaß bei den Lernstationen und besonders bei der tatsächlichen Durchführung der Experimente. Alle Durchführungsschritte, die er selbst bewältigen kann, führt er selbst aus. Bei den weiteren Schritten erhält er Unterstützung in Form eines Assistenz-Angebots, sodass Viktor entscheidet, was zu tun ist und wobei er Hilfe benötigt. Viktor gibt an, dass er teilweise Schwierigkeiten hatte, alles zu wissen, durch die gemeinsame Besprechung im Klassenverband und die vorbereitete Kiste aber doch manchmal wusste, was er machen soll. Trotz der Unsicherheit hat immer alles geklappt. Ebenso wie Sina arbeitet auch Viktor lieber nach einer Anleitung, obwohl er bei dem Forscherauftrag selbst gute Ideen entwickelt. So ist er bei dem Experiment *Ölkatastrophe* der einzige Schüler, der neben den vorgegebenen Materialien noch eine eigene Idee hat, wie er das Öl aus dem Wasser entfernen kann. Bei dem Interview selbst gibt er an, keine Ideen gehabt zu haben, stimmt der Verfasserin nach einem gemeinsamen Gespräch anhand des Beispiels aber zu, dass er wohl doch eigene Ideen hatte. Viktor möchte nicht nur im Unterricht weiter experimentieren, sondern hätte auch Interesse zu Hause Experimente durchzuführen. Das mitgegebene Experiment „Wasserkreislauf im Glas“ fällt ihm während der Durchführung runter und geht kaputt, sodass er das Experiment nicht zu Ende führen kann.

Am besten hat Viktor die Lernstation *Ölkatastrophe* gefallen, weil man das Öl so schwer aus dem Wasser rauskriegt. Die Lernstation *Feind der Tiere* findet er am schlechtesten, weil der ganze Müll nicht gut für die Umwelt ist.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Am Ende des Schuljahres kann sich Viktor eigenständig an alle drei Themen in gekürzter Version erinnern: *Pflanzen*, *Meer* und *Wasser*. Auch den Inhalt von vier Lernstationen kann er ohne Hilfe formulieren, während er die Inhalte der anderen drei Lernstationen erst nach Betrachtung der Titel und Titelbilder wiedergeben kann. In folgender Reihenfolge werden die Lernstationen besprochen und inhaltlich im Wortlaut von Viktor beschrieben:

- *Ölkatastrophe*: Wenn Öl in das Meer gelangt, kann man es anschließend nicht komplett daraus entfernen. Das Öl ist für Fische, Pflanzen und Vögel gefährlich.
- *Boden als Schadstofffilter*: Das Auto auf der Wiese zu putzen, ist schlecht für die Wiese und den Boden, weil das Spülmittel für den Boden nicht gut ist.
- *Naturfilter*: Viktor kann alle Bodenschichten in der richtigen Reihenfolge benennen, nur bei dem Begriff „Lehm“ braucht er eine Hilfestellung. Ihm ist bewusst, dass das Wasser, nachdem es durch die Schichten gelaufen ist, unten wieder sauber herauskommt.
- *Wettlauf ums Trinkwasser*: An den Brunnen, und dass die Fabrik mehr Wasser bekommt als die Menschen, erinnert sich Viktor direkt. Er findet es nicht nett, dass die Fabrik nur weil sie stärker ist, mehr Wasser erhält.
- *Feind der Tiere*: Es ist nicht gut, wenn der Müll in die Umwelt geworfen wird. Von dem Strand geht der Müll in das Meer und die Tiere können sterben, wenn sie den Müll fressen. Deshalb sollte der Müll immer in die Mülltonne geworfen werden.
- *Durstige Bäume*: Die Bäume trinken, indem sie das Wasser mit den Wurzeln aufnehmen und durch den Stamm, wie durch einen Strohhalm, bis zu den Blättern ziehen.
- *Wie Regenwürmer atmen*: Der Regenwurm ist in den Löchern in der Erde und atmet die Luft aus den Löchern. Wenn es regnet, ist keine Luft mehr in den Löchern und der Regenwurm muss hochkommen.

Viktor entscheidet sich für eine genauere Betrachtung für sein Lieblingsexperiment *Ölkatastrophe*. Er braucht nur wenig Anleitung bei den verschiedenen Phasen. Die Frage formuliert er nicht als solche, sondern eher in Form einer Aussage. Bei der Durchführung kann er sich gut an die Schritte erinnern, besonders präsent ist ihm seine eigene Idee mit der Spritze. Auch die Beobachtung und das Ergebnis kann er wiedergeben sowie die Konsequenz, möglichst wenig Öl wegzuschütten.

Insgesamt hat sich Viktor ohne Unterstützung an die Inhalte der Lernstationen erinnert, wobei er die naturwissenschaftlichen Hintergründe kaum erwähnt. Zum Erstaunen des Klassenteams behält er sich von Beginn an sehr gut die Begriffe der Geräte und Chemikalien und kann sie auch über einen längeren Zeitraum sicher benennen.

6.6.3.6 Fallbeschreibung von Wolfgang

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Wolfgang	
Allgemeine Daten	
Alter	14
Schulbesuchsjahr	8
relevante (Vor-) Erkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> - komplexe neuromotorische und psychische Entwicklungsstörung - Autismus-Spektrum-Störung - ausgeprägte Funktionsstörung in den Bereichen Kognition, Motorik und Sprache - Automutilation (v. a. an den Ohrläppchen) - diverse Augenerkrankungen (brillenversorgt)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Wolfgang zeigt grundsätzlich die Bereitschaft, Neues zu lernen. - Er nimmt Tipps und Verbesserungsvorschläge an und bemüht sich diese umzusetzen. - Er erledigt Aufgaben am Arbeitsplatz in der Regel sorgfältig. - Er bringt sich durch sachbezogene Beiträge in Unterrichtsgespräche ein und treibt diese voran, wenn ihn ein Thema (Interessensgebiete) interessiert. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er ist freundlich und hilfsbereit. - Er zeigt ein sehr gutes Verhalten gegenüber Mitschülern. - Er ist in der Regel freundlich und höflich gegenüber Lehrkräften. - Er verhält sich oft zurückhaltend und verschlossen gegenüber anderen, vor allem ihm fremden Personen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Sprachentwicklungsstörung - Dialekt - Er bemüht sich um eine korrekte Aussprache von Wörtern. - Er kann mehrsilbige Wörter und Sätze mit Unterstützung erlesen. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er hat Schwierigkeiten in einigen motorischen Bereichen (v. a. Feinmotorik). 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - Er bemüht sich, ausdauernd und genau zu arbeiten. 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	zutreffend
arbeitet gerne praktisch	zutreffend
arbeitet gerne alleine	weniger zutreffend
arbeitet gerne in der Gruppe	weniger zutreffend
ist interessiert an neuen Dingen	zutreffend
stellt Fragen	nicht oder kaum zutreffend
greift auf vorhandenes Wissen zurück	zutreffend
entwickelt eigene Ideen	weniger zutreffend
stellt Vermutungen an	nicht oder kaum zutreffend
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	nicht oder kaum zutreffend
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	nicht oder kaum zutreffend
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) interessiert, (2) ehrgeizig, (3) humorvoll	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - Er kennt sich mit verschiedenen Interessensgebieten (z. B. Fußball) gut aus. 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - Brille (Eintönung bei UV-Strahlung und kälteren Temperaturen) - normaler Vergrößerungsbedarf - Arbeitsplatzbeleuchtung 	<ul style="list-style-type: none"> - leichte Textvergrößerung (DinA3-Format) aufgrund motorischer Beeinträchtigung - klare Strukturen und gleichbleibende Abläufe (Rituale)
weitere Bemerkungen	
<ul style="list-style-type: none"> - Wolfgang erhält in der Schule als Therapieangebot Logopädie, Physiotherapie sowie psychomotorische Förderung in der Kleingruppe. 	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Nur am vorletzten Erhebungstermin ist Wolfgang krank und kann nicht am Unterricht teilnehmen. In allen anderen 24 Unterrichtsstunden arbeitet er durchgehend mit der Experimentieranleitung in Symbolschrift. Seine Entwicklung der experimentellen

Teilkompetenzen zeigt große Unterschiede (siehe Animation 6). Bei Ergebnis und Dokumentieren ist seine Entwicklung von Beginn an sehr wechselhaft und pendelt sich etwa ab der Hälfte in einer eigenständigen Arbeit ohne Vorlage ein. Die Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen und Beobachten sind ebenfalls ab etwa der Hälfte recht stabil, mit seltenen Abweichungen. Die letzten beiden experimentellen Teilkompetenzen Vermutung und Experiment durchführen bilden die größten Gegensätze. Während sich die Vermutung ab dem Messzeitpunkt 14 konstant hält, ist die Fähigkeit zur Durchführung sehr schwankend. Nachfolgend sind die Entwicklungen der einzelnen Teilkompetenzen genauer betrachtet.



Animation 6: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Die beiden Teilkompetenzen *Ergebnis* und *Dokumentieren* zeigen ähnliche Entwicklungen (siehe Abbildung 69). Während zu Beginn bis einschließlich Messzeitpunkt 11 bzw. 12 große Schwankungen zwischen einer Vorlage mit Unterstützung, ohne Unterstützung und einer Auswahl sowie zu Messzeitpunkt 4 einmalig eine eigenständige Erarbeitung ohne Vorlage und mit Unterstützung zu sehen ist, pendelt sich die Entwicklung ab etwa der Hälfte der Messzeitpunkte stabil ein. Wolfgang kann sowohl ein Ergebnis nennen als auch eine Dokumentation vornehmen, ohne eine Vorlage zur Hilfe heranzuziehen. Beim Ergebnis überwiegt die Stufe 5 und beim Dokumentieren die Stufe 4. Ebenso wie seinen Mitschülern wird Wolfgang die Dokumentation durch Arbeitsblätter vorstrukturiert. Er bekommt die Arbeitsblätter so gereicht, wie er sie einfordert. Sätze diktiert er zunächst der Lehrkraft und überträgt diese vorgeschriebenen Sätze anschließend auf sein Arbeitsblatt. Dabei arbeitet er stets sehr sorgfältig.

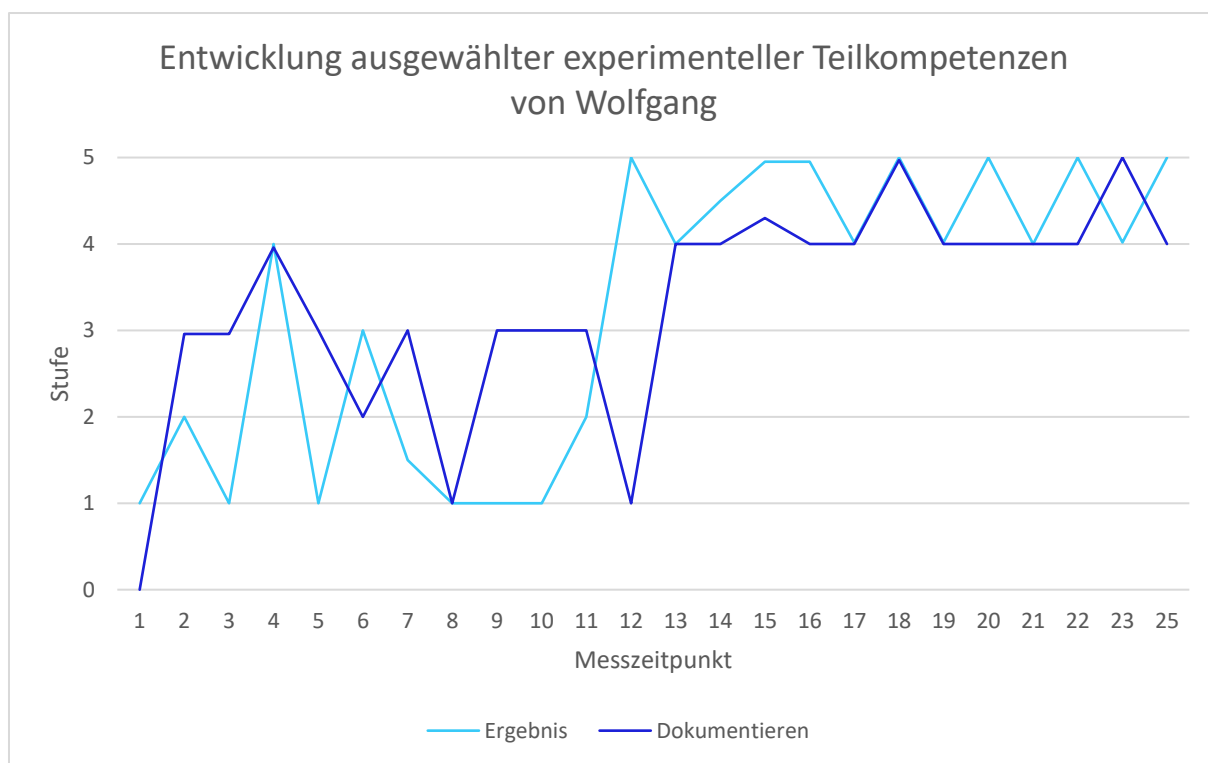


Abbildung 69: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen *Ergebnis* und *Dokumentieren* von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Die Teilkompetenzen *Fragestellung*, *Experiment planen* und *Beobachten* lassen alle Entwicklungen erkennen, die sich mit wenigen Ausnahmen mit der Zeit immer regelmäßiger auf einer Stufe anordnen (siehe Abbildung 70). Bis Messzeitpunkt 14 ist die *Fragestellung* sehr schwankend zwischen Stufe 0 und Stufe 4, einzig eine Auswahl zwischen Fragen trifft Wolfgang nie. Ab Messzeitpunkt 15 kann er durchgehend eigene Fragestellungen formulieren und benötigt dabei nur einmalig eine Unterstützung. Ob er bei dem letzten Termin wieder auf eine vorgegebene Fragestellung zurückgreift, da er nach fast dreimonatiger Pause Schwierigkeiten hat eine eigene Frage zu finden oder ihm zu dem Thema selbst keine Fragestellung einfällt, lässt sich nicht sagen. Dafür, dass Wolfgang vor dem Schuljahr nicht oder kaum Fragen formuliert hat, lernt er diese Kompetenz schnell und kann gegen Ende des Schuljahres sicher eigene Fragestellungen entwickeln. Der Beginn einer Frage mit einem „W-Wort“ fällt Wolfgang recht leicht, bei der grammatikalischen Struktur hat er meist noch Schwierigkeiten. Ähnlich zur *Fragestellung* zeigt sich die Entwicklung der Teilkompetenz *Beobachten*. Bis Messzeitpunkt 14 steigt die Kompetenz von der Beobachtung auf Grundlage einer Vorlage, über eine Auswahl von möglichen Beobachtungen bis hin zur selbstständigen Beobachtung mit Unterstützung an. Ab dem Messzeitpunkt 15 kann er die Beobachtung ohne Hilfestellung vornehmen, wobei er bei den letzten beiden Messzeitpunkten wieder auf eine Unterstützung zurückgreift. Über die gesamte Zeit hat Wolfgang im Bereich der Beobachtung eine große Entwicklung durchlaufen, da er vorab nicht oder kaum in der Lage war, Sachverhalte und Objekte zu beobachten und zu beschreiben. Jedoch kann er gegen Ende

sehr konstant eigenständige Beobachtungen tätigen. Beim *Planen* von Experimenten geht Wolfgang von Beginn an ohne Hilfestellung vor und kann die Materialien anhand der Experimentiervorschrift kontrollieren. An den Messzeitpunkten 4 und 5 kann er schon eine Auswahl treffen und erinnert sich bei Messzeitpunkt 6 eigenständig und mit Unterstützung an die Materialien. Dass er bei Messzeitpunkt 7 wieder auf die Experimentieranleitung zurückgreift, kann nicht auf die Pause zurückgeführt werden, da Wolfgang während der Notbetreuung die vorherigen drei Lernstationen noch einmal wiederholt hat. Zunächst pendelt sich die Planung auf Grundlage der alleinigen Bearbeitung einer Vorlage ein, ab Messzeitpunkt 13 kann Wolfgang mit zwei Ausnahmen beständig eine Auswahl treffen. Messzeitpunkt 22 lässt sich dadurch begründen, dass Wolfgang an diesem Tag aus zeitlichen Gründen gemeinsam mit Viktor arbeitet. Die eigenständige Planung an Messzeitpunkt 23 wird im Klassenverband vorgenommen, wobei Wolfgang neben Viktor die meisten Ideen einbringt.

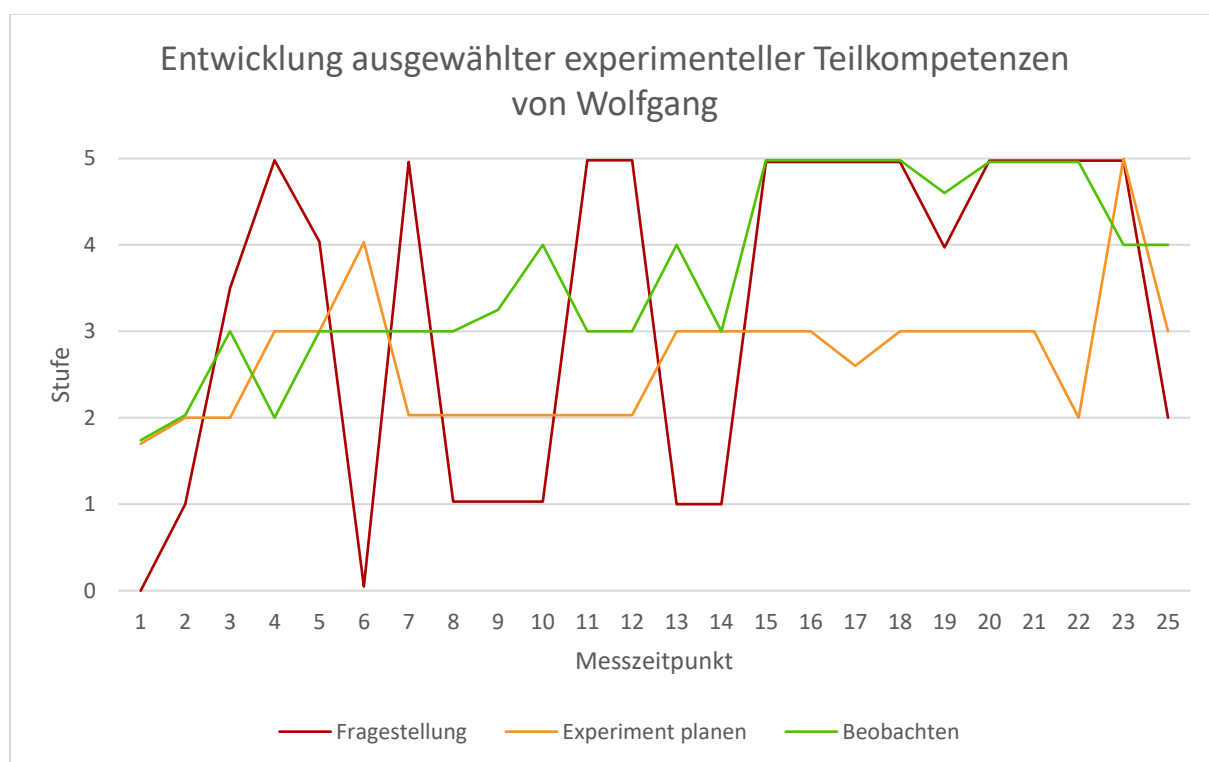


Abbildung 70: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen und Beobachten von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Die nächsten beiden Teilkompetenzen Vermutung und Experiment durchführen zeigen keine Übereinstimmungen auf, sind aber als die größten Gegensätze gemeinsam dargestellt (siehe Abbildung 71). Der Begriff der *Vermutung* ist Wolfgang vorab nicht bekannt und er hat bislang keine oder kaum eigene Vermutungen geäußert. Trotzdem kann er von Beginn an die Vermutungen nachvollziehen oder eine Auswahl treffen und schon an Messzeitpunkt 4 die erste Vermutung selbstständig mit Unterstützung formulieren. Ab Messzeitpunkt 7 äußert er immer häufiger mit und ohne Unterstützung Vermutungen, wobei er an zwei

Wiederholungsterminen auf Vorgaben zurückgreift. Erst ab Messzeitpunkt 14 kann er durchgehend ohne Hilfestellung eigenständig Vermutungen formulieren. Teilweise sind seine Vermutungen ziemlich ausgefallen, beziehen sich aber immer auf die Fragestellung. Er hat also über die Zeit den Begriff der Vermutung verstanden und verinnerlicht und kann sicher eigene entwickeln. Die Entwicklung zum *Durchführen* der Experimente ist sehr wechselhaft. An den ersten vier Messzeitpunkten ist er in der ersten Stunde auf eine Unterstützung und bei den Wiederholungsstunden auf keine Unterstützung bei der Durchführung auf Grundlage der Experimentiervorschrift angewiesen. An Messzeitpunkt 6 kann er erstmals ein Experiment ohne Anleitung durchführen. Die anschließenden Messzeitpunkte verwendet er bis zu Messzeitpunkt 13 wieder eine Vorlage. Ab diesem Zeitpunkt arbeitet er immer häufiger eigenständig, ohne eine Experimentieranleitung zu benötigen. Die Entwicklung scheint zwischen einer eigenständigen Durchführung und einer Durchführung nach Experimentiervorschrift ohne Unterstützung zu wechseln. Obwohl er die Lernstation an Messzeitpunkt 17 eigenständig durchführen kann, nutzt er in der Wiederholungsstunde die Anleitung, was darauf zurückzuführen ist, dass in der Stunde wenig Zeit ist und die Lehrkraft die Schüler darum bittet, die Anleitung zu verwenden. An den Messzeitpunkten 21 und 22 wird die gleiche Lernstation erarbeitet, die viele Schritte umfasst. Zudem enthält die Lernstation das Puzzle, dem Wolfgang sehr abgeneigt ist und welches daher ebenfalls Einfluss auf sein Verhalten nimmt. Den Beobachtungen zufolge lässt sich vermuten, dass sich Wolfgang den Ablauf der Durchführung gut merken kann. Einfachere Durchführungen mit weniger Schritten kann er sicher alleine bewältigen, während er bei komplexeren Abläufen auf die Anleitung zurückgreift. Es zeigt sich deutlich, dass Wolfgang bei der praktischen Umsetzung sehr viel Freude hat, und trotz der Tatsache, dass er eher weniger gerne alleine arbeitet, große Motivation bei den Einzelaufträgen mitbringt.

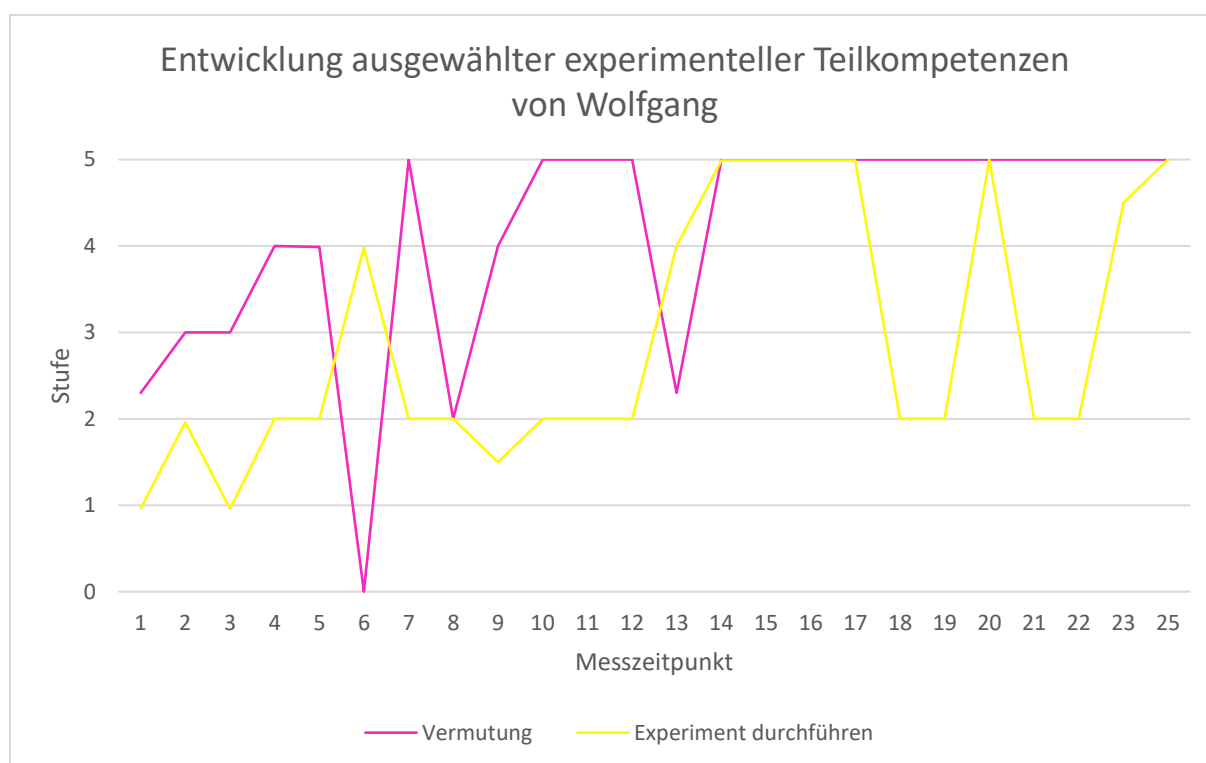


Abbildung 71: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung und Experiment durchführen von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Grundsätzlich zeigt Wolfgang eine große Bereitschaft, Neues zu lernen. Besonders bei den Themen, die ihn interessieren, arbeitet er motiviert mit und treibt das Unterrichtsgespräch mit seinen Wortbeiträgen voran. Während der Unterrichtsstunden richtet er von sich aus den Blick auf den Forscherkreislauf und nutzt die angezeigten Phasen zu seiner eigenen Orientierung. Trotzdem benötigt er im Unterricht weiterhin die vorgegebene Strukturierung des Ablaufs durch die Lehrkraft. Er hat sich über das gesamte Schuljahr in allen Teilkompetenzen stark entwickelt und hält einige davon bis zum Ende recht konstant auf einer Stufe, in der er ohne Experimentieranleitung, aber mit guter Vorstrukturierung im Unterricht arbeiten kann.

Verständnis des Forscherkreislaufs


Wolfgang hat an den ersten vier Erhebungszeitpunkten teilgenommen. Beim Endstand war er krank und es bestand keine Möglichkeit, den Termin nachzuholen. Die Begriff-Piktogramm-Zuordnung ist bis auf die Beobachtung bei dem ersten Messzeitpunkt (Ausgangslage) falsch. Auch die Reihenfolge lässt keine logische Struktur erkennen. Bereits nach den ersten Lernstationen kann Wolfgang drei Begriffe den richtigen Piktogrammen zuordnen. Auch einen Teil der Abfolge beim Experimentieren hat er sich durch das Durchführen der Lernstationen eingeprägt. So ist ihm bewusst, dass Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren aufeinanderfolgen und das Ergebnis am Ende steht. Nach der Einführung des Forscherkreislaufs und der Besprechung der Phasen kann Wolfgang den Piktogrammen alle Begriffe sicher zuordnen. Bei der Reihenfolge benötigt er noch etwas Zeit,

um sich diese einzuprägen. Während er die Abfolge von Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Ergebnis richtig an das Ende stellt, vertauscht er die weiteren Phasen. Auf Nachfrage beschreibt er die Bedeutung des Begriffs Vermutung und erkennt seinen Fehler. Auch die richtige Reihenfolge von Vermutung und Fragestellung kann er nach Aufforderung richtig korrigieren. Am letzten Termin legt Wolfgang die Zuordnungen und die Reihenfolge sehr zielsicher und schnell.

Insgesamt zeigt Wolfgang, dass er den Forscherkreislauf durch die gemeinsame Besprechung im Unterricht und der anschließenden Anwendung während der Lernstationen immer besser verinnerlicht hat und am Ende gibt er sicher den Ablauf beim Experimentierprozess an (siehe Tabelle 57). Er ist der einzige der Klasse, der sich im Unterrichtsverlauf eigenständig und ohne Aufforderung, an den Phasen des Forscherkreislaufs orientiert und sich somit die nächste Phase ohne Ankündigung der Lehrkraft erschließt. L1 ist der Meinung, dass Wolfgang durch die selbstständige Bezugnahme des Forscherkreislaufs diesen verstanden sowie abgespeichert hat und er den Forscherkreislauf auch bei weiteren Erhebungen fehlerfrei legen kann.

Tabelle 57: Gelegter Forscherkreislauf von Wolfgang über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3 (11.06.2021)	Endstand
Fragestellung 				✓	entfällt
Vermutung 				✓	
Experiment planen 				✓	
Experiment durchführen 				✓	
Beobachten 				✓	
Ergebnis 				✓	
Dokumentieren 		✓	✓	✓	

Interesse und Motivation

Die Experimente haben Wolfgang viel Spaß gemacht. Insbesondere die tatsächliche Durchführung der Experimente hat ihm gut gefallen. Durch die gemeinsamen Gespräche wusste er immer, was er braucht und konnte bei Unklarheiten Fragen stellen. Er gibt an, selbst wenig eigene Ideen gehabt zu haben, wie er die Problemstellungen ohne vorgegebene

Materialien lösen kann. Das freie Experimentieren fand er persönlich spannender als die Anleitungen, obwohl auch diese spannend waren. Meist war er schneller fertig als seine Mitschüler. Das Klassenteam gibt an, dass die Entscheidung ihm keine zusätzlichen Materialien zu geben sehr sinnvoll war, da Wolfgang gemerkt hätte, dass er mehr arbeiten muss und dadurch langsamer gearbeitet hätte. Zudem wäre eine weitere Aufgabe zu anstrengend gewesen. So hat er die Inhalte einer Lehrkraft noch einmal erklärt oder früher mit dem Dokumentieren begonnen. Wolfgang möchte auch im nächsten Schuljahr gerne weiter Experimentieren. Obwohl er im Interview angibt, wegen seiner Freizeit und dem Fußballspielen zu Hause eher nicht zu experimentieren, führt er die Lernstation *Wasserkreislauf im Glas* durch und schickt ein Foto davon.

Wolfgang haben die beiden Forscheraufträge *Ölkatastrophe* und *Rätsel ums Klärwerk* am besten gefallen. Aufgrund des Puzzles bewertet er die Lernstation *Durstige Bäume* am schlechtesten.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Wolfgang kann am Ende des Schuljahres ohne Hilfestellung alle drei Themen benennen. Auch an die meisten Lernstationen kann er sich eigenständig erinnern, nur bei drei von elf bekommt er zur Unterstützung die Titel und Titelbilder vorab gezeigt. Die Besprechung der einzelnen Lernstationen und deren Inhalte findet in folgender Reihenfolge statt und sie sind in Wolfgangs Worten zusammengefasst:

- *Wie Regenwürmer atmen:* Die Regenwürmer atmen durch die Löcher im Boden, da die Löcher mit Sauerstoff gefüllt sind. Wenn es regnet kommt Wasser in die Löcher und der Regenwurm kommt nach oben.
- *Durstige Bäume:* Besonders prägnant ist Wolfgang das verhasste Puzzle im Gedächtnis geblieben. Die Bäume trinken durch die Wurzeln, die das Wasser nach oben transportieren oder speichern.
- *Wettlauf ums Trinkwasser:* Die Frage war, wieviel Wasser die Fabrik bzw. die Menschen pumpen können. Die Fabrik kann mehr pumpen, da sie tiefere Brunnen hat, was nicht fair ist.
- *Von Eierschalen und Korallenriffen:* Korallenriffe sind bunte Pflanzen, die unter Wasser leben und aus Kalk bestehen. In Wasser löst sich Kalk nicht auf, während sich Kalk in Essig auflöst.
- *Hochwassergefahr:* Wenn der Traktor über die Erde fährt und den Boden verhärtet, dann bleibt das Wasser auf dem Boden stehen, es kommt zur Überschwemmung. Ohne dass der Traktor über den Boden gefahren ist, geht das Wasser durch.
- *Rätsel ums Klärwerk:* Das Experiment hat gezeigt, wohin das Wasser aus der Toilette geht und wie es im Klärwerk sauber gemacht wird. Im Rechen, einer Art Sieb, bleiben

große Sachen hängen. Außerdem dürfen wir nicht zu viel Toilettenpapier in die Toilette werfen, da diese sonst verstopft.

- *Blub, blub*: Es geht um Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid atmen wir aus und Sauerstoff ein. Mehr Inhalte sind nicht mehr bekannt.
- *Naturfilter*: Wolfgang kann die Bodenschichten fehlerfrei in der richtigen Reihenfolge aufzählen. Das Wasser wird durch die Bodenschichten gefiltert, d. h., es wird gesäubert. Am besten säubert die Erde, dann der Sand, der Lehm und am schlechtesten der Kies. Das Wasser, das nach dem Filtern durch die Schichten unten herauskommt, ist unser Grundwasser.
- *Boden als Schadstofffilter*: Der Schaum ist nicht gut für die Erde, weil Schadstoffe darin sind, die den Pflanzen und Tieren schaden.
- *Feind der Tiere*: Müll im Meer ist nicht gut für die Tiere, da sie den Müll fressen oder sich darin verfangen können. Daher sollte der Müll immer in den Mülleimer geworfen werden.
- *Ölkatastrophe*: Es ist nicht gut, wenn Öl in das Meer reingeht, da man das Öl nicht mehr ganz rausbekommt und das den Tieren schadet.

Anhand seines Lieblingsexperiments *Ölkatastrophe* und der Lernstation *Wettlauf ums Trinkwasser* bespricht Wolfgang die einzelnen Phasen. Ohne Anleitung durchläuft er die Phasen Frage, Material, Durchführung, Beobachtung und Ergebnis von beiden Lernstationen. Über alle Lernstationen hinweg kann sich Wolfgang an viele inhaltliche Aspekte erinnern. Probleme zeigen sich teilweise bei der Einordnung in den naturwissenschaftlichen Hintergrund. Über die Lernstation *Blub, blub* kann er keine Angaben machen. L1 gibt an, dass sich Wolfgang in der Wiederholungsstunde immer gut an die vorherige Stunde erinnern konnte und sein Wissen häufig mit seinen Mitschülern geteilt hat. Die Begrifflichkeiten der Geräte und Chemikalien beherrscht er recht schnell und lernt diese mit der Zeit entsprechend ihrer Funktionsweise zu benutzen, beispielsweise indem er bei dem Becherglas das Wasser über die Öffnung ausschüttet.

6.6.3.7 Ergebnisse der Klasse 8-9

Die Klasse 8-9 setzt sich aus vier Schülern im Alter von 14 bis 15 Jahren zusammen. Eine Schülerin hat eine Komplexe Behinderung und nimmt nicht aktiv am Unterrichtsgeschehen teil. Ein weiterer Schüler aus der zehnten Klasse war im vorherigen Schuljahr ein Mitschüler und kommt zu den Unterrichtsstunden in die Klasse. Tabelle 58 gibt einen Überblick über den Ablauf der Lerneinheiten mit ihren Lernstationen, den Terminen sowie den Abwesenheiten.

Tabelle 58: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden in Klasse 8-9 (an den dick geschriebenen Terminen wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt)

Messzeitpunkt	Datum	Was wird gemacht?	erkrankt / im Vertretungsunterricht
2020			
Einstieg			
-	Freitag, 21.08.	Kennenlernen, Forschermappe entwerfen, kleines Experiment durchführen (Regenbogen)	
-	Freitag, 28.08.	Geräte / Chemikalien kennenlernen	
-	Freitag, 04.09.	→ Zuordnung und Memory	
-	Freitag, 11.09.	11.09: Stand Forscherkreislauf (Ausgangslage)	
-	Freitag, 18.09.	Regeln beim Experimentieren	
-	Freitag, 25.09.	→ gemeinsames Plakat und Arbeitsblatt	
-	Freitag, 02.10.	Experiment unter Beachtung der Sicherheitsregeln durchführen (Superabsorber)	
-	Freitag, 09.10.		
42 + 43 (12.10. - 25.10.) Herbstferien			
Experimente zu SDG 6: Thema „Wasser“			
1	Freitag, 30.10.	Experiment 1: Wettlauf ums Trinkwasser (SDG 6)	
2	Freitag, 06.11.	Experiment 2: Naturfilter (SDG 6)	
3	Freitag, 13.11.	Experiment 3: Boden als Schadstofffilter (SDG 6)	Nina
4	Freitag, 20.11.	Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2 kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe)	Jan (Nachholtermin Jan: 26.02.)
5	Freitag, 27.11.	11.12: Stand Forscherkreislauf (1. Zwischenstand)	
6	Freitag, 04.12.		
-	Freitag, 11.12.		
21.12. - 03.01. Weihnachtsferien			
2021			
Experimente zu SDG 14: Thema „Meere und Ozeane“			
-	04.01. – 12.03.	Schulen aufgrund von Corona geschlossen	
-	Freitag, 26.02.	Forscherkreislauf am Beispiel von Experiment 2 kennenlernen (Tafelbild, Forscherscheibe)	Sven
-	Dienstag, 02.03.		Jan, Sven
7	Freitag, 05.03.	Experiment 4: Von Eierschalen und Korallenriffen	Gabriel, Sven
8	Dienstag, 09.03.		Jan, Sven
9	Freitag, 12.03.	Experiment 5: Blub, blub	Sven
10	Dienstag, 16.03.	Experiment 6: Feind der Tiere	Sven
11	Freitag, 19.03.	Spiel: Memory und Fischfangreise	Jan, Sven
12	Dienstag, 23.03.	26.03: Stand Forscherkreislauf (2. Zwischenstand)	Sven
-	Freitag, 26.03.		
29.03. – 06.04. Osterferien			
13	Freitag, 16.04.	Experiment 7: Rätsel ums Klärwerk	Sven
14	Dienstag, 20.04.		Sven
15	Freitag, 23.04.	Experiment 8: Ölkatastrophe	Jan, Sven
16	Dienstag, 04.05.	Schulen aufgrund von Corona geschlossen	Gabriel, Jan, Sven
-	22.04. – 07.05.		
Experimente zu SDG 15: Thema „Tiere und Pflanzen“			
17	Dienstag, 11.05.	Experiment 9: Wie Regenwürmer atmen	Jan, Sven
18	Dienstag, 18.05.	Experiment 10: Hochwassergefahr	Jan, Sven
19	Freitag, 21.05.		Jan, Sven
24.05. - 04.06. Pfingstferien			
20	Freitag, 11.06.	Experiment 10: Hochwassergefahr	L4, Jan
21	Freitag, 18.06.	Experiment 11: Durstige Bäume	L4, Jan
22	Freitag, 25.06.	Experiment 11: Durstige Bäume	L4, Gabriel, Jan
-	Dienstag, 29.06.	Stand Forscherkreislauf (3. Zwischenstand)	L4, Jan
eigenes Experiment entwickeln			
23	Freitag, 02.07.	Experiment 12: Eigenes Experiment zu Löslichkeit in Wasser	L4, Jan
-	Freitag, 09.07.	Interview der Schüler	L4, Jan
-	Dienstag 29.06. bzw. Freitag 02.07. bzw. Donnerstag, 02.09.	Interview Jan nachholen	L4, Jan
19.07. - 29.08. Sommerferien (letzter Schultag 16.07. entfällt)			
Experimente zu SDG 15: Thema: „Tiere und Pflanzen“			
24	Dienstag, 31.08.	Experiment 13: Geheimnisvolle Blätter	
25	Dienstag, 07.09.		
-	Donnerstag, 02.09.	Stand Forscherkreislauf (Endstand)	L5, Sven

Um einen ersten Überblick über die Entwicklung der Klasse zu erhalten, sind die Entwicklungen aller vier Schüler in Animation 7 als Verlauf über alle 25 Messzeitpunkte in einem Spinnennetz dargestellt, wobei die Farben in diesem Fall nicht den Farben der Teilkompetenzen entsprechen. Da die Animation nicht direkt sichtbar ist, zeigt Abbildung 72 den Vergleich von den Messzeitpunkten 1 und 25. In den nächsten Kapiteln werden die Fallbeschreibungen der Schüler in alphabetischer Reihenfolge vorgenommen: Gabriel, Jan, Nina und Sven. Bei der Betrachtung aller Ergebnisse ist darauf zu achten, dass neben den Pausen durch die Ferien, die Schulen zweimal aufgrund der Covid-19-Situation über einen längeren Zeitraum geschlossen waren. Bei der ersten Schulschließung waren alle Schüler der Klasse in der Notbetreuung, sodass zeitversetzt wieder mit dem Experimentieren begonnen wurde. Bei der zweiten Schließung war nur Nina in der Notbetreuung, sodass auf eine Weiterführung verzichtet wurde. Die Unterbrechung liegt zwischen den Messzeitpunkten 6 und 7 sowie den Messzeitpunkten 16 und 17.



Animation 7: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen der Klasse 8-9 über 25 Messzeitpunkte

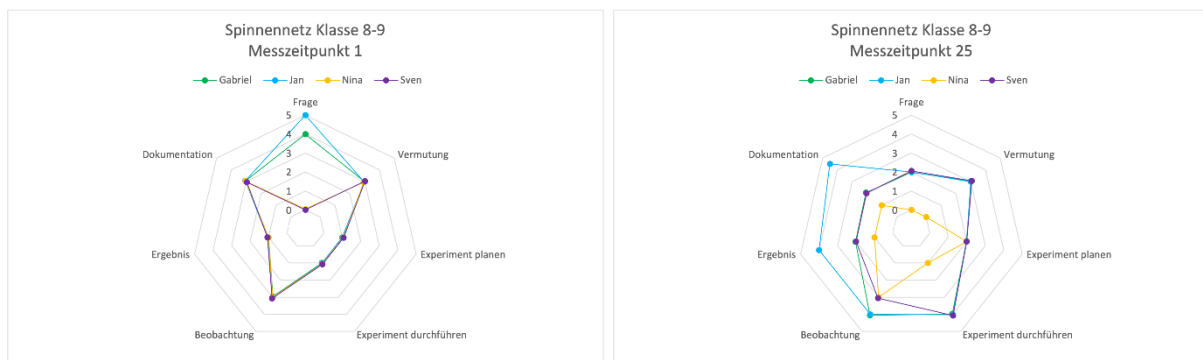


Abbildung 72: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8-9 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung

6.6.3.8 Fallbeschreibung von Gabriel

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Gabriel	
Allgemeine Daten	
Alter	14
Schulbesuchsjahr	9
relevante (Vor-) Erkrankungen	- allgemeine Entwicklungsverzögerung - diverse Augenerkrankungen (Brillenträger)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - durch Sehbehinderung auf Vergrößerungen angewiesen - sehr engagiertes Mitarbeiten - kann sich lange konzentrieren - arbeitet langsam, aber fortlaufend 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - möchte alles richtig machen - angepasst 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - kann sich sehr gut ausdrücken - wortgewandt - traut sich manchmal nicht zu sprechen und das Wort zu ergreifen 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - feinmotorische Probleme in den Händen - unbeholfen 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - vergesslich - abgeschwächte Körperwahrnehmung - lernt langsam und braucht viele Wiederholungen, um Inhalte längerfristig zu behalten 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	X
arbeitet gerne praktisch	
arbeitet gerne alleine	
arbeitet gerne in der Gruppe	X
ist interessiert an neuen Dingen	X
stellt Fragen	X
greift auf vorhandenes Wissen zurück	X
entwickelt eigene Ideen	X
stellt Vermutungen an	
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	X
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) begeisterungsfähig, (2) unsicher, (3) fragt sehr oft nach	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - begeisterungsfähig - wissbegierig - fleißig - lernwillig 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - vergrößerte Schrift (Schriftgröße 26) - Tischlampe - klare Anordnung der Materialien (Arbeitsplatzeinrichtung) - Unterscheidung Hell/Dunkel mithilfe schwarzer Unterlagen - Bildschirmlesegerät 	<ul style="list-style-type: none"> - Unsicherheit im Tun, dadurch verstärkte Unterstützung durch die Lehrperson nötig
weitere Bemerkungen	
/	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Gabriel arbeitet durchgehend mit der Experimentieranleitung in Symbolschrift. Bei ihm lässt sich die Entwicklung über einen langen Zeitraum beobachten, da er nur an drei Unterrichtsstunden nicht teilnimmt (siehe Animation 8). Sehr themenabhängig zeigt sich die Entwicklung bei der Fragestellung, Vermutung und dem Ergebnis. Ebenfalls ziemlich wechselhaft, mit zwischenzeitlichen Konstanten, werden die Planung und Durchführung des Experiments beobachtet. Die größte Stabilität weist Gabriel bei der Beobachtung und

Dokumentation auf. Im Folgenden sind die einzelnen Teilkompetenzen in Gruppierungen erläutert.



Animation 8: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)

Die Entwicklung der Fragestellung, Vermutung und des Ergebnisses wird stark von den Themen der Lernstationen beeinflusst (siehe Abbildung 73). Schon von Beginn an kann Gabriel eigenständig *Fragestellungen* formulieren. Auffällig ist, dass er in den ersten Stunden häufig auf einer höheren Stufe liegt als in den Wiederholungsstunden. Anscheinend wurde die Frage für ihn bei der ersten Bearbeitung der Lernstation schon befriedigend beantwortet. Bis einschließlich Messzeitpunkt 8 wechselt die Unterstützung beim Fragenstellen zwischen Vorgabe und eigenständiger Formulierung. An Messzeitpunkt 9 kann Gabriel erstmals ohne Hilfestellung eine Frage äußern. Ab Messzeitpunkt 11 gelingt es ihm, mit zwei Ausnahmen, durchgehend eine Frage selbstständig mit oder ohne Hilfestellung zu finden. Die Beobachtungen zeigen, dass Gabriel in der Lage ist, eigenständige Fragen sicher und beständig zu entwickeln. Diese Aussage lässt sich auch beim *Ergebnis* tätigen. Die ersten vier Messzeitpunkte benötigt er noch Unterstützung, um ein vorliegendes Ergebnis nachzuvollziehen, Messzeitpunkt 2 entfällt, da kein Ergebnis in der Stunde besprochen wurde. Die nächsten drei Messzeitpunkte kann er eine Auswahl treffen und im Anschluss ist seine Entwicklung sehr wechselhaft. Erst ab Messzeitpunkt 14 kann er konstant eigene Ergebnisse meist mit Unterstützung formulieren, wobei er dabei häufig nicht alle naturwissenschaftlichen Hintergründe erfasst. Ob der Rückgriff auf die Experimentiervorschrift an den letzten beiden Messzeitpunkten auf die langen Sommerferien oder auf das Thema zurückzuführen sind, lässt sich aus den Beobachtungen nicht schließen. Prinzipiell scheint Gabriel aber bei einer konstanten Wiederholung sicherer im Abgeben von Erklärungen zu werden. Die größte Wechselhaftigkeit zeigt sich bei der *Vermutung*. Vor der Studie geben die Lehrkraft und Pädagogischen Fachkräfte an, dass Gabriel keine oder kaum Vermutungen anstellt, auch der Begriff und dessen Bedeutung sind ihm nicht bekannt. Umso mehr verwundert es, dass Gabriel von Beginn an eine Auswahl zwischen Vermutungen treffen kann und ab Messzeitpunkt 5 regelmäßig eigene äußert. Wovon die im weiteren Verlauf wechselnde eigenständige Nennung oder Auseinandersetzung mit einer vorgegebenen Vermutung abhängt, kann nicht gesagt werden. Die Äußerung scheint stunden- und themenabhängig zu sein. Auch wenn

Gabriel prinzipiell in der Lage dazu ist eigene Vermutungen anzustellen, fällt ihm nicht in jeder Situation eine Vermutung ein.

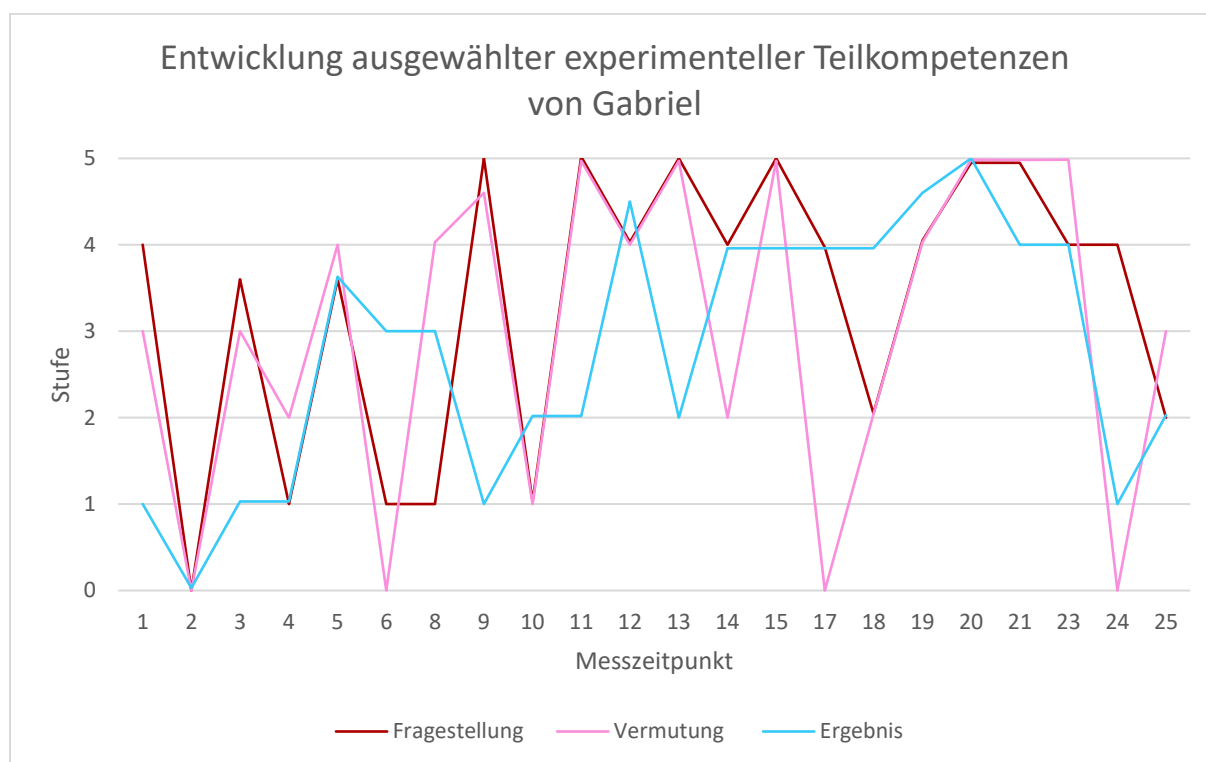


Abbildung 73: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)

Während Gabriel an den ersten drei bzw. vier Messzeitpunkten auf eine Unterstützung bei der Planung und Durchführung auf Grundlage einer vorgegebenen Experimentieranleitung angewiesen ist, kann er an den nächsten sieben bis neun Messzeitpunkten schon ohne eine Unterstützung arbeiten (siehe Abbildung 74). Nach der zunächst recht konstanten Entwicklung ergeben sich ab Messzeitpunkt 12 bzw. 13 mehrere Schwankungen, welche die Stufe 2 nie unterschreiten. Beim *Experiment durchführen* arbeitet Gabriel ab dem Messzeitpunkt 12 außer bei zwei Lernstationen ohne Experimentiervorschrift. Diese beiden Lernstationen scheinen ihm weniger zugänglich zu sein. Auch im Interview gibt er selbst an, dass er zwar gerne eigenständig experimentiert, die Anleitungen teilweise aber doch sehr hilfreich sind. Ebenso wie beim Durchführen, kann Gabriel auch bei der *Planung* der Experimente ab dem Messzeitpunkt 13 immer häufiger ohne Experimentieranleitung vorgehen. In beiden Teilkompetenzen ist in der Entwicklung abzulesen, dass Gabriel sicher alleine nach einer Anleitung ein Experiment planen und durchführen kann, teilweise lässt er dabei eigene Überlegungen einfließen. Er geht immer sehr genau und gewissenhaft vor und versucht stets, alles richtig zu machen, was ihm das Anstellen eigener Überlegungen erschwert.

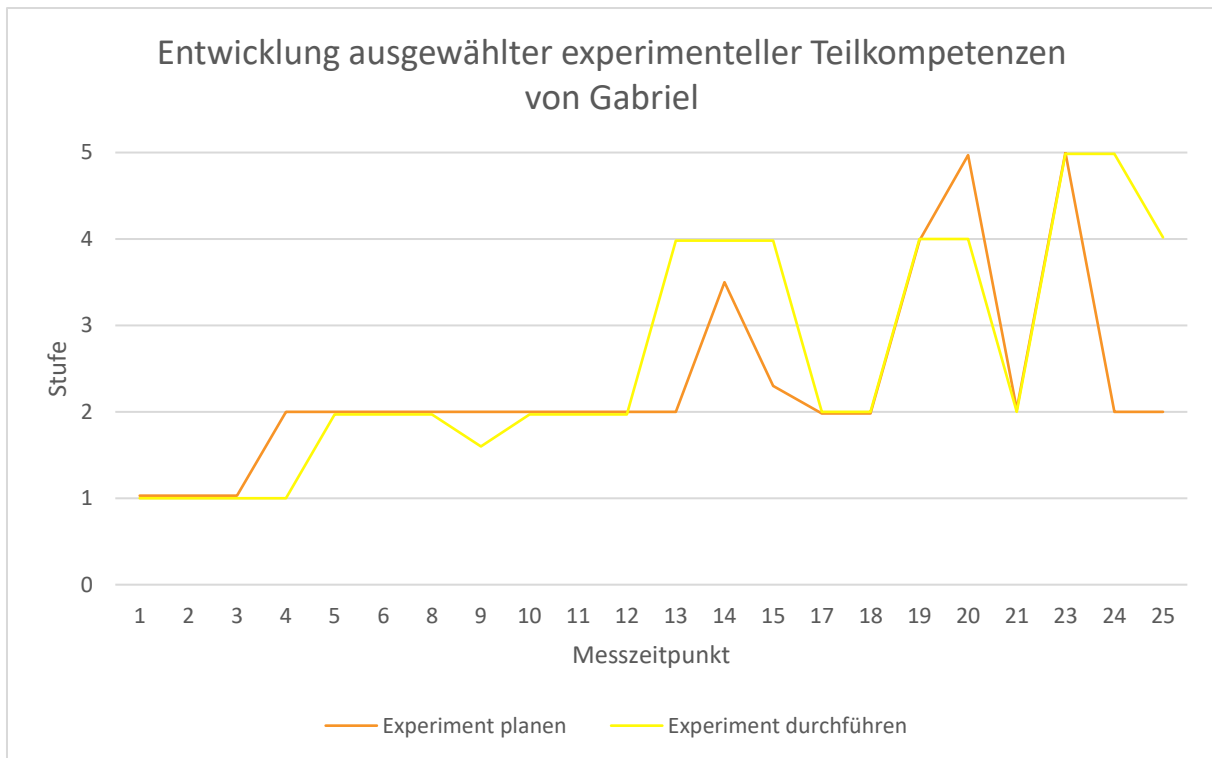


Abbildung 74: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen *Experiment planen* und *Experiment durchführen* von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)

Die höchsten und dazu noch sehr beständigsten Stufen erreicht Gabriel in den Teilkompetenzen *Beobachten* und *Dokumentieren* (siehe Abbildung 75). Schon bei der ersten Lernstation kann Gabriel eine Auswahl in der *Beobachtung* treffen, wobei Messzeitpunkt 2 aus der Wertung herausgenommen wird, da die Pädagogischen Fachkräfte keine Beobachtung eintragen. Ab Messzeitpunkt 4 ist er in der Lage, ohne Unterstützung eine Beobachtung nach Vorlage nachzuvollziehen oder mit Unterstützung eine eigene Beobachtung vorzunehmen. Im weiteren Verlauf kann Gabriel ab Messzeitpunkt 12 die Beobachtung durchgehend selbstständig mit oder ohne Unterstützung beschreiben. Ähnlich ist der Verlauf beim *Dokumentieren*, auch dort entfällt der zweite Messzeitpunkt. Von Beginn an trifft Gabriel eine Auswahl bei der Dokumentation der Beobachtung und ab dem elften Messzeitpunkt notiert er durchgehend eine eigenständige Beobachtung. Zusätzlich schreibt er schon nach wenigen Messzeitpunkten seine eigene Vermutung auf und gegen Ende notiert er auch selbst die Fragestellung. In der Wiederholungsstunde zeichnet er hingegen nur das Ergebnis auf, das er von Beginn an eigenständig vornehmen kann. Über das Schuljahr hinweg lernt er den Begriff des Dokumentierens und kann die Arbeitsblätter immer selbstständiger bearbeiten. Während er die Arbeitsblätter am Anfang noch nacheinander angereicht bekommt, erhält er ab etwa der Hälfte alle Blätter gemeinsam und bearbeitet diese strukturiert in der ihm dargebotenen Reihenfolge. Zudem vergrößert sich die Anzahl seiner Dokumentationen von ausschließlich Beobachtung, über Vermutung bis hin zur Fragestellung.

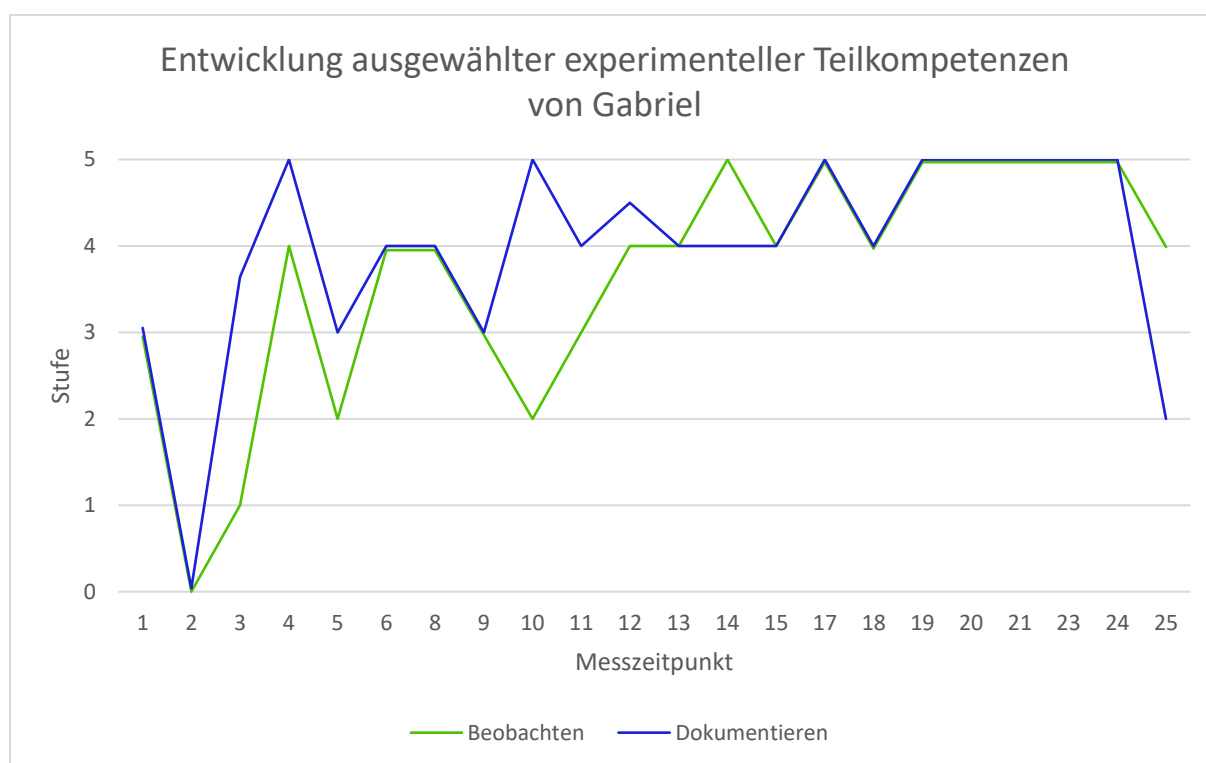


Abbildung 75: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Beobachten und Dokumentieren von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)

Zu Beginn des Schuljahres ist Gabriel sehr verunsichert, was sich dadurch zeigt, dass er häufig Nachfragen stellt und sich Bestätigungen der Lehrkraft einholt. Durch die immer gleiche Strukturierung der Unterrichtsmaterialien und der -stunde gewinnt er in dem gesamten Experimentierprozess mit der Zeit an Sicherheit und richtet deutlich weniger Rückfragen an die Lehrkraft. Die Nachfragen kommen immer wieder verstärkt auf, wenn Gabriel versuchen soll, ohne eine Experimentieranleitung vorzugehen. Nur nach Aufforderung nutzt er den Forscherkreislauf, ansonsten verlässt er sich darauf, von der Lehrkraft durch die einzelnen Experimentierphasen geleitet zu werden. Auch bei Nachfragen seitens der Pädagogischen Fachkräfte, in welcher Phase er sich gerade befindet oder welche Phase folgt, ist er häufig unsicher, obwohl er die Phase meist richtig einordnen kann. Im Hinblick auf die gesamte experimentelle Kompetenz hat Gabriel deutliche Fortschritte gemacht und viel dazugelernt. So kennt er die Bedeutung der Begriffe Vermutung und Dokumentieren sowie verschiedene Materialien, die häufig zum Experimentieren herangezogen werden. Er hat sich über die gesamte Zeit in allen Teilkompetenzen in verschiedenen Ausprägungen weiterentwickelt und die erworbenen Fähigkeiten unterschiedlich beibehalten können.

Verständnis des Forscherkreislaufs

Gabriel nimmt an allen fünf Erhebungszeitpunkten teil. Während er beim ersten Messzeitpunkt (Ausgangslage) noch fünf Fehler in der Begriff-Piktogramm-Zuordnung hat, verringert er die Anzahl bis zum nächsten Mal um mehr als die Hälfte. Das Piktogramm von Fragestellung und

Beobachtung erscheint ihm von Beginn an logisch und nur der feine Unterschied von Experiment planen und Dokumentieren kann er vor deren Besprechung noch nicht erfassen. Der Ablauf der Phasen lässt noch keine sinnige Struktur erkennen. Eine deutliche Entwicklung zeigt sich nach der gemeinsamen Besprechung des Forscherkreislaufs. Zu allen folgenden Erhebungszeitpunkten kann er die Begriff-Piktogramm-Zuordnung fehlerfrei angeben. Bei der Reihenfolge der Phase sieht es anders aus. Die letzten vier Phasen Experiment durchführen, Beobachten, Ergebnis und Dokumentieren stellt er richtig an das Ende des Zyklus. Das Experiment planen, Vermutung und Fragestellung hat er sich scheinbar als Reihenfolge eingeprägt, da er bei allen drei Terminen diese Abfolge angibt. Für ihn ist die gemeinsame Besprechung des Themas zu Beginn der Stunde eine Art Planung. Unabhängig davon wie häufig er im Unterricht auf die richtige Reihenfolge aufmerksam gemacht wird und diese auch durch die Forscherscheibe während des Experimentierens eigenständig visualisieren kann, bleibt die Verinnerlichung der falschen Schritte konstant. Gemeinsam im Gespräch ist es ihm möglich, seine Fehler zu erkennen und selbst eine Korrektur vorzunehmen.

Bei Gabriel ist deutlich zu sehen, dass er nach der Besprechung und Visualisierung des Forscherkreislaufs die Begriffe den Piktogrammen zielsicher zuordnen kann (siehe Tabelle 59). Zusätzlich kann er die Bedeutung der Begriffe erklären. Die falsche Reihenfolge, die er sich einprägt, behält er konstant bei. Daran kann auch die regelmäßige Wiederholung im Unterricht nichts ändern. Auch im Unterricht selbst kann er die Phasen ab dem Experiment durchführen eigenständig und bestimmt benennen, während er die vorherigen Phasen auf dem Forscherkreislauf nachschaut. Die Forscherscheibe selbst dreht er nur weiter, wenn er dazu aufgefordert wird. Es ist zu vermuten, dass ihn die Lernstationen schon genug Konzentration fordern und die Forscherscheibe dadurch in Vergessenheit gerät.

Tabelle 59: Gelegter Forscherkreislauf von Gabriel über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3 (29.06.2021)	Endstand (02.09.2021)
Fragestellung 					
Vermutung 		✓	✓	✓	✓
Experiment planen 					
Experiment durchführen 			✓	✓	✓
Beobachten 			✓	✓	✓
Ergebnis 		✓	✓	✓	✓
Dokumentieren 			✓	✓	✓

Interesse und Motivation

Gabriel haben alle Experimente viel Spaß gemacht, da sie sehr einfallsreich waren und er sehr viele Eindrücke bekommen hat. Auch die Durchführung hat ihm gut gefallen, besonders weil er immer wieder verschiedene Materialien verwenden konnte. Durch das Memory kannte er die Materialien mit den Geräten und Chemikalien größtenteils vorab, was ihm bei der Zuordnung während des Experimentierens sehr geholfen hat. Auch die gemeinsamen Gespräche in der Klasse waren ihm eine große Unterstützung. Obwohl es Spaß gemacht hat selbst Inhalte herauszufinden, waren bei manchen Experimenten die Anleitungen sehr hilfreich. Im neuen Schuljahr würde er, wenn die Möglichkeit besteht, sehr gerne weiter Experimentieren. Da er zu Hause keine Zeit hat, führt er das mitgegebene Experiment dort nicht durch und bringt es stattdessen wieder mit in die Schule, um es dort gemeinsam mit der Klasse zu bearbeiten.

Am interessantesten und somit am besten bewertet Gabriel die Lernstationen *Boden als Schadstofffilter* und *Blub, blub*. Die Lernstation *Von Eierschalen und Korallenriffen* gefällt ihm aufgrund des Essiggeruchs am wenigsten.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Am Ende des Schuljahres kann Gabriel die beiden Themen *Wasser* und *Tiere und Pflanzen* sowie durch den Tipp auf ein spezielles Wasser auch das Thema *Meere und Ozeane* eigenständig benennen. Er braucht nur bei vier von elf Lernstationen die Titel und Titelbilder, bevor er sich an diese erinnern kann. Die Besprechung der Lernstationen und deren Inhalte

erfolgt in der aufgelisteten Reihenfolge, wobei die Beschreibungen nach Gabriels Wortlaut zusammengetragen sind:

- *Wie Regenwürmer atmen:* Im Boden sind Poren, die mit Luft gefüllt sind, durch die der Regenwurm atmen kann.
- *Durstige Bäume:* Die Bäume trinken, indem sie das Wasser mit den Wurzeln aufsaugen und durch den Stamm bis in die Blätter ziehen.
- *Hochwassergefahr:* Wenn es viel regnet, kann der Boden nicht mehr so viel Wasser aufnehmen. Das liegt daran, dass der Boden zu fest ist, weil beispielsweise ein Traktor darübergefahren ist. Damit das Wasser durchkommt, muss der Boden locker bleiben.
- *Feind der Tiere:* Teilweise ist das Plastik untergegangen, teilweise ist es geschwommen, das ist abhängig davon, ob das Plastik schwerer oder leichter als Wasser ist. Wenn das Plastik im Meer ist, fressen die Tiere es, werden krank und sterben.
- *Ölkatastrophe:* Öl kann zum Beispiel von Schiffen verloren gehen und so in das Meer gelangen. Das Öl setzt sich an den Flossen von den Fischen ab, sodass diese nicht mehr schwimmen können.
- *Rätsel ums Klärwerk:* Nachdem wir auf der Toilette waren, gelangt das Toilettenpapier durch den Abfluss in das Klärwerk. Dort wird das Wasser durch den Rechen, der aus mehreren Stäben besteht, im ersten Schritt gesäubert.
- *Boden als Schadstofffilter:* Wenn das Auto im Garten gewaschen wird, dann fließt das schmutzige Wasser ins Grundwasser, das verseucht und verdreckt wird. Deshalb darf das Auto nicht auf der Wiese gewaschen werden.
- *Naturfilter:* Gabriel zählt die Bodenschichten in der richtigen Reihenfolge auf. Durch die verschiedenen Schichten wird das Wasser gereinigt, man sagt auch, es wird gefiltert.
- *Wettlauf ums Trinkwasser:* Von alleine kann Gabriel sich nicht erinnern, wer gepumpt hat. Mit einem Hinweis auf die beiden Gruppen gibt er an, dass die Fabrik mehr Wasser bekommt, da sie eine größere Pumpe hat. Der Grund dafür ist, dass die Fabrik mehr Wasser braucht.
- *Blub, blub:* Wir atmen Kohlenstoffdioxid aus.
- *Von Eierschalen und Korallenriffen:* Eierschalen und Korallenriffe bestehen aus Kalk. In Wasser verändert sich die Eierschale nicht, während sie sich in Essig auflöst.

Gabriel durchläuft die Phasen am Beispiel seines Lieblingsexperiments *Boden als Schadstofffilter*. Dabei werden die Phasen während des Gesprächs von der Verfasserin angeleitet. Beim Durchlauf der Phasen Frage, Vermuten, Planen, Durchführen, Beobachten und Ergebnis muss er immer wieder erinnert werden, diese erst zu beenden, bevor er in die nächste Phase übergeht. Das Ergebnis kann er vom naturwissenschaftlichen Hintergrund nicht vollständig korrekt angeben.

Insgesamt hat Gabriel zu allen Lernstationen Teilaspekte behalten, von denen er einige Inhalte konkreter benennt als andere. Bei den meisten Lernstationen hat er Probleme, sich den Kontext des naturwissenschaftlichen Hintergrunds vorzustellen.

6.6.3.9 Fallbeschreibung von Jan

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Jan	
Allgemeine Daten	
Alter	14
Schulbesuchsjahr	9
relevante (Vor-) Erkrankungen	- allgemeine Entwicklungsverzögerung - diverse Augenerkrankung (Brillenträger)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - unsortiert - unkonzentriert - braucht eine sehr strukturierte Arbeitsumgebung und klare Arbeitsaufträge - viele Wiederholungen nötig - arbeitsscheu, was Schreiben betrifft und wenn er glaubt, es nicht zu können 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - vorlaut - tendiert dazu, andere zu dominieren - er möchte der Beste, der Schnellste... sein - wirkt schnell gelangweilt, wenn es nicht schnell voran geht - Regeln brauchen Zeit, bis er sie verinnerlicht hat 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - Probleme sich auszudrücken - Fehlen der Worte - geringer Wortschatz - spricht gerne und viel 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - ungeschicktes Bewegen - feinmotorisch geschickt 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - vorschnelles Handeln - keine Geduld, „jetzt und sofort“ - Dinge, die ihn interessieren, behält er gut, den Rest vergisst er schnell 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	X
arbeitet gerne praktisch	X
arbeitet gerne alleine	
arbeitet gerne in der Gruppe	X
ist interessiert an neuen Dingen	X
stellt Fragen	X
greift auf vorhandenes Wissen zurück	X
entwickelt eigene Ideen	X
stellt Vermutungen an	X
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) begeisterungsfähig, (2) Überschusshandlungen, (3) vorschnelles Handeln	
besondere Stärken	
<ul style="list-style-type: none"> - sehr interessiert an neuen Dingen - offen - aufgeschlossen 	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
<ul style="list-style-type: none"> - geordneter Arbeitsplatz - gute Ausleuchtung, blendfreie Umgebung - vergrößerte Schrift (Schriftgröße 20) - überschaubare Abbildungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Konzentration - Ausdauer - Sorgfalt
weitere Bemerkungen	
/	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Es ist sehr schwierig, eine aussagekräftige Entwicklung von Jan zu beschreiben, da er über die Hälfte der Erhebungstermine nicht anwesend ist. Die große Anzahl an Fehltagen ist auf die Covid-19-Situation zurückzuführen, wegen der Jan zwischen den Osterferien und Sommerferien die Schule nicht besucht. Bis einschließlich Messzeitpunkt 7 arbeitet Jan mit

der Experimentieranleitung in Symbolschrift, danach wird gemeinsam im Klassenteam besprochen, ihm die Vereinfachte Sprache anzubieten und zu testen, wie gut er damit arbeiten kann. Da er eine hohe Lesekompetenz hat, kommt er gut mit der neuen Anleitung zurecht, muss aber regelmäßig darauf hingewiesen werden, aufmerksam zu lesen. Betrachtet man die Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen lassen sich Unterschiede herausstellen (siehe Animation 9). Bei der Teilkompetenz Experiment planen ist nach den ersten beiden Erhebungszeitpunkten keine ansteigende Entwicklung mehr zu beobachten. Sehr wechselhaft zeigen sich die experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis. Ein zunehmender Anstieg der Fähigkeiten lässt sich am ehesten bei den Teilkompetenzen Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren feststellen. Nachfolgend werden die Entwicklungen der einzelnen experimentellen Teilkompetenzen genauer ausgeführt.



Animation 9: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)

Die *Planung* von Experimenten nimmt Jan zu den ersten beiden Messzeitpunkten durch die Unterstützung einer Lehrkraft und einer vorgegebenen Experimentieranleitung vor (siehe Abbildung 76). Ab dem dritten Messzeitpunkt greift er weiterhin auf eine Experimentieranleitung zurück, benötigt aber keine Unterstützung mehr. Ausschließlich an Messzeitpunkt fünf äußert Jan eine eigene Idee zur Beantwortung der Frage, da diese nicht umfassend genug ist, bedarf es doch wieder der Vorschrift. Ob Jan sich bei weniger Unterbrechungen in dieser Teilkompetenz weiter hätte entfalten können, lässt sich durch die Studie nicht sagen.

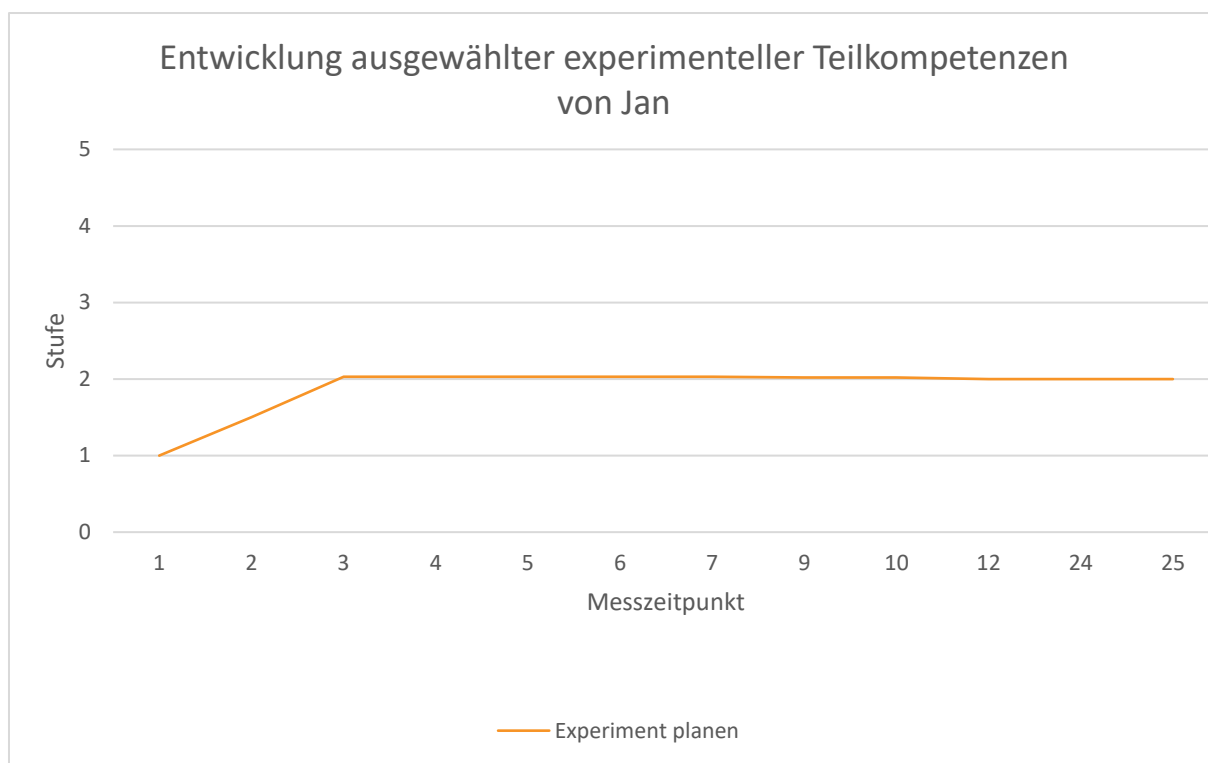


Abbildung 76: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz *Experiment planen* von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)

Sehr wechselhaft und mit kaum erkennbarer Struktur zeigt sich die Entwicklung der Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis (siehe Abbildung 77). Das Klassenteam gibt vorab an, dass Jan sowohl Fragestellungen als auch Vermutungen äußern kann. Er ist der einzige Schüler der gesamten Studie, dem der Begriff und die Bedeutung der *Vermutung* bereits bekannt sind. Über die gesamte Zeit kann er zwischen Vermutungen wählen, vorgegebene Vermutungen nachvollziehen oder eigenständig Vermutungen äußern. Bei den beiden Terminen mit der Stufe 0, haben die Beobachter keinen Wert in den Beobachtungsbogen eingetragen, weshalb die Stufe 0 zugordnet wird, ohne zu wissen, welche Fähigkeit Jan gezeigt hat. Schon in der ersten Stunde kann Jan ohne Unterstützung eine eigene *Frage stellen*. In den weiteren Unterrichtsstunden stellt Jan immer wieder eigene Fragen, genauso häufig greift er auf Vorgaben zurück. Da Jan im Interview angibt, die meisten Inhalte gekannt zu haben, ist zu vermuten, dass er nur bei den Lernstationen Fragen formuliert, bei denen er meint, noch Unklarheiten zu haben. Zudem stellt er in den ersten Stunden häufiger Fragen als bei den Wiederholungen. Werden ihm Fragen vorgegeben, kann er diese trotzdem häufig nicht beantworten. Wenn man Jan glaubt, dass ihm alle Inhalte vorab bewusst sind, könnte man annehmen, dass er zu allen Lernstationen die *Ergebnisse* eigenständig angeben kann, dem ist allerdings nicht so. An den ersten beiden Lernstationen ist er auf eine Erklärung durch die Lehrperson angewiesen. Über die Wiederholungsstunde lässt sich keine Aussage treffen, da diese von den Beobachtern nicht in den Bogen eingetragen wurde. Ab Messzeitpunkt 5 kann Jan an insgesamt drei Messzeitpunkten mit Unterstützung, aber ohne

Vorlage, ein Ergebnis äußern, während er zu den anderen Messzeitpunkten die Erklärung weiterhin gemeinsam mit der Lehrkraft erarbeitet.

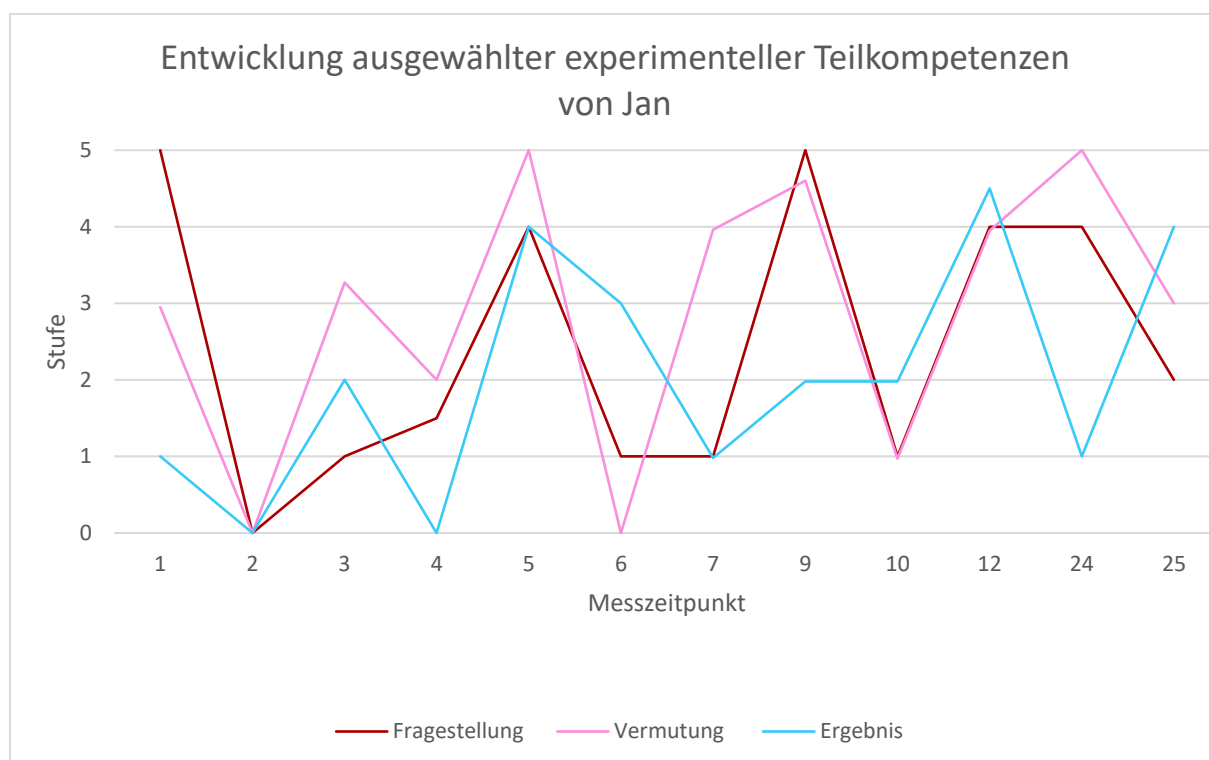


Abbildung 77: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)

Am deutlichsten lässt sich eine Entwicklung in den experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren verzeichnen (siehe Abbildung 78). Zu den ersten zwölf Messzeitpunkten ist Jan nur bei den Messzeitpunkten 1 und 9 auf eine Unterstützung bei der *Durchführung* der Experimente nach Anleitung angewiesen, während er ansonsten auf die Unterstützung verzichtet. Es ist zu vermuten, dass Jan an Messzeitpunkt 9 die Unterstützung benötigt, da er in dieser Stunde das erste Mal mit der neuen Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache arbeitet. An den letzten beiden Erhebungsterminen arbeitet Jan ohne Experimentieranleitung, was vermutlich auf die Thematik der Lernstation zurückzuführen ist. Über die gesamte Zeit stellen die Beobachter fest, dass Jan durchgehend sehr unstrukturiert und „chaotisch“ arbeitet. So befüllt er zum Beispiel ein Becherglas nicht auf dem Tisch, sondern auf seinem Schoß, obwohl er aus anderen Stunden und auch den Vorbesprechungen zum Experimentieren weiß, wie er vorzugehen hat. Bei der *Beobachtung* der Experimente kann sich Jan schlecht fokussieren. Schon vor dem Start der Unterrichtsreihe gibt das Klassenteam an, dass Jan Objekte und Sachverhalte eher nicht beobachten und beschreiben kann. Trotzdem kann er schon ab dem vierten Messzeitpunkt immer wieder eigene Beobachtungen vornehmen, wobei er häufig angehalten werden muss, genau zu schauen. Auch im Weiteren wechselt die Beobachtung

zwischen einer Vorlage ohne Unterstützung, einer Auswahl oder Betrachtung ohne Experimentiervorschrift, am häufigsten ist er auf den Stufen ohne vorgegebene Anleitung. In der letzten Teilkompetenz *Dokumentieren* kann kein Unterschied in der Notierung von Beobachtung und Ergebnis festgestellt werden. Während Jan die Dokumentation zu Beginn durch eine Auswahl oder Vorgabe vornimmt, füllt er ab Messzeitpunkt 6 mit einer Ausnahme eigenständig die Arbeitsblätter aus. Da er häufig unstrukturiert arbeitet, bekommt er die Arbeitsblätter meist nacheinander gereicht, damit er eine Aufgabe zu Ende führt, bevor er mit der nächsten beginnt. Prinzipiell weiß er aber, welche Dokumentationsbögen er alle benötigt. Schon von Beginn an kann er neben der Beobachtung seine Vermutung und recht schnell auch die Fragestellung eigenständig aufschreiben. Ab dem Themenfeld „Meere und Ozeane“ bekommt er Zusatzaufgaben gereicht, da er beim Durchführen der Experimente deutlich schneller ist als seine Mitschüler und selbst wünscht, statt zu warten eine alternative Aufgabe angeboten zu bekommen. Diese Aufgaben will er schnell erledigen und achtet währenddessen nicht auf eine ordentliche Satzstellung, obwohl er darum gebeten wurde. In allen drei Teilbereichen scheint die lange Pause keine Auswirkung auf Jans Fähigkeiten zu haben.

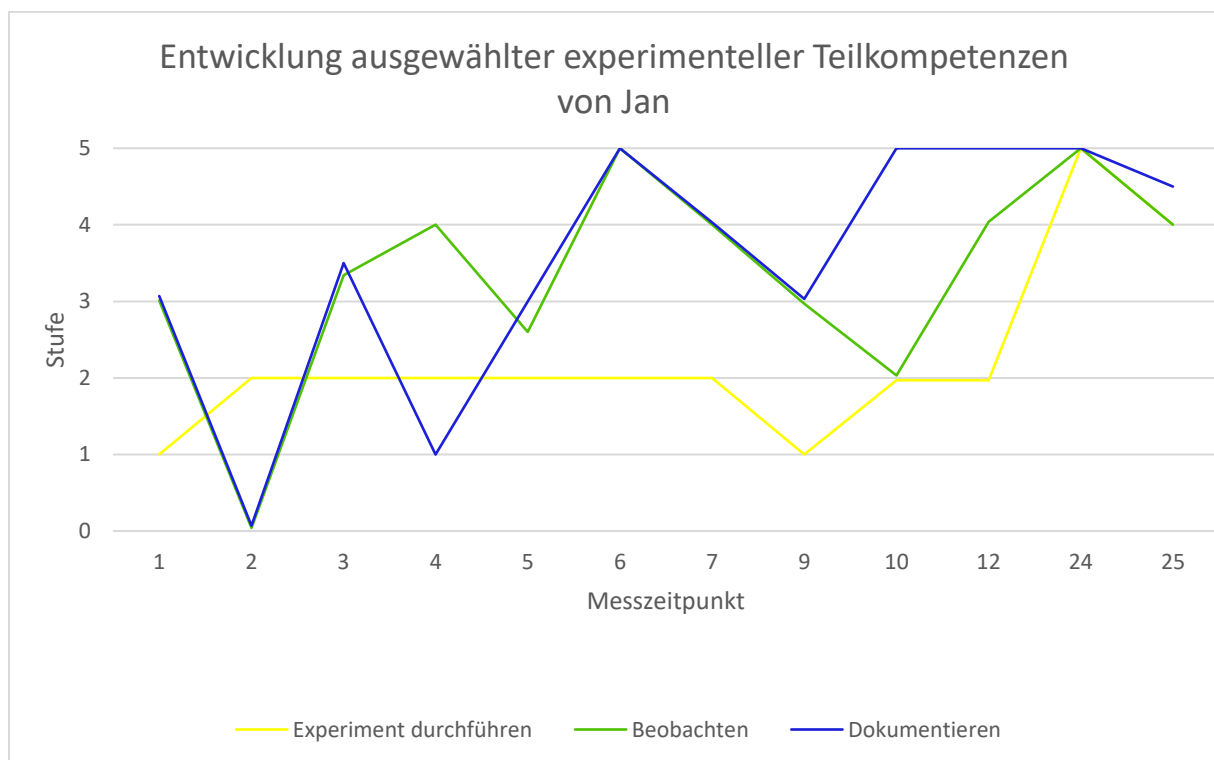


Abbildung 78: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen *Experiment durchführen*, *Beobachten* und *Dokumentieren* von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)

Von Beginn an bringt Jan im Schnitt die meisten Kompetenzen mit, jedoch ohne Beständigkeit. Insgesamt lässt sich in drei experimentellen Teilkompetenzen eine deutliche Entwicklung verzeichnen, während die anderen vier Teilkompetenzen wechselhafte Werte aufzeigen. Die Fachbegriffe der Geräte hat er mit der Zeit in seinen Wortschatz aufgenommen, teilweise aber

noch Schwierigkeiten, diese konstant abzurufen. Jan hat bis zum Ende Probleme, den Ablauf des Experimentierprozesses und sein eigenes Arbeiten zu strukturieren und wird immer wieder darauf hingewiesen. Ohne Aufforderung nutzt er auch den Forscherkreislauf kaum, weiß die Stufen auf Nachfrage aber sicher zu benennen.










Verständnis des Forscherkreislaufs

Jan nimmt an insgesamt vier der Erhebungen zum Verständnis des Forscherkreislaufs teil. Zwischenstand 1 wird mit ihm zu einem späteren Zeitpunkt nachgeholt, da er bei dem regulären Termin krank ist und anschließend die Schulen wegen Covid-19 geschlossen waren. Auch der Zwischenstand 3 entfällt aufgrund von Covid-19 und kann wegen Jans längerfristigem Fehlen in der Schule nicht nachgeholt werden. Bei Jan zeigt sich die schnellste Entwicklung. Schon bei dem ersten Messzeitpunkt (Ausgangslage) hat er außer dem Experiment planen und Dokumentieren alle Begriffe den richtigen Piktogrammen zugeordnet. Er ist zudem der einzige, der von Beginn an weiß, was das Wort Vermutung bedeutet und wodurch ein Nachdenken symbolisiert wird, da ihm die Gedankenblase aus Comics bekannt ist. Hingegen ist die Reihenfolge noch ohne sichtbare Struktur. Nachdem die ersten Lernstationen durchgeführt wurden und Jan die meisten Piktogramme gesehen hat, sind von diesem Zeitpunkt an alle Zuordnungen korrekt. Bei der Reihenfolge sind nur die letzten beiden Phasen richtig angeordnet. Auch beim nächsten Termin liegen noch Fehler im Ablauf vor. Jan vertauscht zu Beginn die Vermutung und die Fragestellung. Er fühlt sich zu sicher und meint, dass das Legen für ihn zu einfach ist. Aus diesem Grund geht er sehr schnell vor und konzentriert sich nicht genug, obwohl zu vermuten ist, dass er die richtige Reihenfolge beherrscht. Im Endstand legt Jan den Forscherkreislauf schnell und zielsicher. Bei der Beschreibung des Kreislaufs hat er Probleme. Er weiß, dass der Kreislauf den Ablauf des Experiments angibt, kann den Begriff Forscherkreislauf allerdings nicht gut behalten.

Insgesamt merkt sich Jan den Forscherkreislauf mit seinen Begriff-Piktogramm-Zuordnungen sowie den richtigen Ablauf der Phasen nach den ersten Lernstationen und der Besprechung des Forscherkreislaufs sehr gut (siehe Tabelle 60). Der Verlauf zeigt, anders als von Jan im Interview angegeben, dass er den Forscherkreislauf nicht schon vor dem Beginn der Lerneinheiten kannte und sich sein Wissen diesbezüglich erst aufbauen musste. Während des Unterrichts wird Jan immer wieder nach der derzeitigen oder nachfolgenden Phase gefragt und kann diese meist passend benennen.

Tabelle 60: Gelegter Forscherkreislauf von Jan über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (26.02.2021)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3	Endstand (02.09.2021)
Fragestellung 				entfällt	
Vermutung 					
Experiment planen 					
Experiment durchführen 					
Beobachten 					
Ergebnis 					
Dokumentieren 					

Interesse und Motivation

Die Aussagen, welche Jan im Interview gibt, unterscheiden sich von den Beobachtungen, die das Klassenteam während des Unterrichts gemacht hat. Im Interview gibt Jan an, dass die Experimente okay waren, er aber nicht so viel Spaß hatte, da ihm die meisten Inhalte schon vorab bekannt waren. Die Einstiegsphase und das Ergebnis hat er für sich als zu ausführlich erlebt. Er vermutet aber, dass es für die anderen Schüler, zu Beginn der Unterrichtsstunde nötig war, den Lerninhalt so genau zu besprechen. Die Durchführung wiederum hat ihm Freude bereitet. Dabei bewertet er die Durchführung nach Anleitung oder als Forscherauftrag als gleichermaßen interessant. In allen Phasen hatte er die Möglichkeit, eigene Ideen einzubringen und hat dies seiner Meinung nach auch getan. Er würde im nächsten Schuljahr lieber nicht weiter experimentieren, da ihm alles bekannt war, bei spannenderen neuen Themen hätte er allerdings wieder Interesse. Ob er das Experiment zu Hause durchgeführt hätte, lässt sich nicht sagen, da er vor den Ferien nicht in der Schule war und die Lernstation daher noch nicht erhalten hat. Er gibt aber selbst an, dass er zu Hause nur experimentieren würde, wenn das Experiment ihn anspricht.

Das Klassenteam hat ihn anders erlebt. L4 und L5 äußern, dass sie während der Unterrichtsstunden das Gefühl hatten, dass Jan durchaus Spaß und Interesse an den Lernstationen zeigt. Er ist zwar schneller als seine Mitschüler mit der Durchführung fertig, erhält aber nach einer gewissen Zeit ein Zusatzblatt, das er zur Zeitüberbrückung ausfüllen kann. Während alle Beobachter den Eindruck haben, dass er die Zusatzblätter in der Situation gerne bearbeitet, gibt Jan im Interview an, dass diese ganz okay gewesen sind. Auch seine

Behauptung, er habe immer alles gewusst, werden vom Klassenteam und der Verfasserin nicht bestätigt, da in den Einstiegsphasen und auch bei dem Ergebnis Inhalte von ihm nicht oder fehlerhaft wiedergegeben wurden. Das zeigt sich auch bei den Interviewfragen zur Erinnerungsfähigkeit an die inhaltlichen Kontexte der Lernstationen. Und nicht nur bei den Inhalten, sondern auch bei der Durchführung und Dokumentation treten immer wieder Fehler auf. Im Allgemeinen äußert das Klassenteam, dass Jan zwar häufig schneller ist und teilweise mehr Wissen mitbringt als seine Mitschüler, aber keineswegs vorab und während des Experimentierens alle Inhalte wusste und sicher im Ablauf gearbeitet hat. Es ist wohl in allen anderen Fächern ähnlich, dass er sich selbst überschätzt und sein Wissen nicht den Tatsachen entsprechend reflektieren kann.

Jan findet die Lernstation *Naturfilter* spannend und somit am besten. Die meisten anderen Lernstationen bewertet er eher als langweilig, da ihm, seiner Meinung nach, alle Inhalte bekannt sind.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Zu Beginn des neuen Schuljahres kann Jan recht sicher alle drei Themen benennen. An die Hälfte der acht Lernstationen erinnert er sich erst nach dem Legen von deren Titeln und Titelbildern. Trotz der Betrachtung des Titelbildes der Lernstation *Feind der Tiere* und einer groben Beschreibung des Inhalts durch die Verfasserin gibt Jan an, diese Lernstation nicht durchgeführt zu haben. Den Unterlagen zufolge war er in der Wiederholungsstunde anwesend und ist in dem Beobachtungsbogen eingetragen. Bei der Besprechung der weiteren Lernstationen und deren Inhalten wird in folgender Reihenfolge vorgegangen, wobei der Wortlaut den Äußerungen von Jan entspricht:

- *Naturfilter*: Wenn das Wasser durch die Schichten sickert, wird es gesäubert, man sagt dazu auch filtern. Jan kann die Bodenschichten in der richtigen Reihenfolge aufzählen.
- *Wettlauf ums Trinkwasser*: Die Fabrik bekommt mehr Wasser als das Volk. Auf die Nachfrage, ob das gerecht ist, meint Jan, dass die Fabrik größer ist und daher mehr Wasser bekommen sollte, darüber kann man aber streiten.
- *Geheimnisvolle Blätter*: Die Blätter reinigen sich durch den Regen. Zudem bleibt der Dreck wegen der „Pollen“ nicht an den Blättern kleben. Die Reinigung von den Blättern nennt man Lotus-Effekt.
- *Boden als Schadstofffilter*: Durch das Spülmittel kommen Schadstoffe in den Boden. Der Boden ist nicht gut als Schadstofffilter. Deshalb sollten Autos auf einem extra eingerichteten Boden gewaschen werden.
- *Von Eierschalen und Korallenriffen*: Die Korallen werden wegen dem CO₂ beschädigt. CO₂ ist Kohlenstoffdioxid.

- *Blub, blub*: Die Lernstation zeigt, wie Blasen im Wasser entstehen. An die Messzylinder und den eigentlichen Hintergrund des Experiments erinnert Jan sich nicht.
- *Rätsel ums Klärwerk*: Der Rechen ist eine Art Metallgitter, der im Klärwerk große Stücke aus dem Wasser auffängt. In die Toilette dürfen nur Toilettenpapier und keine Feuchttücher geschmissen werden, da das Toilettenpapier zerfallen kann.

Mit seinen einzelnen Phasen beschreibt Jan die beiden Lernstationen *Naturfilter* und *Rätsel ums Klärwerk*. Dabei geht er eigenständig vor und braucht keine Anleitung bei dem Ablauf der Phasen Frage, Vermutung, planen, durchführen, beobachten und Ergebnis. Teilweise muss er gebremst werden, um die einzelnen Phasen intensiver auszuführen. Bei diesen Lernstationen beherrscht er alle Phasen sicher und gibt die naturwissenschaftlich korrekten Erklärungen.

Insgesamt kann Jan die Inhalte einiger Lernstationen mit dem inhaltlich korrekten naturwissenschaftlichen Hintergrund ausführen. Bei anderen Lernstationen erinnert er sich teilweise, während er bei zwei Lernstationen keinen Inhalt wiedergeben kann.

6.6.3.10 Fallbeschreibung von Nina

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Nina	
Allgemeine Daten	
Alter	15
Schulbesuchsjahr	9
relevante (Vor-) Erkrankungen	- allgemeine Entwicklungsverzögerung - diverse Augenerkrankungen (Brillenträgerin)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - unkonzentriert, kurze Konzentrationsspanne (10 min) - teils desinteressiert - unruhig - wenn sie sich überfordert fühlt, „macht sie dicht“ und sagt „Ich weiß nicht.“ - wirkt oft abwesend, ist es aber nicht - braucht viel Lernbegleitung und Zuspruch - braucht Körperkontakt und viel Bestätigung durch Lehrpersonen 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
<ul style="list-style-type: none"> - zappelig - reagiert, wenn andere Schüler sie ansprechen - ordnet sich unter 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
<ul style="list-style-type: none"> - kann sich begrenzt ausdrücken - ruhig - beteiligt sich selten ohne direkte Ansprache - redet häufig vor sich hin und ist in ihrer Welt 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
<ul style="list-style-type: none"> - ausführende Bewegungen - geringe Kontrolle der Bewegung - feinmotorische Schwierigkeiten (Schreiben und Malen fallen ihr schwer) 	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
<ul style="list-style-type: none"> - begrenzte Aufnahmefähigkeit - fehlende Wahrnehmung - lernt langsam und braucht häufige Wiederholungen, um Inhalte längerfristig zu behalten 	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	
arbeitet gerne praktisch	X
arbeitet gerne alleine	
arbeitet gerne in der Gruppe	X
ist interessiert an neuen Dingen	
stellt Fragen	
greift auf vorhandenes Wissen zurück	
entwickelt eigene Ideen	
stellt Vermutungen an	
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie die Schülerin anhand von 3 Wörtern. (1) chaotisch, (2) originell einzigartig, (3) Überraschungspaket	
besondere Stärken sie kann viel mehr, als sie vorgibt	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen - vergrößerte Schrift (Schriftgröße 22) - Arbeitsplatzeinrichtung - blendfreier Arbeitsplatz - Beleuchtung - Ordnung	weiterer Unterstützungsbedarf - positiver Zuspruch - Lernbegleitung
weitere Bemerkungen /	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Über das ganze Schuljahr arbeitet Nina mit zwei verschiedenen Experimentieranleitungen. Sie beginnt mit der Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf und wechselt ab Messzeitpunkt 13 zur Symbolschrift. Nur an einem Termin fehlt Nina wegen Krankheit und an einem weiteren Termin verweigert sie ihre Mitarbeit, weshalb zu Messzeitpunkt 18 für alle

Teilkompetenzen die Stufe 0 eingetragen wird (siehe Animation 10). Auch zu den anderen Messzeitpunkten ist eine Beobachtung der experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten von Nina häufig durch ihre passive Anwesenheit im Unterricht erschwert. Bei den Teilkompetenzen Fragestellung und Vermutung ist keine Aussage möglich, da sich Nina in der Anfangsphase aller Unterrichtsstunden meist nicht beteiligt. Die Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis können beobachtet werden, trotzdem ist es schwierig, eine Entwicklung zu deuten. Nur bei den drei Teilkompetenzen Experiment planen, Beobachten und Dokumentieren lässt sich eine Entwicklung oder Entwicklungstendenz ablesen. Die vorgestellten Gruppierungen sind nachfolgend separat veranschaulicht und detailliert vorgestellt.



Animation 10: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Es ist kaum möglich eine Aussage über die experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung und Vermutung zu treffen, da Nina zu Beginn der Unterrichtsstunden häufig nicht aktiv am Unterricht teilnimmt, sondern die Geschehnisse ohne Äußerungen verfolgt (siehe Abbildung 79). Auch auf Ansprache bringt sie sich in den Phasen nur selten in den Unterricht ein. Dieses Verhalten geht auch schon aus dem Charakterisierungsbogen hervor, auf dem das Klassenteam angibt, dass Nina im Unterricht oft abwesend wirkt, sie die Inhalte aber trotzdem häufig aufnimmt. Ebenso lässt sich aus dem Charakterisierungsbogen herauslesen, dass Nina keine Fragen oder Vermutungen nennen kann. Diese Aussage bestätigt sich bei der *Fragestellung*. Über das gesamte Schuljahr begreift Nina eine Frage entweder nach der Besprechung einer Vorgabe oder es lässt sich nicht beobachten, ob sie die Fragestellung verstanden hat. Die Teilkompetenz *Vermutung* ist über die ersten 14 Messzeitpunkte sehr wechselhaft. Meist wählt Nina zwischen zwei Vermutungen aus, jeweils einmalig versteht sie eine vorgegebene Vermutung durch eine Besprechung oder formuliert selbst eine. Ab Messzeitpunkt 15 lässt sich aus Ninas Verhalten nicht deuten, ob sie eine Vermutung hat, zumindest äußert sie sich nicht, mit Ausnahme von Messzeitpunkt 19, an dem sie eine vorgegebene Vermutung mit Unterstützung nachvollzieht. Eine mögliche Erklärung lässt sich durch den Charakterisierungsbogen heranziehen. Dort beschreibt das Klassenteam, dass Nina sich bei Überforderung häufig zurückzieht und „dicht macht“.

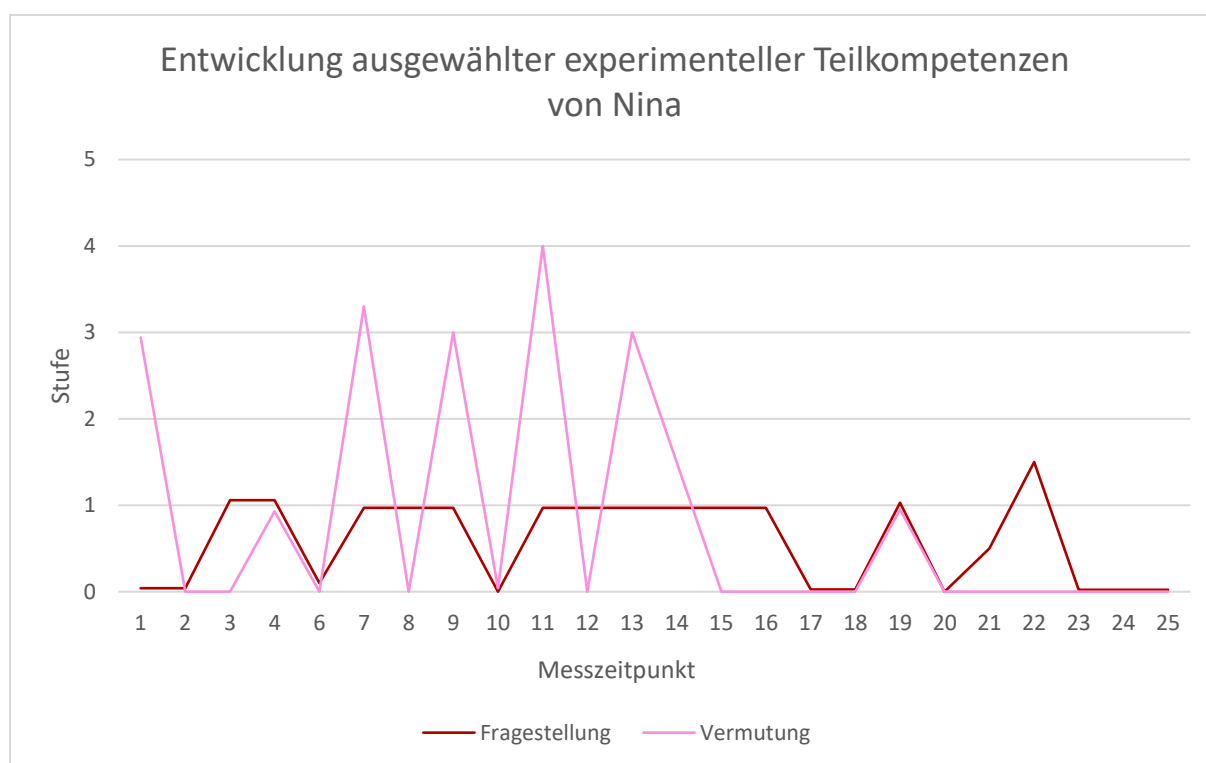


Abbildung 79: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Die beiden Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis zeigen zwar immer wieder Steigerungen an, diese sind allerdings nicht beständig (siehe Abbildung 80). Über die ersten 16 Messzeitpunkte *führt* Nina die Experimente durchgehend mit der Experimentiervorlage und der Unterstützung durch eine Pädagogische Fachkraft *durch*. Ab Messzeitpunkt 17 kann sie zu diesem und dem Messzeitpunkt 22 die Anleitung ohne Unterstützung durchführen. Über die gesamte Zeit benötigt sie eine Lernbegleitung und viel positiven Zuspruch. In der Situation sieht man ihre Freude an dem praktischen Tun. Trotz der Tatsache, dass sie ungern alleine arbeitet, steigt sie bei der Durchführung der Experimente immer motiviert in den Unterrichtsablauf ein. Das Begreifen der *Ergebnisse* schwankt bis Messzeitpunkt 11 zwischen einem Nicht-Verstehen und dem Nachvollzug durch eine gemeinsame Besprechung. Ab diesem Zeitpunkt nimmt Nina die Erklärung durch das Klassengespräch, mit Ausnahme der Stunde in der sie komplett verweigert, auf. An Messzeitpunkt 13 kann sie ohne Unterstützung ein Ergebnis auf Grundlage der Experimentiervorschrift nachvollziehen und bei Messzeitpunkt 19 sogar eine Auswahl treffen. Mit Blick auf das gesamte Schuljahr hält sie ihre Entwicklung in beiden Bereichen aber mit wenigen Ausnahmen eher konstant.

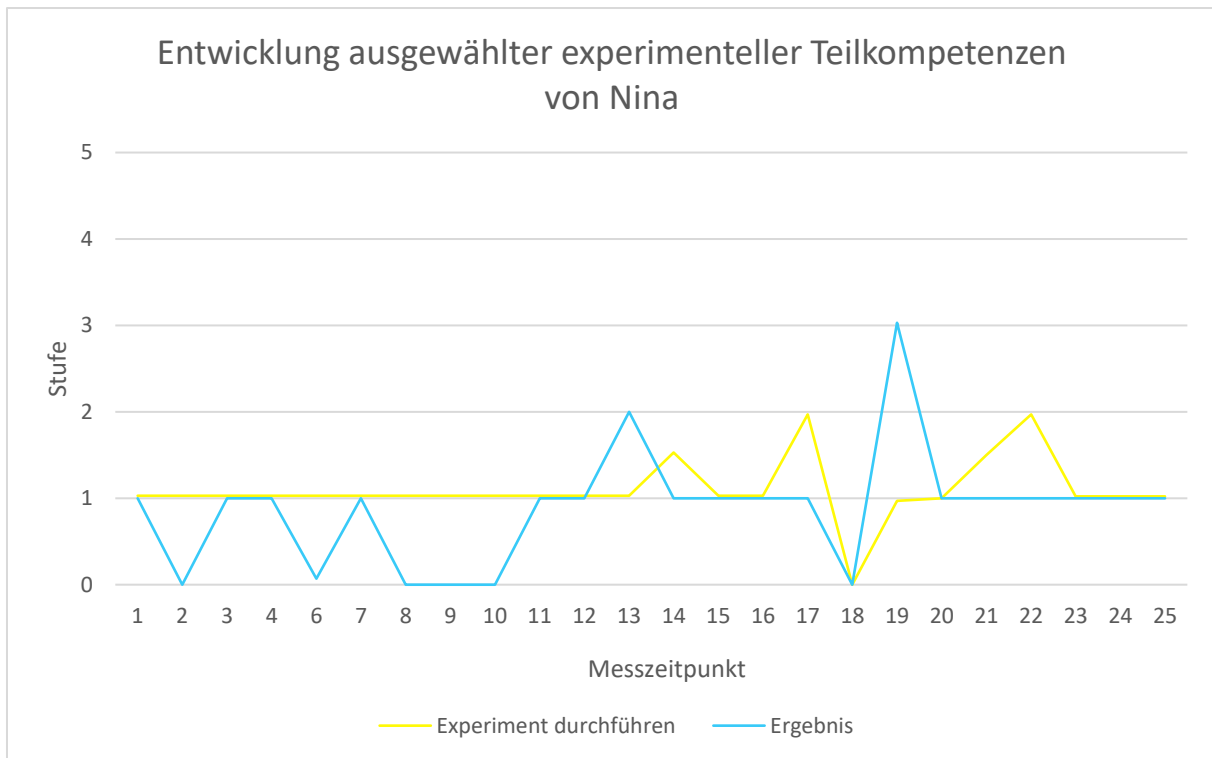


Abbildung 80: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Eine eindeutigere Entwicklung zeigt sich in den Teilkompetenzen Experiment planen, Beobachten und Dokumentieren (siehe Abbildung 81). Nach anfänglichem Unterstützungsbedarf bei der Kontrolle vorgegebener Materialien, hakt Nina an den Messzeitpunkten 4 und 6 die Materialien ohne Hilfestellung bei der *Planung* ab. Diese Fähigkeit hat sie noch nicht intensiv einüben können, sodass sie nach der langen Covid-19-Unterbrechung ab Messzeitpunkt 7 wieder auf eine Unterstützung angewiesen ist. Ab Messzeitpunkt 15 gelingt es ihr bis zum Ende, überwiegend ohne Unterstützung zu arbeiten. Weiter lässt sich beobachten, dass sie zu Beginn sehr unsortiert die Materialien kontrolliert und mit der Zeit immer strukturierter vorgeht, indem sie die Materialien von oben nach unten und von links nach rechts abhakt. Prinzipiell kann Nina mit der Zeit eigenständig eine ihr vorgegebene Experimentieranleitung auf Vollständigkeit der Materialien überprüfen, je nach Stimmungslage nimmt sie dabei teilweise wieder eine Unterstützung in Anspruch. Ähnliches zeigt sich bei der *Beobachtung*. Auch in dieser Phase gewinnt sie immer mehr an Struktur und lässt sich durch ihren Gemütszustand beeinflussen. Während sie zu den ersten acht Messzeitpunkten meist keine Beobachtung tätigt oder gemeinsam eine Vorlage bespricht, kann sie ab Messzeitpunkt 9 regelmäßig zwischen zwei Beobachtungsbildern das richtige auswählen. Einmalig zu Messzeitpunkt 19 gelingt es ihr sogar, mit Unterstützung eine eigene Beobachtung anzustellen. Sie lernt also mit der Zeit immer häufiger ohne Hinweis, aber noch oft mit Unterstützung bei zwei Beobachtungsbildern, den Unterschied zu erkennen, mit ihrer Beobachtung zu vergleichen und das richtige Bild auszuwählen. Beim *Dokumentieren* sieht

man einen deutlichen Unterschied in der Dokumentation von Beobachtung und Ergebnis. Das Notieren der Beobachtung ist bis Messzeitpunkt 17 wechselhaft, zwischen einer Auswahl oder dem Abschreiben und Verstehen einer Vorgabe. Ab diesem Messzeitpunkt wählt Nina durchgehend zwischen zwei Alternativen aus und kann ihre letzte Beobachtung sogar ohne Vorlage und mit Unterstützung dokumentieren. Bei dem Notieren des Ergebnisses schwankt Nina bis Messzeitpunkt 18 zwischen dem Abschreiben eines vorgegebenen Textes unter Hilfestellung oder sie verzichtet ganz auf die Dokumentation. Ab Messzeitpunkt 20 bearbeitet sie die Arbeitsblätter durchgehend auf der ersten Stufe. Um Nina nicht zu überfordern, ist sie die einzige aus der Klasse, die nur die Beobachtung und das Ergebnis dokumentiert und nicht zusätzlich die Vermutung und Fragestellung.

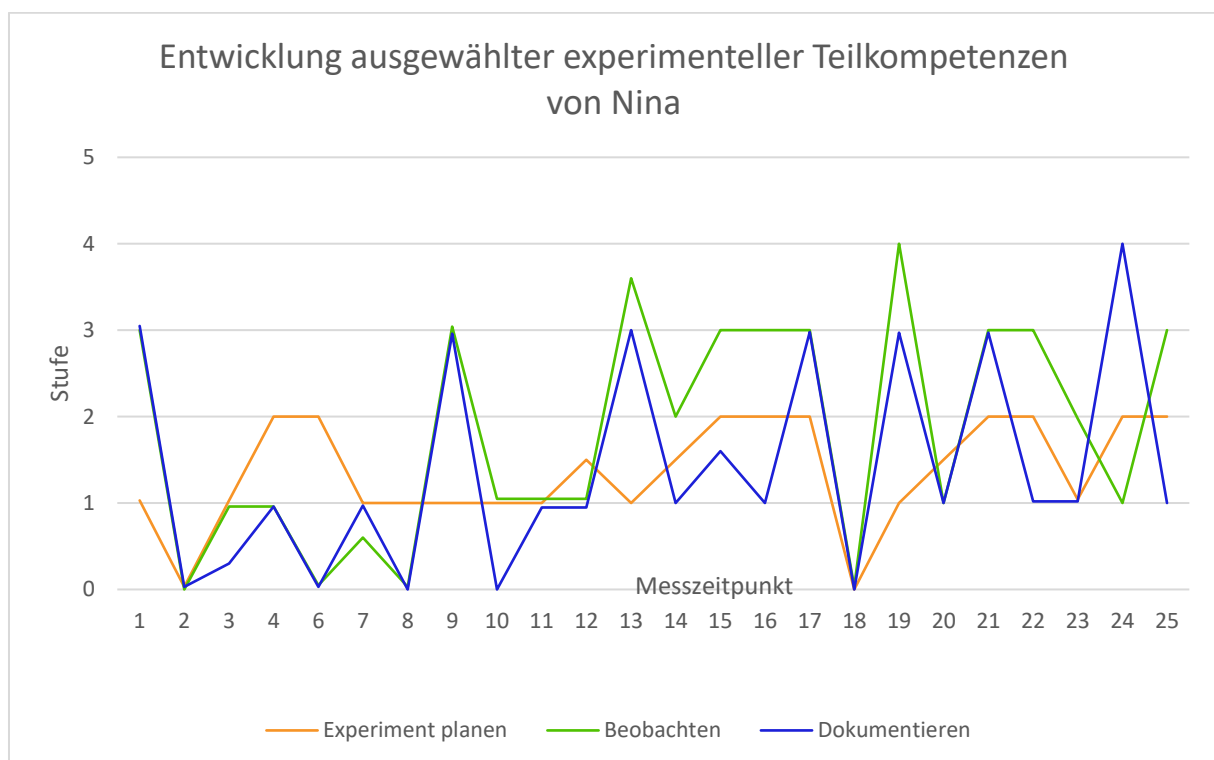


Abbildung 81: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen, Beobachten und Dokumentieren von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)

Obwohl aus dem Charakterisierungsbogen hervorgeht, dass Nina nur eine kurze Konzentrationsspanne von etwa zehn Minuten hat, nimmt sie die gesamten 90 Minuten am Unterricht teil und arbeitet oft erst ab der Hälfte der Stunde mit. Häufig ist es nicht möglich die experimentellen Fähigkeiten von Nina einzuschätzen, da sich aus ihrem Verhalten nichts ablesen lässt. Auch nach dem Charakterisierungsbogen zeigt Nina nicht immer, was sie kann und wirkt oft abwesend, obwohl sie dies gar nicht ist. Ihre Unsicherheit erkennt man zudem oft dadurch, dass sie auf Nachfragen mit „Weiß nicht.“ antwortet. Dieses Verhalten ist auch bei den weiteren Erhebungen und Ergebnissen zu beachten. Trotzdem zeigt sich gerade in den Teilkompetenzen Experiment planen, Beobachten und Dokumentieren eine positive

Entwicklung. Mit der Zeit hat sie die Begriffe des Dokumentierens und verschiedener Geräte verstanden und verinnerlicht, ob sie auch die Bedeutung der Vermutung erfasst hat, lässt sich schwer feststellen. Der Einsatz des Forscherkreislaufs scheint sie zu überfordern und nur bei einer gemeinsamen Betrachtung als Orientierung zu dienen. Auch wenn sie in einzelnen Teilkompetenzen eine Struktur aufgebaut hat, kann sie den gesamten Experimentierprozess im Unterricht selbst noch nicht eigenständig strukturieren.

















Verständnis des Forscherkreislaufs

Obwohl Nina an allen fünf Erhebungszeitpunkten anwesend ist, verweigert sie bei Zwischenstand 3 ihre Mitarbeit, sodass keine Aussage über ihr Verständnis des Forscherkreislaufs möglich ist. Bei den ersten beiden Terminen hat sie jeweils drei Begriff-Piktogramm-Zuordnungen richtig, von denen die Fragestellung übereinstimmt. Der Ablauf lässt noch keine Struktur erkennen. Ab dem Zwischenstand 2 ordnet Nina den Begriffen die richtigen Piktogramme zu. Sie weiß außerdem, dass das Dokumentieren am Ende steht und dem Experiment durchführen das Beobachten und das Ergebnis folgen. Beim Endstand ist Nina motiviert mitzuarbeiten und zeigt, was sie wirklich während des Unterrichts über den Forscherkreislauf mitgenommen hat. Außer dem Experiment planen hat sie keine Fehler im Ablauf und auch die Planung kann sie in der gemeinsamen Besprechung als falsch benennen und an die richtige Stelle setzen. L4 und L5 sind im Interview überrascht, dass Nina, anders als sie nach den Beobachtungen dachten, so viel behalten hat. L4 gibt an, dass es bei Nina häufiger im Unterricht der Fall ist, dass sie teilnahmslos wirkt und nicht mitarbeitet, die Informationen aber trotzdem aufnimmt und teilweise verinnerlicht.

Die Entwicklung von Nina zeigt, dass sich ihr erst nach der Visualisierung und Besprechung des Forscherkreislaufs die Begriff-Piktogramm-Zuordnung sowie der Ablauf des Forscherkreislaufs erschließen (siehe Tabelle 61). Auch wenn sich nach den reinen Beobachtungen im Unterricht keine Aussagen bezüglich Ninas Verständnis treffen lassen können, ist aus den Erhebungen deutlich zu sehen, dass Nina den Forscherkreislauf in seinen Grundzügen verstanden hat, wenn auch noch nicht ganz fehlerfrei.

Tabelle 61: Gelegter Forscherkreislauf von Nina über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2 (26.03.2021)	Zwischenstand 3 (29.06.2021)	Endstand (02.09.2021)
Fragestellung 	✓	✓		Keine Aussage möglich.	✓
Vermutung 					✓
Experiment planen 					
Experiment durchführen 					
Beobachten 					
Ergebnis 					
Dokumentieren 	✓		✓		✓

Interesse und Motivation

Im Interview zeigt Nina wenig Bereitschaft auf die Fragen zu antworten, sodass ihre Motivation größtenteils aus den Beobachtungen und Gesprächen mit dem Klassenteam abgeleitet wird. Nina zeigt während des Experimentierens bei Besprechungen wenig Interesse, während sie bei der Handlungsausführung motiviert mitarbeitet. Zu Beginn der Stunde sitzt sie häufig unbeteiligt in der Klasse und lässt sich kaum zur Mitarbeit animieren. Sobald sie selbst etwas händisch tun kann, steigt sie in das Unterrichtsgeschehen ein. Das Klassenteam gibt an, dass dieses Verhalten nicht nur in den Experimentierstunden, sondern allgemein im Unterricht zu beobachten ist. Ob sie weiter Experimentieren möchte, lässt sich nicht eindeutig sagen. Während sie zu Beginn der Stunde manchmal äußert, keine Lust auf das Experimentieren zu haben, scheint sie an der Durchführung doch Interesse zu haben. Auch am Ende des Interviews gibt sie an, dass es mit dem Experimentieren reicht und nicht weitergehen soll. Zwei Wochen später fragt sie die Verfasserin auf dem Schulhof, wann das Experimentieren endlich wieder stattfindet. Auch, ob sie zu Hause experimentieren würde, lässt sich nicht genau erfahren, da sie dies im Gespräch verneint. Allerdings äußert sie nach den Ferien, dass sie das Experiment *Wasserkreislauf im Glas* zu Hause durchgeführt hat. Da sie kein Bild aufgenommen hat, ist nicht nachvollziehbar, ob sie das Experiment tatsächlich durchgeführt hat.

Ninas Lieblingsexperiment ist *Von Eierschalen und Korallenriffen*. Bei den beiden Forscheraufträgen *Rätsel ums Klärwerk* und *Ölkatastrophe* ist die Durchführung mit zu viel „Gematsche“ verbunden, was ihr weniger gut gefällt.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Es ist sehr schwierig eine Aussage über den Wissensstand von Nina zu treffen. In dem Interview zeigt sie wenig Bereitschaft mitzuarbeiten und antwortet oft mit „Weiß nicht“, auch auf Fragen, die sie sicher beantworten könnte. Aus diesem Grund werden die Themen alle vor ihr auf den Tisch gelegt und sie liest diese vor. Auch bei den Lernstationen werden ihr alle Titelbilder mit Titeln vor der Besprechung auf dem Tisch dargeboten. Teilweise zeigt sie nach dem Vorlesen der Titel Initiative, kurz etwas über den Inhalt der Lernstationen zu erzählen, allerdings nicht in dem Umfang, dass eine Einschätzung ihres Wissens möglich wäre. Trotzdem ist die Reihenfolge und der von Nina beschriebene Inhalt der Lernstationen nachfolgend aufgeführt.

- *Durstige Bäume*: Bei dem Experiment geht es darum, wie Bäume trinken. Weiterhin erzählt Nina ausschließlich, was ihr bei der Durchführung gefallen hat. Das Ausmalen und Ausschneiden hat ihr sehr zugesagt, während ihr das Puzzle nicht so gut gefallen hat.
- *Hochwassergefahr*: keine Aussage möglich
- *Wie Regenwürmer atmen*: keine Aussage möglich
- *Ölkatastrophe*: Nina gibt nur an, dass es bei dem Experiment viel „Gematsche“ gab.
- *Rätsel ums Klärwerk*: Auch bei diesem Experiment erzählt Nina nur vom „Gematsche“.
- *Wettlauf ums Trinkwasser*: Das Pumpen war anstrengend.
- *Naturfilter*: Mit Unterstützung kann sie alle Bodenschichten benennen.
- *Boden als Schadstofffilter*: keine Aussage möglich
- *Feind der Tiere*: Plastik ist für Tiere gefährlich.
- *Blub, blub*: keine Aussage möglich
- *Von Eierschalen und Korallenriffen*: Sie erinnert sich gut an den Essiggeruch. Die Eierschale in Essig war nach einer Woche weg. Eierschalen und Essig bestehen aus Kalk, wie man ihn auch am Wasserhahn sieht.

Während des Interviews möchte Nina keine Lernstation anhand der Phasen genauer beschreiben, weshalb diesbezüglich keine Aussage getroffen werden kann.

6.6.3.11 Fallbeschreibung von Sven

Personenbeschreibung

Charakterisierungsbogen zu Sven	
Allgemeine Daten	
Alter	16
Schulbesuchsjahr	10
relevante (Vor-) Erkrankungen	- allgemeine Entwicklungsverzögerung - diverse Augenerkrankungen (Brillen Träger)
Welche Besonderheiten zeigen sich im Arbeits- und Lernverhalten?	
- durch Sehbehinderung auf Vergrößerungen angewiesen, angepasst - Struktur der Lernangebote/Überschaubarkeit und Ordnung sind ihm wichtig - kann sehr ausdauernd und lange arbeiten	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sozialverhalten?	
- sehr ruhig - zurückgezogen - er weiß viel, antwortet erst auf Nachfrage	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Sprache und Kommunikation?	
- einfache Sprache - spricht wenig	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Motorik?	
- feinmotorische Probleme in den Händen	
Welche Besonderheiten zeigen sich in Kognition und Wahrnehmung?	
- durch starke Sehbehinderung unsicher - lernt langsam und braucht häufige Wiederholungen, um Inhalte längerfristig zu behalten - Dinge, die er gelernt hat, vergisst er nicht so schnell	
Welche Besonderheiten zeigen sich im Sachunterricht?	
sammelt außerschulische Naturerfahrungen	X
arbeitet gerne praktisch	X
arbeitet gerne alleine	
arbeitet gerne in der Gruppe	X
ist interessiert an neuen Dingen	X
stellt Fragen	
greift auf vorhandenes Wissen zurück	
entwickelt eigene Ideen	
stellt Vermutungen an	
beobachtet und beschreibt Lebewesen, Objekte und Sachverhalte	
argumentiert sachlogisch und nachvollziehbar	
Weitere Charakterisierungen	
Beschreiben Sie den Schüler anhand von 3 Wörtern. (1) sehr ruhig, (2) unsicher, (3) abwartend	
besondere Stärken	
- Zuverlässigkeit - sorgfältig	
Unterstützungsbedarf im Bereich Sehen	weiterer Unterstützungsbedarf
- vergrößerte Schrift (Schriftgröße 24)	- durch Sehbehinderung unsicher in seinem Tun
- klare Anordnung der Materialien (Arbeitsplatzeinrichtung)	- Stärkung des Selbstbewusstseins
- hell/dunkel-Unterscheidung (Gegenstände auf schwarze Unterlagen stellen)	
- blendfreie Umgebung	
- evtl. Lupe	
- Arbeitsplatzbeleuchtung	
weitere Bemerkungen	
/	

Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Sven ist an den ersten und letzten sechs Erhebungsterminen anwesend. In den anderen 13 Unterrichtsstunden ist eine Klassenmischung aufgrund von Covid-19 untersagt, weshalb er nicht am Experimentierunterricht teilnehmen kann. In den anwesenden Stunden arbeitet er durchgehend mit der Experimentieranleitung in Symbolschrift. Erstaunlich ist, dass Sven trotz der langen Unterbrechung, nahtlos an seine vorherigen Fähigkeiten anknüpfen kann (siehe Animation 11). Die Entwicklung seiner experimentellen Teilkompetenzen lässt sich in zwei Gruppen einteilen. Zu Beginn recht wechselhaft und ab der Hälfte deutlich ansteigend sind die

Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten und Dokumentieren. Ebenfalls ab der Hälfte ansteigend, allerdings zu Beginn ziemlich konstant, zeigen sich die Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen, Experiment durchführen und Ergebnis. Nachfolgend sind die beiden Gruppierungen mit ihren einzelnen Teilkompetenzen genauer ausgeführt.



Animation 11: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend)

Die drei Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten und Dokumentieren sind die erste Hälfte des Erhebungszeitraums sehr wechselhaft und halten sich dann mit Ausnahme der letzten beiden Messzeitpunkte sehr beständig (siehe Abbildung 82). Vor dem Beginn des Schuljahres ist Sven der Begriff der *Vermutung* unbekannt und von alleine stellt er keine an. Schon am Anfang der Einheiten begreift er schnell deren Bedeutung und zeigt eine deutliche Entwicklung. Während er zunächst zwei Mal eine Auswahl trifft, sich dann mit einer vorgegebenen Vermutung auseinandersetzt und anschließend erstmals schon an Messzeitpunkt 5 eine eigene Vermutung mit Unterstützung anstellen kann, formuliert er nach der Pause ab Messzeitpunkt 20 durchgehend eigene Vermutungen. Die drei Ausnahmen finden sich an den Messzeitpunkten 2 und 6 auf Stufe 0 sowie 25 auf Stufe 3. Der Grund der Stufe 0 liegt in den nicht ausgefüllten Beobachtungsbögen der Pädagogischen Fachkräfte. Zu der vorherigen Aussage des Klassenteams, dass Sven keine Objekte und Sachverhalte *beobachten* und beschreiben kann, hat er seine Fähigkeiten deutlich ausgebaut. Im Vergleich zu den anfänglichen Schwankungen zwischen den Stufen 1 bis 4 ist Sven ab dem sechsten Messzeitpunkt in der Lage, zielgerichtet eigene Beobachtungen, meist sogar ohne Unterstützung, anzustellen. Weshalb er bei Messzeitpunkt 25 wieder auf eine Auswahl zurückgreift, kann nicht erklärt werden, da er vorab sicher eine eigenständige Beobachtung beherrscht. In der Teilkompetenz *Dokumentieren* lernt er nicht nur den neuen Begriff, sondern baut auch seine Fähigkeiten im Bereich Beobachtungs- und Ergebnisdokumentation aus. Beginnend mit einer Auswahl von Beobachtungsbildern zu den ersten vier Lernstationen, nimmt er das Notieren ab der fünften Lernstation eigenständig und ohne Unterstützung vor. Auch die Ergebnisdokumentation entwickelt sich von der anfänglichen Vorgabe hin zu einer eigenständigen Formulierung mit bzw. ohne Unterstützung. Auch hier lässt sich nicht eindeutig sagen, weshalb Sven am letzten Messzeitpunkt wieder eine Vorlage wählt. Da Sven Schwierigkeiten mit der Schriftsprache hat, schreibt er die Sätze teilweise selbst auf oder

diktiert sie einer Lehrkraft. Zusätzlich diktiert er ab Messzeitpunkt 20 die Fragestellung, die für ihn auf den Dokumentationsbogen eingetragen wird. Die einheitliche Struktur der Aufgabenblätter hilft Sven immer eigenständiger bei der Dokumentation vorzugehen.

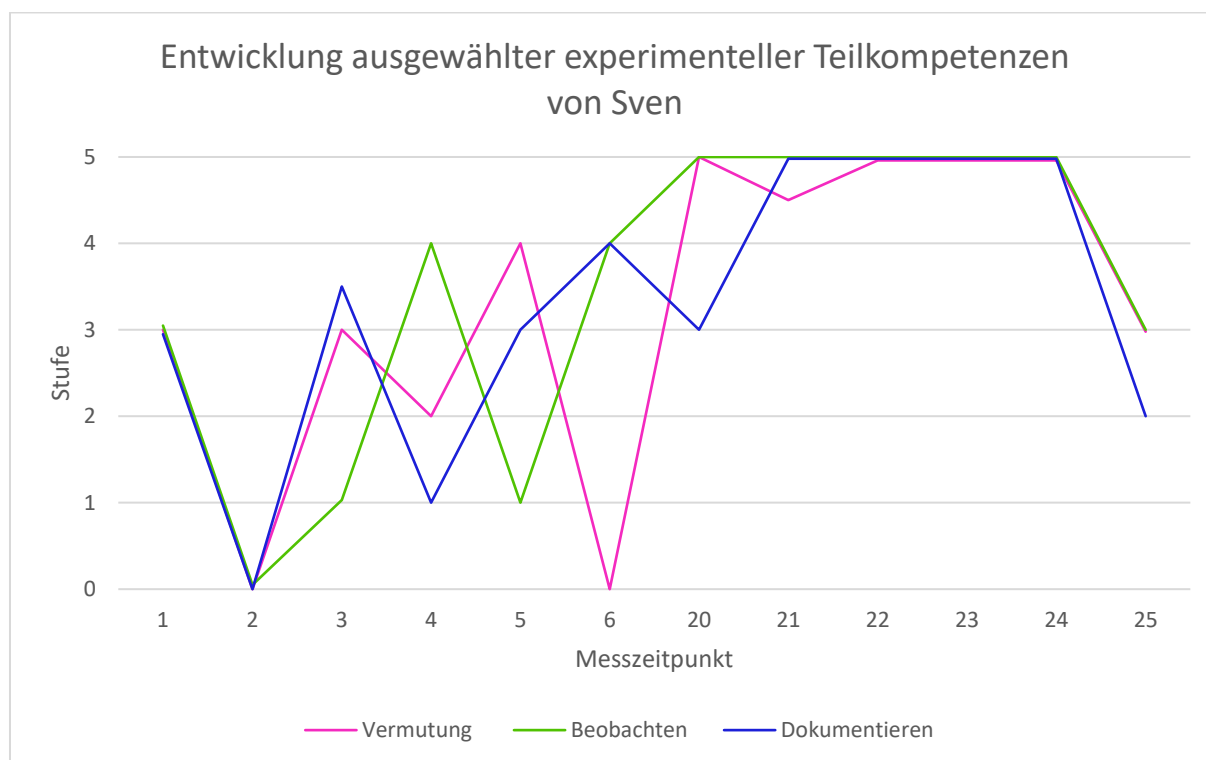


Abbildung 82: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten, Dokumentieren von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend)

Die weiteren vier Teilkompetenzen, Fragestellung, Experiment planen, Experiment durchführen und Ergebnis, sind von Beginn an stabil. Sie entwickeln sich ab etwa der Hälfte konstant weiter, meist mit Ausnahme der letzten ein bis zwei Erhebungszeitpunkte (siehe Abbildung 83). Bis einschließlich Messzeitpunkt 6 zeigt Sven nicht, ob er die *Fragestellung* verstanden hat oder er erarbeitet sich den vorgegebenen Inhalt mit Unterstützung, was sich auch durch den Charakterisierungsbogen bestätigen lässt. Ab Messzeitpunkt 20 verfasst Sven mit und ohne Unterstützung eigenständig Fragen, mit Ausnahme von Messzeitpunkt 25, an dem er die Frage wieder vorgegeben bekommt. Ein Grund ist dafür nicht ersichtlich. Bei der *Planung* entwickelt er sich von einer anfänglichen Unterstützung bei der Kontrolle der vorgegebenen Materialien, über einen Verzicht der Unterstützung bis hin zur komplett eigenständigen Planung. Diese eigenständige Planung wird im Klassenverband vorgenommen, wobei sich die einzelnen Schüler ergänzen, Gabriel und er aber die meisten Beiträge liefern. An den letzten beiden Messzeitpunkten greift Sven wieder auf eine Experimentieranleitung zurück. Der Kurvenverlauf zeigt, dass Sven sicher eine vorgegebene Planung ohne Unterstützung nachvollziehen und vereinzelt schon einzelne Teile selbst überlegen kann. Das Verstehen des *Ergebnisses* gelingt Sven bis einschließlich

Messzeitpunkt 5 durch eine gemeinsame Besprechung eines vorgegebenen Textes. An Messzeitpunkt 6 kann er eine Auswahl treffen, von Messzeitpunkt 20 bis 23 eigene Erklärungen geben und an den letzten beiden Messzeitpunkten ein Ergebnis auf Grundlage der Experimentieranleitung mit bzw. ohne Unterstützung nachvollziehen. Ob der Rückgriff auf die Vorlage aufgrund der Ferien oder des Themas erfolgt, lässt sich nicht sagen. Am deutlichsten und am Ende auch stabilsten entwickelt sich Sven in der Teilkompetenz *Experiment durchführen*. Während der ersten vier Lernstationen löst er sich von der Unterstützung und kann eigenständig vorgegebene Schritte ausführen. Ab Messzeitpunkt 22 überlegt er sich die Schritte mithilfe vorgegebener Materialien selbstständig und führt diese im Anschluss durch. Zu Beginn ist er sehr unsicher und bekommt auf Wunsch die einzelnen Schritte vorgelesen. Mit der Zeit stellt er immer weniger Nachfragen und orientiert sich mehr an der Symbolschrift, ohne dass er die Schritte verbalisiert dargeboten bekommt.

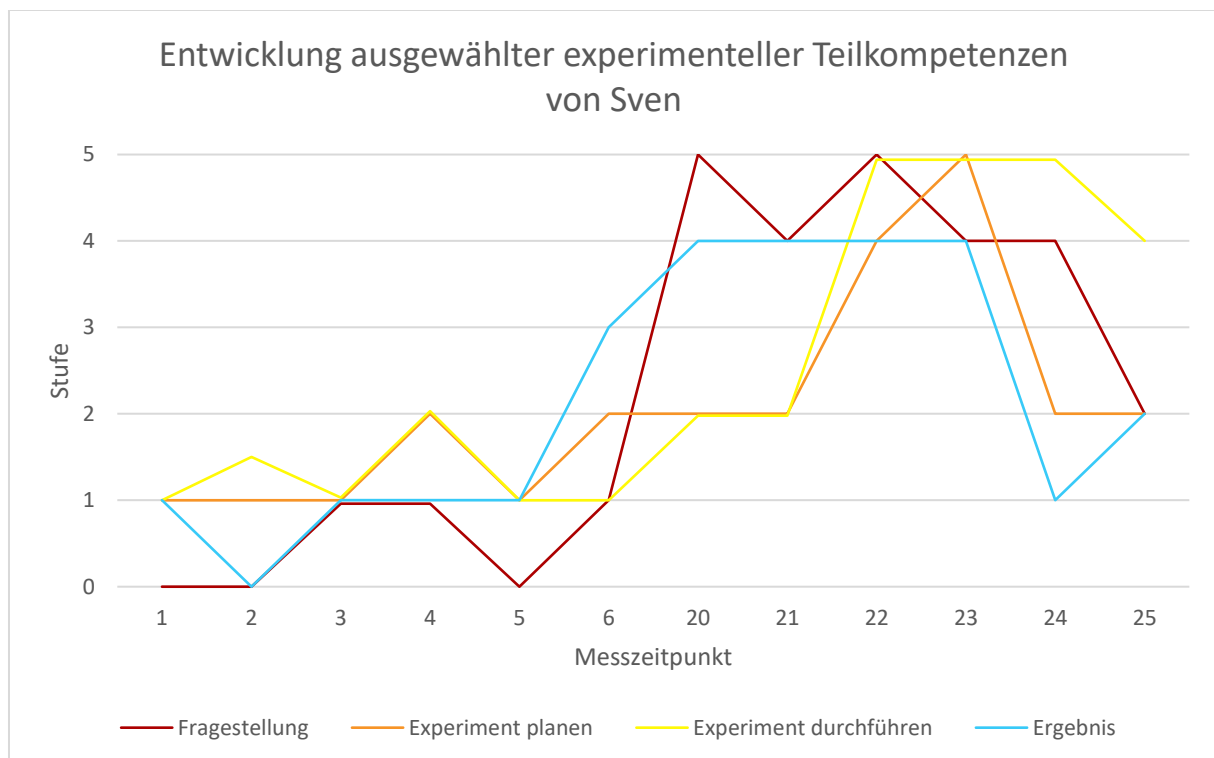


Abbildung 83: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen, Experiment durchführen, Ergebnis von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend)

Sven zeigt sich durchgehend sehr interessiert an den Inhalten und dem naturwissenschaftlichen Vorgehen. Obwohl er laut dem Charakterisierungsbogen seine guten Gedanken meist erst auf Nachfrage mitteilt, meldet er sich in den Experimentierstunden von sich aus sehr häufig und leistet viele Beiträge. Auch seine anfängliche Unsicherheit im Tun lässt mit der Zeit immer mehr nach. Trotz der langen Pause kann er sich neu gelernte Begriffe, wie Vermutung oder Dokumentieren, und einzelne Materialien gut merken sowie seine aufgebauten Fähigkeiten aller Phasen beibehalten und ausbauen. Bei der Strukturierung des

Unterrichts orientiert er sich bis zuletzt an den Vorgaben der Lehrkraft. Er nutzt nur nach Aufforderung den Forscherkreislauf, dessen einzelne Phasen ihm auch nach der langen Pause schnell wieder präsent sind.















Verständnis des Forscherkreislaufs

An zwei Erhebungsterminen darf Sven aufgrund von Covid-19 nicht in die Klasse kommen und es besteht auch keine Möglichkeit, die Erhebung in seiner Klasse durchzuführen. Die Zuordnung von Fragezeichen und Beobachten kann Sven von Beginn an sicher vornehmen. Eine sinnvolle Reihenfolge der Phasen lässt sich vor der Einführung des Forscherkreislaufs nicht erkennen. Auch nach der Besprechung kann Sven den Forscherkreislauf noch nicht fehlerfrei legen, weiß diesen allerdings zu benennen und kennt seine Bedeutung. Bei der Zuordnung vertauscht er Vermutung, Experiment planen und Dokumentieren. Er gibt beim Dokumentieren an, dass er ein Blatt und einen Stift braucht, wählt allerdings das falsche Piktogramm dafür. Im Gespräch ist ihm bewusst, dass er auch beim Planen einen Stift mit Blatt benötigt. Er kann den Unterschied beschreiben und die richtige Zuordnung vornehmen. In der Reihenfolge ist nur die Fragestellung an der falschen Stelle. Auch dabei kann er auf Nachfrage im Gespräch den Fehler erkennen und verbessern.

Obwohl Sven aufgrund der Covid-19-Lage nur an der Hälfte der Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten teilnehmen konnte, hat er ein grundlegendes Verständnis für den Ablauf des Experimentierens aufgebaut. Theoretisch fällt es ihm noch schwer, die Phasen fehlerfrei in die richtige Reihenfolge zu bringen (siehe Tabelle 62). Auch im Unterricht kann er die folgende Phase noch nicht immer sicher benennen, weiß allerdings, was diese bedeuten. Die derzeitige Experimentierphase kann er meist angeben. Ohne Erinnerung orientiert er sich während der Lernstation eher selten daran.

Tabelle 62: Gelegter Forscherkreislauf von Sven über fünf Messzeitpunkte

Erklärung: dunkelgrau hinterlegte Felder verdeutlichen den Messzeitpunkt (horizontal) bzw. die richtige Reihenfolge mit Begriff-Piktogramm-Zuordnung (vertikal); die Farben stehen für die Begriffe; die falsch zugeordneten Piktogramme zu den Begriffen sind auf der entsprechenden Begriff-Farbe abgebildet; die Haken geben eine richtige Begriff-Piktogramm-Zuordnung an der richtigen Stelle an; die letzten beiden Schritte sind auch korrekt, wenn sie vertauscht sind

richtige Reihenfolge und Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs	Ausgangslage (11.09.2020)	Zwischenstand 1 (11.12.2020)	Zwischenstand 2	Zwischenstand 3 (29.06.2021)	Endstand
Fragestellung 		✓	entfällt		entfällt
Vermutung 					
Experiment planen 					
Experiment durchführen 		✓		✓	
Beobachten 				✓	
Ergebnis 				✓	
Dokumentieren 				✓	

Interesse und Motivation

Sven haben die Lernstationen sehr viel Spaß gemacht, da er sehen konnte, was in der Natur wirklich passiert. Auch die tatsächlichen Handlungsabläufe haben ihm sehr gut gefallen. Die Gespräche im Klassenverband waren für ihn hilfreich. Im Anschluss und mithilfe der Experimentiervorschrift wusste er immer, was er alles benötigt und was zu tun ist. In den Gesprächen konnte er außerdem eigene Ideen einbringen. Besonders das selbstständige Ausprobieren bei den Forscheraufträgen hat ihm viel Freude bereitet. Wenn die Möglichkeit besteht, würde er gerne weiterhin im Unterricht experimentieren. Während der Lerneinheiten durfte Sven zwischenzeitlich wegen der Covid-19-Lage nicht zum Experimentieren in die Klasse kommen. Sobald dies wieder möglich war, hat er auf Nachfrage direkt zugestimmt, dass er sehr gerne wieder mitmachen möchte. Auch wenn im Unterricht selbst seine Emotionen schwer zu beobachten sind, zeigen Äußerungen wie diese, wie wichtig ihm das Experimentieren ist und wie viel Spaß er daran hat. Auch das Experiment „Wasserkreislauf im Glas“ führt er zu Hause durch. Er bringt extra sein Handy mit in die Klasse, um allen die Fotos von seinem Wasserkreislauf zu zeigen. Mit viel Begeisterung erzählt er, wie er bei dem Experiment vorgegangen ist und was er beobachten konnte.

Da Sven alle Lernstationen viel Spaß gemacht haben und sehr interessant für ihn waren, bewertet er keine Lernstation als am besten oder schlechtesten, sondern mag alle gleich gerne.

Erinnerungsfähigkeit mit Fokus auf das Ergebnis

Die beiden Themen „Wasser“ und „Tiere und Pflanzen“, an denen Sven teilgenommen hat, kann er sicher benennen. An die drei Lernstationen nach der langen Pause aufgrund von Covid-19 kann er sich eigenständig erinnern, während er bei den drei Lernstationen vor der Unterbrechung die Titel und Titelbilder zur Unterstützung vorgelegt bekommt. In folgender Reihenfolge findet die Besprechung der Lernstationen und deren Inhalten statt, wobei der Wortlaut den getätigten Äußerungen von Sven entnommen ist:

- *Durstige Bäume:* Wenn es regnet, geht das Wasser in die Erde, die Wurzeln nehmen es auf und ziehen es durch den Stamm bis in die Blätter. In dem Stamm sind dünne Kanälchen, die sogenannten Kapillare.
- *Hochwassergefahr:* Wenn die Löcher in der Erde zu sind, dann kann das Wasser nicht mehr abfließen und es kommt zu Überflutung. In dem Experiment ist die Erde in der Flasche plattgedrückt worden, wie wenn ein Traktor über das Feld fährt.
- *Eigenes Experiment:* Sven hat der Lernstation den Titel „Erdabrutsch-Abhang“ gegeben. Im Interview wird nicht genauer darauf eingegangen.
- *Wettlauf ums Trinkwasser:* Die Menschen kommen mit ihren Brunnen nicht mehr an so viel Wasser, weil die Fabrik tiefere Brunnen gräbt. Es wäre gut, wenn die Einheimischen mehr Wasser bekommen.
- *Naturfilter:* Ohne Unterstützung kann Sven die vier Bodenschichten in der richtigen Reihenfolge aufzählen. Wenn man schmutziges Wasser über die Schichten schüttet, läuft das Wasser durch die Schichten und kommt unten fast klar wieder heraus. Das Grundwasser trinken wir Menschen.
- *Boden als Schadstofffilter:* Die Schadstoffe im Spülmittel sind schädlich für den Boden.

Anhand der beiden Lernstationen *Durstige Bäume* und *Wettlauf ums Trinkwasser* beschreibt Sven intensiver die Inhalte und geht auf die Phasen Frage, Durchführen, Beobachten und Ergebnis ein. Bei den Phasen benötigt er teilweise ein wenig Unterstützung. Jedes Mal möchte er in der Durchführung die Flaschenköpfe anwenden, die bei den Experimenten nicht zum Einsatz kommen. Um sich die richtige Durchführung ins Gedächtnis zu rufen, erhält er kleine Tipps.

Insgesamt kann sich Sven gut an die Lernstationen erinnern. Bei den meisten kann er sogar den naturwissenschaftlichen Hintergrund korrekt benennen.

6.6.3.12 Reflexion

Bei Fallbeschreibungen werden als Gütekriterien die Konstruktvalidität, interne und externe Validität, Reliabilität sowie Objektivität herangezogen (Borchardt & Göthlich, 2009; Döring & Bortz, 2016; Lamnek & Krell, 2016; Mayring, 2002; Yin, 2014).

- 1) *Konstruktvalidität*: Durch drei Taktiken lässt sich die Konstruktvalidität während der Datenerhebung absichern: Methodentriangulation, kommunikative Validierung und Rückgriff auf relevante Literatur. Die Methodentriangulation wird durch die Kombination verschiedener Forschungsmethoden und mehrerer Forscher erreicht. Mithilfe der abschließenden Schüler- und Lehrerinterviews wird die kommunikative Validierung für die meisten Ergebnisse erfüllt.
- 2) *Interne Validität*: Die interne Validität gilt als das wichtigste Gütekriterium der Analyse. Sie umfasst die Gültigkeit der abgeleiteten Kausalerklärungen, die durch ihre intersubjektive Überprüfbarkeit und Zuverlässigkeit abgesichert werden. Eine intersubjektive Überprüfbarkeit ist durch die gesamte Darstellung der Studie erfüllt. Alle weiteren Wirkungszusammenhänge werden ebenfalls bestmöglich argumentativ und nachvollziehbar aufgeführt.
- 3) *Externe Validität*: Unter externer Validität versteht sich die Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Bei Fallstudien wird das Fehlen der Generalisierbarkeit aufgrund der vergleichsweise wenigen Fällen als Schwachpunkt gesehen. Da das Ziel dieser Fallstudiendarstellung nicht die Verallgemeinerung der Ergebnisse, sondern eine individuelle Betrachtung der Schülerentwicklungen anstrebt, ist dieser Punkt zu vernachlässigen.
- 4) *Reliabilität*: Auch bei Fallstudien sollten spätere Forscher mit der gleichen Vorgehensweise zu den gleichen Befunden bei demselben Fall kommen. Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist eine präzise Dokumentation und Durchführung der Untersuchung, wie sie auch in dieser Fallstudienbeschreibung vorzufinden sind. Es ist immer zu bezweifeln, dass die gleichen Untersuchungsbedingungen später erneut geschaffen werden können. Zudem ist das Ziel der Studie, eine Entwicklung der Schüler zu ermöglichen, sodass eine Wiederholung der Fallstudie bei demselben Schüler zwangsläufig zu anderen Ergebnissen führen wird.
- 5) *Objektivität*: Eine vollständige Objektivität ist bei Fallstudien kaum zu erreichen. Wichtig ist, dass dem Forscher Subjektivität und Interpretation bewusst sind und diese selbstkritisch in den Erkenntnisgewinn einbezogen werden. Der Subjektivität des Forschers kann durch die intersubjektive Nachprüfbarkeit entgegengewirkt werden. Diese Überprüfbarkeit ist durch die ausführliche Darstellung der gesamten Studie möglich.

Ein Fokus der gesamten Studie, und das zentrale Anliegen in diesem Mesozyklus, ist es, die Entwicklung der experimentellen Kompetenz der einzelnen Schüler darzustellen. Aus diesem Grund sind die meisten Methoden auf die Beantwortung der darauf bezogenen Fragestellungen ausgerichtet. Um die Motivation, das Interesse und die Erinnerungsfähigkeit nicht unbeachtet zu lassen, sind diese Aspekte in einem Interview mit den Schülern erhoben. Durch das abschließende Interview ist es nicht möglich, ihre gesamte Erinnerungsfähigkeit zu erfassen. Der Fokus der Erinnerungsfähigkeit ist bewusst auf die Ergebnisebene gerichtet, um die Schüler im Interview nicht zu überfordern. Diese waren auch unabhängig davon am Ende des Interviews schon sehr müde und an der Grenze ihrer Aufmerksamkeitsspanne. Exemplarisch hat jeder Schüler anhand einer Lernstation die Phasen des Forscherkreislaufs durchlaufen, sodass ein Einblick in die allgemeine Erinnerungsfähigkeit, die über das Ergebnis hinaus geht, gegeben werden kann. Eine vollständige Abbildung der gesamten Erinnerungsfähigkeit lässt sich dadurch nicht erreichen. Für eine umfangreiche Aussage diesbezüglich sind weitere Erhebungen nötig, die nicht das Ziel dieser Studie sind.

Die Fallbeschreibungen ermöglichen, im Vergleich zur Betrachtung des arithmetischen Mittels in Mesozyklus 7, den Nachvollzug der individuellen Entwicklungen der Schüler. Es zeigt sich, dass die Schüler sich teilweise ähnlich und teils sehr unterschiedlich entwickelt haben, sowohl in der gesamten Entwicklung als auch in den einzelnen Teilkompetenzen. Besonders die Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis sind dabei stark vom Kontext abhängig. Während der Lernstationen selbst fällt es allen Schülern leichter, den Experimentierprozess anzugeben als dies bei einer theoretischen Betrachtung des Ablaufs der Fall ist. Nicht nur bei der Entwicklung der experimentellen Kompetenz und dem Verständnis des Forscherkreislaufs unterscheiden sich die Schüler, sondern sie behalten auch die Inhalte der Lernstationen unterschiedlich gut, meist in Abhängigkeit von ihrem Interesse. Auch die Lehrer und Pädagogischen Fachkräfte geben an, dass sie bei allen Schülern eine Entwicklung verschiedener Ausprägungen sehen. Ferner haben sie das Gefühl, dass die Schüler die unbekanntenen Begrifflichkeiten nun besser einordnen können und in der praktischen Handhabung deutlich sicherer geworden sind. Sie geben darüber hinaus an, dass die Schulklassen größtenteils sehr großes Interesse und viel Freude an den Lernstationen gezeigt haben. Leider kam es aufgrund der Covid-19-Lage häufiger zu Terminausfällen oder einzelnen Fehltagen der Schüler. Es ist die Frage, ob sich die Schüler unter anderen Umständen und einem regelmäßigeren Ablauf anders entwickelt hätten. Dazu lassen sich nur Vermutungen anstellen, mit Sicherheit kann diese Frage nicht beantwortet werden. Zudem konnte wegen der Covid-19-Situation die eingeplante wissenschaftliche Hilfskraft nicht mit am Unterricht teilnehmen. Das hat zur Folge, dass die Schüler mit komplexer Behinderung, auch wegen des hohen Unterstützungsbedarfs der anderen Schüler, nicht aktiv in den Unterricht eingebunden sind. Inwieweit die Experimente in ihrer Ausführung für diese Schülergruppe

geeignet sind und welche Modifikationen nötig sind, als auch wie der Umgang mit und die Entwicklung der Schüler beim naturwissenschaftlichen Experimentieren ist, lässt sich demnach nicht aus der Studie ableiten. Um darüber eine Aussage treffen zu können, ist eine separate Untersuchung nötig.

6.7 Kriterien für die Gestaltung von Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten (Mesozyklus 9)

Auf Basis der vorherigen Mesozyklen werden allgemeine Kriterien zum Aufbau von Lernstationen und zur Gestaltung von Lernmaterialien formuliert, um Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ein naturwissenschaftliches Experimentieren zu ermöglichen.

6.7.1 Analyse und Vorbereitung

Alle Schüler haben das Recht auf Bildung, das schließt auch den naturwissenschaftlichen Unterricht ein (Sommer & Pfeifer, 2018b). Eine Schlüsselrolle spielt das Experiment (Tesch, 2005). Damit auch Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung an naturwissenschaftlichen Experimenten partizipieren können, müssen die Lernmaterialien entsprechend aufbereitet werden. Bisher gibt es kaum Studien, die naturwissenschaftliche Experimente für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung bereitstellen. Auf Basis von bestehenden Experimentierphasen wurde ein Experimentierzyklus für den Förderschwerpunkt entwickelt (siehe Kapitel 2.2, 6.2.2 und 6.3.2). Zusätzlich zu einem einheitlichen Ablauf des Experimentierens stellen sich weitere Anforderungen an Experimente (siehe Kapitel 2.3). Nicht nur die Experimente an sich, sondern auch die Lernmaterialien, müssen entsprechend gestaltet sein (siehe Kapitel 3). Damit zukünftig mehr naturwissenschaftliche Experimente im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung durchgeführt werden, bedarf es nicht nur geeigneter Lernmaterialien, sondern auch Gestaltungshinweisen, mit denen Lehrkräfte einen naturwissenschaftlichen Unterricht mit Experimenten für diese Schülergruppe selbst erstellen können.

Fragestellung und Zielsetzung

Fragestellungen:

1 Wie müssen Lernmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestaltet sein, um ihnen die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente zu ermöglichen?

1.12 Welche Kriterien lassen sich für die Erstellung von Lernmaterialien zu naturwissenschaftlichen Experimenten für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ableiten?

Zielsetzung:

Kriterien für optimales Lernmaterial formulieren

Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen sind in Mesozyklus 1 bis 8 dargestellt.

6.7.2 Konstruktion und Durchführung

Konstruktion

Für alle Lernstationen wurden in Mesozyklus 1 bis 5 Lernmaterialien konzipiert und evaluiert, die als Grundlage für die Formulierung der Gestaltungsmerkmale von Lernstationen für das naturwissenschaftliche Experimentieren gewählt sind.

Durchführung und Datenaufnahme

Alle Daten wurden in Mesozyklus 1 bis 7 aufgenommen und sind an dieser Stelle nur kurz als Überblick aufgelistet. Zusätzlich wurde der Kriterien-Katalog mit Wissenschaftlern im Team durch schriftliche Rückmeldungen und Gespräche evaluiert (siehe Tabelle 63).

Tabelle 63: Datenüberblick Mesozyklus 9

Personengruppe	Anzahl n	Akronyme	Methode/ Erhebungsinstrument	gewonnene Daten
Lehrer und PF mit dem FSP L	8	B10 - B17	Teilnehmende Beobachtung, Einzel- und Gruppeninterview (mündlich, schriftlich), Gespräche	Analysen aus vorherigen Zyklen
Lehrer und PF mit dem FSP gE	21	B1 - B9, B18 - B23, L1 - L6		
Schüler mit dem FSP L	13	S1 - S13		
Schüler mit dem FSP gE	22	S14 - S26, Dirk, Sina, Tom, Viktor, Wolfgang; Gabriel, Jan, Nina, Sven	Teilnehmende Beobachtung, Interview	
Wissenschaftler (Chemie, Naturwissenschaften, Umweltwissenschaften)	7	keine	Gespräche, schriftliche Kommentare	Notizen

6.7.3 Evaluation und Reflexion

Datenanalyse

Auf Grundlage der Datenanalysen aller vorherigen Mesozyklen werden allgemeine Anforderungen an die Erstellung von Lernstationen abgeleitet, mit denen Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistig Entwicklung naturwissenschaftliche Experimente durchführen können (siehe Tabelle 64). Anschließend wird dieser Kriterien-Katalog hinsichtlich Verständlichkeit, Nachvollziehbarkeit und Vollständigkeit in einem Team aus Wissenschaftlern reflektiert.

Tabelle 64: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 9

Datenmaterial	Datum	Dauer (in Minuten)	Auswertungsmethode
Interview 1 - 27	siehe Mesozyklus 1 bis 8		Analysen aus vorherigen Zyklen allgemeine Gestaltungsmerkmale formulieren
Lautes Denken 1 - 26			
Gespräche in und Beobachtung von 13 Doppelstunden			
Notizen			
Beobachtung von 86 Doppelstunden	21.08.2020 - 28.09.2021	80 - 100 (etwa eine Doppelstunde in der Schule)	Qualitative Inhaltsanalyse, allgemeine Gestaltungsmerkmale formulieren
Notizen zum vorliegenden Kriterien-Katalog	23.11.2021 - 26.11.2021	60	Reflexion im Team

Ergebnisse

Auch wenn es prinzipiell fast unmöglich ist, aufgrund der Heterogenität der Schülergruppe, allgemeine Kriterien für das naturwissenschaftliche Experimentieren von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung zu formulieren (Hoffmann & Menthe, 2015, S. 153), zeigt diese Studie, dass es grundlegende Kriterien gibt, um möglichst viele Schüler partizipieren zu lassen. Davon ausgenommen sind Schüler mit komplexer Behinderung, für welche die Lernmaterialien teilweise weiter reduziert werden müssten oder die zumindest eine enge Begleitung durch eine Fachkraft benötigen würden. Trotz der im Folgenden aufgelisteten Kriterien können diese nur als Basis genutzt werden, denn je nach Bedürfnissen der Schüler sind weitere Veranschaulichungen oder Änderungen nötig. Die genannten Kriterien sind nicht als Differenzierungsmaßnahmen zu verstehen, sondern gelten als Grundlage zur Gestaltung von Lernmaterialien, durch die alle Schüler gefördert werden und am Unterricht partizipieren können.

Auf Basis von Literatur, den schon bestehenden Untersuchungen und den Erkenntnissen aus dieser Studie, ist ein *Kriterien-Katalog* erstellt, der allgemeine Gestaltungsmerkmale für Lernmaterialien und Unterrichtsabläufe umfasst, mit denen Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung naturwissenschaftliche Experimente durchführen können. Die Überkategorien setzen sich aus fünf Punkten zusammen, die weiter unterteilt werden können. Zunächst wird ein Überblick der benötigten Lernmaterialien gegeben. Kategorie zwei richtet den Blick auf die Gestaltungsmerkmale für alle Lernmaterialien, die sich weiter in Aneignungswege sowie sprachliche, visuelle und kognitive Gestaltung aufteilen lassen. Da der Fokus auf den naturwissenschaftlichen Experimenten liegt, werden in einer weiteren Kategorie die Experimentieranleitungen als separates Lernmaterial sowie die Anforderungen und Kriterien an Experimente betrachtet. Die letzten beiden Kategorien beschäftigen sich mit dem Einsatz der Materialien im Unterricht. Zum einen wird ein Vorschlag für den Ablauf einer Lernstation gemacht und zum anderen ein sinnvoller Aufbau einer gesamten Unterrichtseinheit über ein Schuljahr gegeben. Zu jeder Kategorie sind die entsprechenden Kriterien aufgelistet und zum Ende eine Zusammenfassung der wichtigsten

Kriterien gegeben. Zunächst ist allerdings die Reflexion des Mesozyklus eingefügt, um zum Abschluss den Kriterien-Katalog darzustellen.

Reflexion

Die gewonnenen Daten und daraus abgeleiteten Gestaltungsmerkmale unterliegen der ökologischen Validität. Darunter versteht sich die empirische Gültigkeit der Untersuchungsergebnisse für das Alltagsgeschehen, mit der Möglichkeit, diese Ergebnisse auf andere vergleichbare Personen, Situationen und Orte zu generalisieren (Cicourel, 2007; Fahrenberg, 2021; Knappertsbusch, 2017).

Die nachfolgend zusammengefassten Aspekte zur Gestaltung von Lernmaterialien und Experimenten sind nicht nur im Kontext der Schülerschaft geistige Behinderung von Vorteil. Alle Schüler profitieren von einer Visualisierung und Strukturierung (Filusch, 2017). Die Basis für die Lernmaterialien bildet das UDL-Prinzip (CAST, 2018). Der darauf aufbauende erweiterte Kriterien-Katalog kann als Grundlage genutzt werden, um neue Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten für die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung zu entwickeln. Alle in dieser Studie vorgestellten Lernstationen erfüllen die Kriterien. Trotz der Orientierung an den Gestaltungsmaßnahmen können individuelle Schülerbedürfnisse bestehen, die mit den aufgeführten Kriterien nicht abgedeckt werden. Schülerbedürfnisse zu erkennen und unter deren Berücksichtigung weitere Maßnahmen für mehrere oder einzelne Schüler einzusetzen, geschieht in einem Prozess, bei dem auch die Lehrkraft immer wieder neue Änderungen vornimmt. Für eine grundlegende Verständlichkeit, Nachvollziehbarkeit und Vollständigkeit ist der Kriterien-Katalog mit Wissenschaftlern der Chemie, Naturwissenschaften und Umweltwissenschaften reflektiert worden. Inwieweit die Lehrkräfte unter Zuhilfenahme des Kriterien-Katalogs eigene Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten erstellen können, ist im Rahmen dieser Studie nicht mehr überprüft worden. In einer weiteren Studie wird es nötig sein, den Kriterien-Katalog auf seine Anwendbarkeit zu prüfen, ggf. ist ein erklärender Leitfaden zu ergänzen und der Kriterien-Katalog anzupassen. Auch die am Ende aufgelistete Kurzform, mit den wichtigsten zusammenfassenden Punkten, benötigt eine Studie zur Evaluierung.

Kriterien-Katalog

zur Gestaltung von Lernmaterialien mit naturwissenschaftlichen Experimenten für den Einsatz mit Schülern im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung

Kategorie 1: Überblick der Lernmaterialien

Der gesamten Unterrichtseinheit, bei der es darum geht, die Schüler an ein naturwissenschaftliches Experimentieren heranzuführen, ihre experimentelle Kompetenz auszubauen und gleichzeitig Inhalte zu vermitteln, liegen nachfolgende Lernmaterialien zugrunde.

Überblick der Lernmaterialien
Lernmaterialien zum Einstieg <ul style="list-style-type: none"> - Memory zum Kennenlernen der Materialien - Sicherheitsbelehrung als Plakat - spielerischer Zugang zum Experimentieren
Experimentieranleitung in drei verschiedenen Versionen (Vereinfachte Sprache, Symbolschrift, Fotografischer Handlungsablauf)
Forschermappe (zum Einheften der Arbeitsblätter) <ul style="list-style-type: none"> - Deckblatt - wichtige Informationen, wie Sicherheitsbelehrung, und Überblick der Geräte und Chemikalien - Forscherkreislauf - Themenblätter (Thema der Lerneinheit und ggf. kurze Zusammenfassung des Inhalts) - Protokollbögen - Fotos von den Schülern beim Experimentieren
Zusatzmaterialien <ul style="list-style-type: none"> - Zeichnungen oder Fotos - reale Gegenstände zur Ansicht
Experimentierbox Eine Box, in der alle Materialien bereitliegen, die für das Experiment benötigt werden.
Notfallbox Eine Box, in der für den Notfall Materialien bereitgestellt sind, zum Beispiel Handtücher.

Kategorie 2: Gestaltungsmerkmale der Lernmaterialien

Die Diversität im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ist sehr groß. Um möglichst alle Schüler an den naturwissenschaftlichen Experimenten partizipieren zu lassen, müssen die Lernmaterialien bestimmte Gestaltungsmerkmale aufweisen, deren Grundstein das UDL-Konzept bildet (siehe Kapitel 3 und CAST, 2018). Das übergeordnete UD-Prinzip besagt, dass von Veränderungen, die für Menschen mit Behinderung notwendig sind, auch alle anderen Menschen profitieren. Damit sind die auf Grundlage der Gestaltungsmerkmale entwickelten Lernmaterialien nicht nur für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung geeignet (Fisseler, 2020; Michna et al., 2016).

Gestaltungsmerkmale der Lernmaterialien		
Die Gestaltungsmerkmale lassen sich unterteilen in: verschiedene Aneignungswege, sprachliche, visuelle und kognitive Gestaltung.		
Verschiedene Aneignungswege		
Aneignungswege nach Kutzer (Hoffmann & Menthe, 2016; Weirauch et al., 2020b)		
<ul style="list-style-type: none"> - basal-perzeptive Ebene: Zugang über Wahrnehmungsprozesse - konkret-gegenständliche/konkret-handelnde Ebene: Zugang über Handlung und Gegenständlichkeit - anschaulich-symbolische/anschaulich-bildhafte Ebene: Zugang über Veranschaulichung oder Symbolisierung - abstrakt-begriffliche/symbolisch-abstrakte Ebene: Zugang über Abstraktionen 		
Kombination von verschiedenen Sinneskanälen		
<ul style="list-style-type: none"> - auditive Unterstützung (durch auditiven Vorlesestift) - visuelle Unterstützung (siehe Unterkategorie „visuelle Gestaltung“) 		
Unterstützung durch umfangreiches Anschauungsmaterial.		
Sprachliche Gestaltung		
Bei der sprachlichen Gestaltung sollten die sich wechselseitig beeinflussenden Kriterien der leichten Lesbarkeit Beachtung finden: Lesere Faktoren, inhaltliche Schwierigkeit, Textgestaltung (Wessels, 2005).		
Leichte Sprache		
Grundlegend können die <i>Regeln Leichter Sprache</i> herangezogen werden (siehe Kapitel 3.2 und Netzwerk Leichte Sprache, 2013). Daher sind mit Verweis auf die Regeln an dieser Stelle nur eine kurze Zusammenfassung und die Abweichung der Schriftart gegeben.		
<ul style="list-style-type: none"> - Ebenen betrachten: <ul style="list-style-type: none"> • sprachliche Ebene: Wort, Zahl und Zeichen, Sätze, Texte • gestalterische Ebene: Schrift, textliche Gestaltung, Bilder, Deckblatt - immer gleiche Worte für einen Sachverhalt verwenden, auch bei Fachwörtern immer den gleichen Begriff wählen - Schriftart: Druckschrift By Wok (kostenfrei im Internet zum Download) 		
Eine erste Kontrolle der Texte lässt sich hinsichtlich des Lesbarkeitsindex prüfen, zum Beispiel durch die Online-Tools RATTE oder LIX.		
Nach Fertigstellung der Texte sollten trotz einer solchen Berechnung die Schüler selbst, als Experten in eigener Sache, die Texte auf ihre Verständlichkeit prüfen (Wessels, 2005). Diese Studie zeigt, dass die Lehrkräfte ihre Schüler schon sehr gut einschätzen und die Materialien auch von ihnen als Experten geprüft werden können.		
Lesestufen (nach Scholz et al., 2018)		
<ul style="list-style-type: none"> - Vereinfachte Sprache (entspricht Leichter Sprache) - Symbolschrift (entspricht Pfeil-Lese-Methode mit Zeichnungen) - Fotografischer Handlungsablauf (entspricht der Realabbildung von Handlungsschritten in Form von Fotos) 		
Jeder Lesestufe ist ein spezielles Piktogramm zugeordnet, sodass die Schüler ihre Arbeitsmaterialien eigenständig erkennen können:		
Vereinfachte Sprache	Symbolschrift	Fotografischer Handlungsablauf
		
weitere Unterstützung		
<ul style="list-style-type: none"> - auditive Unterstützung (durch auditiven Vorlesestift) - Mengenangaben, wenn möglich, verbildlichen, zum Beispiel durch Markierung der Füllhöhe am Becherglas 		

Jeder Schüler kann individuell einzelne Begriffe nicht verstehen, daher ist es prinzipiell nicht möglich, eine Sprache zu finden, die von allen verstanden wird.

Visuelle Gestaltung

visuelle Gestaltungsgesetze, sowohl bei den Lernmaterialien als auch bei den Experimenten beachten (siehe Kapitel 2.3 und Heege & Schmidkunz, 1997)

- Objekte müssen sich deutlich vom Hintergrund abheben (relevanter Gegenstand im Fokus, Hintergrund unscharf oder freigestellt, hohe Kontraste, hohe Auflösung und Schärfe)
- möglichst einfache Apparaturen und Abbildungen verwenden (detailarm)
- gleichartige Geräte implizieren gleichartige Handlungen
- nah beieinanderstehende Objekte werden als zusammengehörig empfunden
- verbundene Linien stechen bei Apparaturen klarer hervor, auch nicht verbundene Linien werden häufig als solche wahrgenommen
- symmetrische Anordnungen sind besonders wahrnehmungsaktiv
- Vorgänge immer von links nach rechts abbilden
- bekannte Objekte werden mit bestimmten Funktionen in Verbindung gebracht

Symbole und Bilder

- Gestaltungsgesetze anwenden
- aus der Sicht des Kindes aufnehmen
- für den gleichen Begriff immer das gleiche Symbol oder Bild verwenden
Grund: neue unbekannte Begriffe lassen sich leichter erlernen und mit einem Bild verknüpfen

Es sind noch keine Symbolsysteme entwickelt, die naturwissenschaftliche Geräte und Abläufe abbilden. Die in dieser Studie gewählte Begriff-Piktogramm-Zuordnung hat sich als sinnvoll erwiesen und ist an den entsprechenden Stellen abgebildet.

weitere visuelle Gestaltungsmaßnahmen:

- Wasser einfärben





Kognitive Gestaltung

Strukturierung

- deutlicher und gleichbleibender Unterrichtsablauf (siehe Kategorien 4 und 5)
- einheitliche und strukturierte Arbeitsplatzorganisation
- Forscherkreislauf als Orientierung im Unterricht einsetzen
Grund: Eine vorgegebene Strukturierung durch die Lehrkraft wird immer mehr zurückgenommen und der Schüler kann sich selbst an dem Kreislauf orientieren.
- Strukturierung des Arbeitsmaterials
 - Experimentieranleitung (siehe Kategorie 3)
 - Protokollbogen:
 - Deckblatt mit Titelbild und Titel
 - Fragestellung und Vermutung
 - Beobachtung (zusammengesetzt aus einem Bild und Text)
 - Ergebnis

Alle aufgeführten Punkte sind auf einer separaten Seite angebracht und mit den entsprechenden Piktogrammen bildlich unterstützt. Je nach Schüler können Textabschnitte vorgegeben sein.

Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Protokollbogens

			
Fragestellung	Vermutung	Beobachten	Ergebnis

- zusätzliche strukturgebende Unterstützungsmaßnahmen anbieten (zum Beispiel eine Unterlage, um verschiedene befüllte Bechergläser zu unterscheiden)

Inhalt und Komplexität

- anschaulich

<ul style="list-style-type: none"> - übertragbar auf andere Sachverhalte - entwicklungsgemäß und altersentsprechend - Inhalt auf das Wesentliche reduzieren (trotzdem muss Inhalt korrekt bleiben) - nur das, was nötig ist, an Inhalt nutzen, mit der Möglichkeit, den Inhalt später zu erweitern - Aspekte der <i>Leichten Sprache</i> verwenden (zum Beispiel nur einen Inhalt pro Satz abbilden)
<p>Fachbegriffe Auch Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung können Fachbegriffe lernen. Diese Begriffe müssen ausführlich besprochen und regelmäßig wiederholt werden, damit die Schüler die Wörter verinnerlichen können. Ein Beispiel ist der Begriff <i>Chemikalien</i>, der in jeder Experimentieranleitung wiederverwendet und mit einem Piktogramm verknüpft wird.</p>
<p>weitere kognitive Gestaltungsmerkmale</p> <ul style="list-style-type: none"> - regelmäßiges Wiederholen des Handlungsablaufs und der gesamten Unterrichtsstruktur - Fokus auf die Handlung legen, da sich Inhalte dadurch häufig besser einprägen

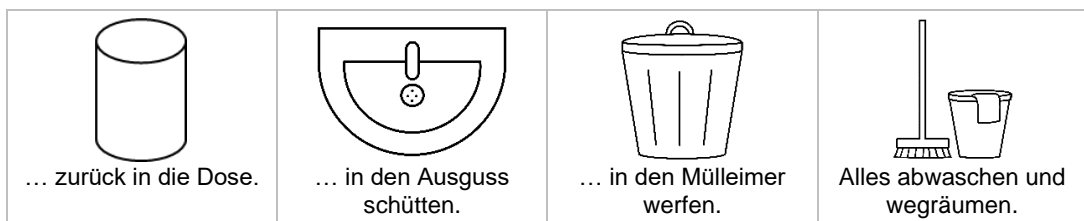
Kategorie 3: Naturwissenschaftliche Experimente

Naturwissenschaftliche Experimente bilden den Kern der Lernstationen. Die hier vorgestellten Kategorien sind auf Schülerexperimente ausgerichtet. Das Ziel liegt darin, den Schülern die Möglichkeit zu geben, beim Experimentieren immer eigenständiger vorzugehen.

Naturwissenschaftliche Experimente
Bei den naturwissenschaftlichen Experimenten wird zwischen den speziellen Experimentieranleitungen und den allgemeinen Kriterien zur Auswahl von Experimenten unterschieden.
Experimentieranleitungen
Die Experimentieranleitungen werden in drei Versionen dargeboten: <ul style="list-style-type: none"> - Vereinfachte Sprache - Symbolschrift - Fotografischer Handlungsablauf
Die Experimentieranleitungen geben vollständige Vorgaben oder sind als Forscherauftrag formuliert. Ein Forscherauftrag bietet die Möglichkeit, sich anhand vorgegebener Materialien weitere Geräte und Chemikalien zu erschließen sowie die Planung und Durchführung selbst vorzunehmen. So kann ein erster Öffnungsschritt erfolgen (Öffnungsschritte siehe Kapitel 2.3). Alle Experimentieranleitungen sollten allerdings die Chance geben, schon früher Öffnungen zu ermöglichen. Zusätzlich lernen die Schüler bei einem Forscherauftrag, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, um eine Frage zu beantworten. Nur weil andere Abläufe gewählt werden, müssen diese nicht falsch sein.
<p>Aufbau der Experimentieranleitungen Alle Experimentieranleitungen folgen dem gleichen Aufbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deckblatt mit Titel, Titelbild und Piktogramm der Version (durch Piktogramm können sich Schüler mit der Zeit eigenständig ihre Anleitung holen) - Kontext (Text und/oder Zeichnungen) - Materialliste <ul style="list-style-type: none"> • Mit einem Trennstrich die Geräte und Chemikalien voneinander abgrenzen (links: Geräte, rechts: Chemikalien) und ggf. noch das Piktogramm für Geräte und Chemikalien hinzufügen. • Checkboxen zum Abhaken vor jedes einzelne Material setzen. - Durchführung <ul style="list-style-type: none"> • Einzelne Durchführungsschritte auf je einer Seite abbilden. • Kopfzeile: Laufleiste, die alle Schritte abbildet. Nur der aktuelle Schritt ist in bunt dargestellt und mit einem roten Feld umrandet. Dies bietet auch den Lehrkräften eine

gute Orientierung, an welcher Stelle sich der Schüler gerade befindet. Wie sehr die Schüler selbst auf die Laufleiste achten, wurde in dieser Studie nicht untersucht, zumindest haben die Schüler die Laufleiste nicht als störend empfunden.

- Das Foto oder die Zeichnung ist von der schriftlichen Anordnung des Schrittes durch einen Strich getrennt. Der Text steht unter dem Bild.
 - Ausnahme: Bei der Vereinfachten Sprache werden alle Schritte untereinander mit Checkboxen aufgeführt.
 - Als letzten Schritt den Beobachtungsauftrag formulieren. Das hilft besonders bei den ersten Durchführungen der Experimente, sich auf die wichtigen Merkmale zu konzentrieren.
- Auswahl der Beobachtungsbilder anbieten, damit die Schüler zielgerichtet beobachten und über ihre Beobachtung nachdenken. Unter den Beobachtungsbildern sind Würfelbilder eingefügt, um nach der Auswahl des Bildes auf der nächsten Seite eine schnelle Kontrolle vornehmen zu können.
 - Richtiges Beobachtungsbild mit Beschreibung der Beobachtung abbilden.
 - Ergebnis
 - Merksatz
 - Aufräumen
 - Die Ausführung des Aufräumens ist sehr wichtig, da es Teil des Experimentierens ist und die Schüler häufig verunsichert sind, was sie nach dem Experiment mit den Materialien machen sollen.
 - Die Schritte setzen sich je nach Experiment aus bis zu vier Teilschritten zusammen, die jeweils mit einem eigenen Piktogramm visualisiert werden:



Weitere Punkte, die bei den Experimentieranleitungen beachtet werden sollten:

- Jede Phase wird mit dem zugehörigen Piktogramm als Abbildung verknüpft.
- Jede Phase und die unterteilten Punkte sind immer auf einer neuen Seite in der Versuchsvorschrift angeordnet.
- Tipp: Möglichst wenig Inhalt pro Seite.
- Auditiven Vorlesestift verwenden. Alle Texte und einzelnen Sätze können auditiv angehört werden, auch die einzelnen Materialien.

Begriff-Piktogramm-Zuordnung in den Experimentieranleitungen

 Worum geht es?	 Das brauchst du	 Geräte	 Chemikalien	 Wasser
 Das machst du	 Beobachten	 Ergebnis	 Merke dir	 Aufräumen

Auswahl der naturwissenschaftlichen Experimente und deren Anforderungen (damit Schüler die Experimente mit der Zeit möglichst eigenständig durchführen können)

Vor der Auswahl eines naturwissenschaftlichen Experiments muss entschieden werden, wozu das Experiment eingesetzt wird. Die aufgeführten Kriterien sind für Experimente entwickelt, die Schüler selbst durchführen und die sowohl den Vorgang beim Experimentieren verdeutlichen als auch den Inhalt transportieren.

<p>Materialauswahl und Vorbereitung der Experimente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gesetze der visuellen Wahrnehmung beachten (siehe Kategorie 2) - Grundausrüstung (Raum und Material) - ungefährliche Materialien und Abläufe, zum Beispiel PET-Bechergläser verwenden - Füllhöhe markieren - Motorisch für alle ermöglichen, das Experiment selbstständig durchzuführen (kann nicht immer gewährleistet werden, ggf. ist eine Assistenz nötig) - fachlich korrekt - angemessen an Altersstufe und Entwicklungsstufe - wenn möglich, den Effekt zeitnah beobachten - garantierte erfolgreiche Durchführung - deutliche Effekte zeigen
<p>Einsatz eines naturwissenschaftlichen Experiments in der Unterrichtsstunde</p> <ul style="list-style-type: none"> - systematischer Aufbau: Phasen des Forscherkreislaufs einhalten (siehe Kategorie 4) - Lernzeit schließt die Vor- und Nachbesprechung ein - reine Durchführungszeit maximal 20-30 Minuten, mit Vor- und Nachbesprechung meist 90 Minuten einplanen (je nach Klassenzusammensetzung kann die Zeit zu umfangreich sein, wird aber benötigt, ggf. Pausen einplanen) - Ergebnisse versprachlichen
<p>Einsatz von naturwissenschaftlichen Experimenten über eine längere Zeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - alle naturwissenschaftlichen Experimente in der darauffolgenden Woche wiederholen - regelmäßige Abstände beim Experimentieren - Experimente so gestalten, dass individuelle Öffnungen der einzelnen Phasen möglich sind (zum Verstehen des Begriffs Öffnung siehe Kapitel 2.3, Baur et al. (2020) und Priemer (2011))

Kategorie 4: Ablauf einer Lernstation mit einem naturwissenschaftlichen Experiment

Die Abläufe einer Lernstation orientieren sich an den Experimentierphasen des Forscherkreislaufs. In mehreren Klassen erweist sich der hier vorgestellte Ablauf einer Lernstation als sinnvoll, dieser ist aber nur als Vorschlag zu verstehen, der je nach Klassenzusammensetzung, variieren kann.

Ablauf einer Lernstation mit einem naturwissenschaftlichen Experiment
<p>1) Kontext im Klassenverband besprechen</p> <ul style="list-style-type: none"> • zunächst durch Bilder und Materialien Ideen sammeln • Fragen formulieren (von Lehrkraft notieren) • Vermutungen äußern (von Lehrkraft notieren, da die Vermutungen während des Experimentierens ansonsten in Vergessenheit geraten) • zusammenfassenden Text lesen
<p>2) Experiment planen</p> <ul style="list-style-type: none"> • alleine, im Team oder als Klasse • Materialien: in einer Box zur Verfügung stellen und eigenständig abhaken oder selbst Materialien finden • Schritte überlegen
<p>3) Experiment durchführen</p> <ul style="list-style-type: none"> • alleine, im Team oder als Klasse • ggf. Zusatzmaterial, wie eine strukturierende oder kontrastgebende Unterlage • Schülern bewusst machen, dass jedem Fehler unterlaufen können und demzufolge falsche Beobachtungen und Ergebnisse entstehen

- 4) Beobachten
- zu Beginn ist ein Beobachtungsauftrag zur Fokussierung hilfreich
 - ggf. Kontraste anbieten, zum Beispiel Wasser einfärben
- 5) Ergebnis
- Vermutungen abgleichen und den Schülern zugestehen, dass falsche Vermutungen geäußert werden dürfen
 - bei den ersten naturwissenschaftlichen Experimenten das Ergebnis gemeinsam besprechen
 - je nach Komplexität des naturwissenschaftlichen Hintergrunds Ergebnis auch bei späteren Experimenten gemeinsam besprechen
 - Schüler Ideen äußern lassen
 - gemeinsam den Text lesen oder nur mündlich besprechen
 - ggf. Zusatzmaterial zur Unterstützung bereithalten
- 6) Dokumentieren
- Dokumentieren auf Grundlage des Protokollbogens
 - mögliche Dokumentation: Fragestellung, Vermutung, Beobachtung, Ergebnis
 - sinnvoll: Beobachtung und Ergebnis nicht in einer Unterrichtsstunde dokumentieren (einen Teil in der ersten Stunde und den anderen Teil in der Wiederholungsstunde), direkt im Anschluss an die Phase sollte die entsprechende Phase dokumentiert werden
- 7) Aufräumen
- in der aufgeführten Reihenfolge das Aufräumen vornehmen
- Grund: es gibt Struktur, teilweise ist eine bestimmte Reihenfolge nötig



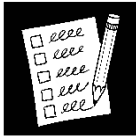
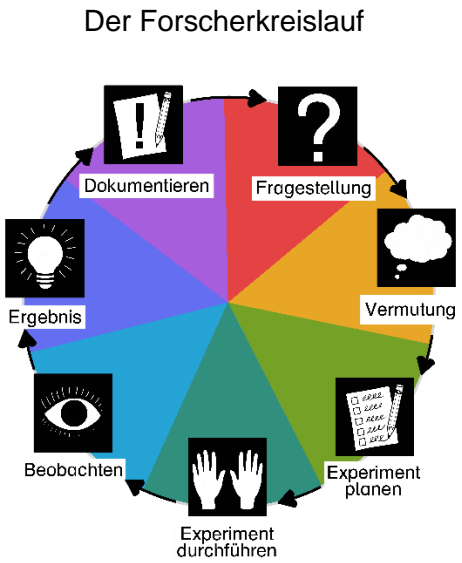




Insgesamt

- Etwa eine Doppelstunde, d. h. 90 Minuten, pro Lernstation. Je nach Klasse ist es nötig, zwischendurch Pausen zu machen, in dem Fall werden die 90 Minuten überschritten.
- Mit der Zeit immer mehr Eigenständigkeit ermöglichen.
- Je nach Klasse ist unterschiedlich viel Struktur durch die Lehrkraft nötig.
- Der gesamte Ablauf ist an den Forscherkreislauf angelehnt, sodass die Schüler den Ablauf auch visuell unterstützt erfassen können und dieser ihnen eine Orientierung bietet, um mit der Zeit selbstständiger zu arbeiten.

Forscherkreislauf

Achtung: Der Kreislauf gilt als didaktische Unterstützung und sollte nicht mit einem naiven Abbildschema des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses verwechselt werden (Marquardt-Mau, 2011).

Begriff-Piktogramm-Zuordnung des Forscherkreislaufs

			<p>Der Forscherkreislauf</p> 
Fragestellung	Vermutung	Experiment planen	
			
Experiment durchführen	Beobachten	Ergebnis	
	Die Phasen Ergebnis und Dokumentieren können je nach Dokumentationsstunde vertauscht sein.		
Dokumentieren			

Kategorie 5: Ablauf der gesamten Unterrichtseinheit

Nur durch einen regelmäßig stattfindenden Experimentierunterricht ist es möglich, die Schüler an ein naturwissenschaftliches Arbeiten heranzuführen und sie sich in ihrer experimentellen Kompetenz weiterentwickeln zu lassen. Das selbstständige Experimentieren kann durch einen strukturierten Aufbau der gesamten Unterrichtseinheit mit immer mehr Elementen und Öffnungsschritten erzielt werden.

Ablauf der gesamten Unterrichtseinheit
<p>Lerneinheit 1: Grundlagen schaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motivation durch spannendes Experiment schaffen, ohne schon zu sehr den Vorgang beim Experimentieren zu fokussieren. - Materialkunde, zum Beispiel durch Materialbetrachtung und ein Memory ermöglichen. - Sicherheitsbelehrung durchführen.
<p>Lerneinheit 2: naturwissenschaftliche Experimente mit Experimentieranleitungen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zu Beginn ist meist eine Führung durch die Lehrkraft nötig. Zudem sollten die ersten naturwissenschaftlichen Experimente oder zumindest das erste Experiment in vollem Umfang gemeinsam von der Klasse durchgeführt werden. - Phasen beiläufig benennen.
<p>Lerneinheit 3: Einführung Forscherkreislauf</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zunächst anhand eines Experiments exemplarisch den Forscherkreislauf erarbeiten, dazu bietet sich ein bekanntes Experiment an. - Gemeinsam im Unterricht den Forscherkreislauf bei den weiteren Experimenten anwenden. - Forscherscheibe für ein individuelles Arbeiten anbieten.
<p>Lerneinheit 4: Vertiefung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Immer wieder neue Themen mit neuen naturwissenschaftlichen Experimenten behandeln. - Mit der Zeit die Phasen immer weiter öffnen, kann bei jedem Schüler unterschiedlich sein.
<p>Insgesamt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alle Lernstationen in der darauffolgenden Woche wiederholen. - Immer die Möglichkeit der Öffnung in allen Phasen geben.

Exemplarisch ist in dieser Studie eine Unterrichtseinheit entwickelt, die alle genannten Kriterien des vorgestellten Katalogs erfüllt. Alle Lernmaterialien können im Unterricht mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung eingesetzt werden⁴. Zudem sind die Lernmaterialien auch für den Förderschwerpunkt Lernen sowie Sehen getestet und für wirksam befunden worden. In den Interviews dieser Studie geben die Lehrkräfte an, dass sie die Lernmaterialien für den Einsatz im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung als sehr gut geeignet ansehen und sich wünschen, dass weitere Lernmaterialien in diesem Bereich erstellt werden. Durch den aufgeführten Kriterien-Katalog ist zudem eine Möglichkeit für die Erstellung von eigenen Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten gegeben.

⁴ Alle Lernstationen sollen in einem separaten Experimentierband veröffentlicht werden.

Abschließend sind die wichtigsten Kriterien, die bei der Erstellung von einzelnen Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung Beachtung finden sollten, noch einmal im Überblick zusammengefasst.

Kurzfassung des Kriterien-Katalogs
<p><i>Gesamter Unterricht:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Den Unterricht immer gleichbleibend und strukturiert am Ablauf des Forscherkreislaufs ausrichten: Fragestellung, Vermutung, Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten, Ergebnis, Dokumentieren. Die letzten beiden Phasen können wechseln. - Verschiedene Aneignungswege ermöglichen (basal, gegenständlich, symbolisch/bildhaft, begrifflich).
<p><i>Experimentieranleitungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Anleitungen in drei Versionen anbieten: Vereinfachte Sprache, Symbolschrift, Fotografischer Handlungsablauf. - Alle Anleitungen folgen dem gleichen Aufbau: Kontextualisierung, Materialienkontrolle, Durchführung, Beobachtung, Ergebnis, Merksatz und Aufräumen. - Regeln der Leichten Sprache anwenden. - Visuelle Unterstützung durch Symbole und Bilder, die sich regelmäßig wiederholen (kontrastreich, detailarm, relevanter Gegenstand im Vordergrund, aus Sicht des Kindes aufgenommen, Handlungen immer von links nach rechts abbilden, immer den gleichen Begriff für den gleichen Sachverhalt). - Auditive Unterstützung durch einen Vorlesestift.
<p><i>Experimente:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die gesamte Unterrichtsstunde umfasst maximal 90 Minuten und schließt die Vor- und Nachbereitung ein. - Die reine Durchführung der Experimente (Materialkontrolle, Durchführung, Beobachtung) dauert maximal 30 Minuten. - Regelmäßige Abstände beim Experimentieren, gut geeignet ist einmal pro Woche. - Experimente immer in der darauffolgenden Woche wiederholen. - Ungefährliche und haushaltsübliche Materialien verwenden. - Mengenangaben durch Markierungen der Füllhöhe visualisieren. - Die Durchführung muss sicher gelingen, d. h., das Material und der Ablauf sind klar und deutlich und lassen wenig Fehlerquellen zu. - Effekte sind zeitnah beobachtbar und deutlich sichtbar. - Alters- und entwicklungsgemäße Kontexte berücksichtigen. - Nur den nötigsten Inhalt präsentieren, trotzdem fachlich korrekt bleiben. - Neue Fachbegriffe nach und nach ergänzen und regelmäßig wiederholen. - Experimente müssen individuelle Öffnungsschritte in den einzelnen Experimentierphasen ermöglichen.

D Re-Framing

7 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Studie wird jeweils ein ausgewählter Bereich der Sonderpädagogik und der Naturwissenschaften zusammengeführt. Aus den verschiedenen Förderschwerpunkten der Sonderpädagogik wird die Schülergruppe mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung fokussiert. Seitens der Naturwissenschaften wird der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz, speziell die naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise des Experimentierens, in den Blick genommen. Obwohl es zunehmend Studien gibt, die sich mit dem naturwissenschaftlichen Experimentieren in inklusiven Gruppen beschäftigen, werden dabei meist nur die Förderschwerpunkte Lernen, Sprache und sozial-emotionale Entwicklung einbezogen (Musenberg & Riegert, 2015). Aus diesem Grund hat sich diese Studie dem vorliegenden Desiderat des naturwissenschaftlichen Experimentierens von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung angenommen. Auch wenn die Schülergruppe sehr heterogen ist, sollte versucht werden, alle Schüler am Unterricht partizipieren zu lassen (Stöppler, 2017).

In diesem Kapitel werden die eingesetzten Methoden kritisch reflektiert und weitere Limitationen benannt. Zudem werden die Ergebnisse mit Blick auf die beiden Forschungsfragen dargestellt. Aus den Reflexionen und Ergebnissen der Studie werden abschließend Forschungsdesiderate abgeleitet.

Methodenkritik und Limitation der Studie

Sowohl bei den Methoden der Datenerhebung als auch bei den Methoden der Datenauswertung ergeben sich mögliche Kritikpunkte, die die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken. Eine kritische Auseinandersetzung und Methodenkritik erfolgt am Ende der jeweiligen Mesozyklen, weshalb zur Vermeidung von Dopplungen im Folgenden nur die prägnantesten Aspekte kurz reflektiert werden. Die Reflexion bezieht sich zunächst auf die gesamte Studie und anschließend auf die einzelnen Mesozyklen.

Der Online-Fragebogen der Vorstudie wurde nicht anhand einer Itemanalyse überprüft. Auch die Stichprobengröße von 22 Lehrkräften ist gering. Da diese Vorstudie allerdings lediglich als Bedarfsanalyse dient, um den Bedarf von Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten für die Schülergruppe mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung aus Sicht der Schulpraxis aufzuzeigen, ist dieser Punkt als zu vernachlässigbar einzuschätzen. Zudem wird aus der gering vorliegenden Literatur die Notwendigkeit der Thematik ersichtlich.

Ein weiterer Kritikpunkt ergibt sich in Bezug auf die Beantwortung der Leitfragen. Wie in Kapitel 5.5.3 beschrieben, dienen diese lediglich der Richtungsweisung in den einzelnen Mesozyklen und werden aufgrund der hohen Anzahl nicht explizit beantwortet. Die Ergebnisdarstellungen in den einzelnen Zyklen sind jedoch an den Leitfragen ausgerichtet. Da abschließend die Forschungsfragen beantwortet werden, ist die Betrachtung jeder einzelnen Leitfrage zu vernachlässigen.

Die zur Zeit der Studie bestehende Covid-19-Lage erschwerte viele Erhebungen. Zum einen konnten weniger Schüler zu Erhebungen herangezogen werden, zum anderen ergaben sich terminliche Verschiebungen und häufigerer Fehltage einzelner Schüler. Auf diesen Kritikpunkt wird in den einzelnen Mesozyklen konkreter eingegangen.

Mesozyklus 1 bis Mesozyklus 5: Konzeption und Evaluation der Lernstationen

In den verschiedenen Mesozyklen sind verschiedene Erhebungsmethoden und Personengruppen ausgewählt, um eine möglichst hohe Aussagekraft über die konzipierten Lernstationen zu erhalten. Zur Einschätzung der Schwierigkeiten der Texte ist der Lesbarkeitsindex LIX eingesetzt. Es ist kritisch zu hinterfragen, ob Experimentieranleitungen als typische Texte anzusehen sind, da der Fließtext beispielsweise durch die Strukturierungshilfe in Form von Abhaklisten aufgelöst wird.

Eine erste Evaluation fand mit einer heterogenen Stichprobe aus Wissenschaftlern und Studierenden statt. Einige Befragte aus den Naturwissenschaften haben keinen Bezug zu Schülern allgemein oder Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Allerdings ist allen gemeinsam, dass ihre Ausbildung einen Bezug zur Wissenschaft Chemie aufweist und sie somit die Fachlichkeit und Verständlichkeit der Experimentieranleitungen beurteilen können.

Die Methode der Interviews mit den Experten hat sich als geeignet erwiesen. Durch die offene Form konnten die Lehrkräfte ihre Kritikpunkte anbringen und die Verfasserin hatte jederzeit die Möglichkeit, Nachfragen zu stellen. Besonders die Interviews in Teams sind durch den direkten Austausch der Lehrkräfte sehr gewinnbringend. Die Anzahl der Lehrkräfte mit $n = 23$ wird als ausreichend angesehen, da die Lernstationen zusätzlich noch von Schülern evaluiert wurden. Außerdem wurden so viele Interviews durchgeführt, bis die Stichprobe gesättigt war.

Die kontinuierliche Verbalisierung bei der Methode Lautes Denken ist kritisch zu sehen. Vor der eigentlichen Datenerhebung wurde daher ein Methodentraining durchgeführt, in dem die Schüler Rechenaufgaben und Schätzaufgaben mit gleichzeitiger Verbalisierung aller ihrer Gedanken lösen sollten (Sandmann, 2014). Dennoch haben die Schüler mit dem Förderschwerpunkt Lernen ihre Gedanken im Verlauf des Experimentierens immer weniger verbalisiert und mussten kontinuierlich zur lauten Aussprache angeregt werden. Des Weiteren haben wegen der Covid-19-Situation weniger Schüler an der Erhebung teilgenommen als

zunächst geplant. Die Experimente mussten allerdings maximal zwei Mal durchgeführt werden, bis eine gesättigte Stichprobe erreicht war. Obwohl zu allen drei Lerneinheiten andere Schülergruppen herangezogen wurden, wurde eine ähnliche Anzahl an Durchgängen bis zur gesättigten Stichprobe benötigt. Daher ist anzunehmen, dass aufgrund der vorherigen Rückmeldungen durch die Lehrkräfte auch bei anderen Schülern ein ähnliches Ergebnis entstanden wäre.

Bei der Methode der Teilnehmenden Beobachtung unterliegen alle Ergebnisse einer subjektiven Interpretation der Beobachtenden (Hauser-Schäublin, 2020). Dem wurde entgegengewirkt, indem mindestens zwei Lehrkräfte die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung beim Experimentieren beobachteten. Gleichzeitig erhielten die Schüler die Möglichkeit, während und im Anschluss an das Experimentieren eine eigene Rückmeldung zu geben. Sowohl bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt Lernen, als auch bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung hatten die Lehrkräfte die Lernstationen vorab in einem Umfang evaluiert, dass bei den Schülern kaum Probleme auftraten. Dies zeigt, wie gut die Lehrkräfte ihre Schülerschaft einschätzen können, obwohl die Evaluationen nicht durch die Lehrkräfte der Klassen abgegeben wurden. Trotzdem ist es sinnvoll, die Schüler, als Experten in eigener Sache, die Lernstationen beurteilen zu lassen (Netzwerk Leichte Sprache, 2013).

Bei der Methode der Datenauswertung wurde in den einzelnen Mesozyklen auf die Gütekriterien eingegangen, sodass dies nicht erneut wiederholt wird. Die Mesozyklen haben gemeinsam, dass das genutzte Kategoriensystem zur Auswertung der Daten im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse nicht auf seine Objektivität, Reliabilität und Validität geprüft wurde.

Mesozyklus 6: Entwicklung des Erhebungsinstruments - Beobachtungsbogen

Der Beobachtungsbogen ist auf Basis der Zweidimensionalen Matrix von Baur et al. (2017a) entwickelt worden. Durch die Berechnung der Fleiss-Kappa-Werte wurde eine Interrater-Übereinstimmung sichergestellt. Eigentlich sollte der Beobachtungsbogen in verschiedenen Klassen getestet werden, dies war aufgrund der Covid-19-Lage allerdings nicht möglich. Aus diesem Grund wurden auch bei dem Einsatz des Bogens über ein Schuljahr hinweg weiterhin in regelmäßigen Abständen die Fleiss-Kappa-Werte bestimmt, die überwiegend mit Werten über 0,81 zufriedenstellend sind. Da es sich bei dem Bogen nicht um ein standardisiertes Testinstrument handelt, ist eine hundertprozentige Übereinstimmung der Beobachtungen nicht nötig. Wenn immer der gleiche Beobachter einen Schüler beobachtet, kann eine Entwicklung von dem Schüler erstellt werden. Die Aussagekraft über die Erfassung der experimentellen Kompetenzentwicklung der Schüler auf Grundlage der Beobachtungsbögen wurde durch Interviews mit den beobachtenden Lehrkräften am Ende der Studie bestätigt. Die Auswertung des Bogens lässt durch die Eintragungen der Lehrkräfte in die zweidimensionale Matrix keine

Interpretation des Auswertenden zu. Interpretiert werden kann allerdings, weshalb der Schüler sich auf einer bestimmten Stufe befindet. Da der Beobachtungsbogen in dieser Studie eigens entwickelt wurde, lag vorab kein Auswertungsraster vor. Aus diesem Grund wird zur Veranschaulichung das Spinnennetz in Anlehnung an Stäudel (2007) und Maiseyenko (2014) genutzt. Außerdem werden die Daten in einem Liniendiagramm als Verlaufslinien eingetragen.

Mesozyklus 7 und 8: Entwicklung der experimentellen Kompetenz

Auch bei der Entwicklung der experimentellen Kompetenz lassen sich Kritikpunkte formulieren. Die Stichprobengröße von neun Schülern lässt keine Verallgemeinerung der Ergebnisse auf den gesamten Förderschwerpunkt zu. Durch den Überblick aller Schüler und die individuellen Fallbeschreibungen sind jedoch Tendenzen sichtbar. Zudem ist die gesamte Erhebung der experimentellen Kompetenz durch die Covid-19-Situation beeinflusst. Zunächst ergaben sich häufigere Fehlertermine der Schüler und Abweichungen im Unterrichtsablauf. Außerdem waren die Lehrkräfte, anders als geplant, in allen Stunden in das Unterrichtsgeschehen eingebunden, wodurch eine Beobachtung erschwert ist. Dies zeigte sich auch bei der gleichzeitigen Beobachtung von mehr als zwei bis drei Schülern.

Wie schon im Ziel festgelegt, liegt der Fokus darauf, die Entwicklung der experimentellen Kompetenz zu erheben. Um weitere wichtige Faktoren, wie Interesse und Inhalt, nicht unbeachtet zu lassen, wurden diese in einem Interview erhoben. Da nur ein abschließendes Interview mit den Schülern stattfand, kann der Inhalt nicht von allen Lernstationen in vollem Umfang erfasst werden. Die Erinnerungsfähigkeit der naturwissenschaftlichen Experimente kann in Bezug auf Aufbau, Durchführung/Ablauf und Deutung/Ergebnis erfasst werden (Lück & Risch, 2019; Scholz et al., 2018). In dieser Studie liegt der Fokus der Erinnerungsfähigkeit auf dem Ergebnis, wobei auch dieses nicht mit allen Facetten und tiefgründig zu jeder Lernstation in nur einem Gespräch wiedergegeben werden kann. Für eine größere Aussagekraft bezüglich des verinnerlichten Inhaltes der Lernstationen in allen drei Bereichen sind mehrere Interviews mit den Schülern nötig, was sich in einer separaten Studie als fokussierter Untersuchungsgegenstand eignet.

Mesozyklus 9: Kriterien für die Gestaltung von Lernstationen

Die konzipierten Lernstationen sind von Experten aus Wissenschaft und Schule als praxistauglich und adressatengerecht bewertet worden. Rückblickend ergibt sich jedoch ein Kritikpunkt. Bei allen Lernmaterialien wird auf Einheitlichkeit geachtet, auch bei der Begriff-Piktogramm-Zuordnung (Hallbauer & Kitzinger, 2016). Erst am Ende der Studie fällt auf, dass sich das Piktogramm des Ergebnisses bei dem Forscherkreislauf und der Experimentieranleitung unterscheidet. Während das Ergebnis bei dem Forscherkreislauf als Glühbirne abgebildet ist, zeigt die Experimentieranleitung für das Ergebnis ein Ausrufezeichen

und für den Merksatz die Glühbirne. Da die Schüler meist als zusammenfassendes Ergebnis den Merksatz wiederholen und diesen auch auf dem Protokollbogen als Ergebnis dokumentieren, zeigen die Schüler keine Verständnisprobleme bei den verschiedenen Begriffen zu dem gleichen Piktogramm. Bei weiteren Konzeptionen sollte das Piktogramm in der Experimentieranleitung dem Forscherkreislauf angepasst werden, sodass das Ergebnis durch die Glühbirne und der Merksatz durch das Ausrufezeichen visualisiert werden. Im abschließenden Kriterien-Katalog ist die Änderung der Piktogramme bereits inbegriffen. Inwieweit die Lehrkräfte den aus der Literatur und den Lernstationen abgeleiteten Kriterien-Katalog bei der Konzeption neuer Lernstationen anwenden können, ist nicht mehr geprüft worden. Dies könnte in einem nächsten Schritt erfolgen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die eingesetzten Testinstrumente für die vorliegende Studie als geeignet eingeschätzt werden. Trotz der genannten Limitationen ist eine stabile Untersuchung durchführbar gewesen und die beiden der gesamten Studie übergeordneten Zielsetzungen konnten erfüllt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

An dieser Stelle wird eine grobe Zusammenfassung mit Blick auf die beiden übergeordneten Forschungsfragen gegeben, die sowohl praktische als auch theoretische Ergebnisse liefern. Zur Beantwortung der Forschungsfrage 1 wurden zwölf Leitfragen und zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 wurden sieben Leitfragen herangezogen. Die ausführlichen Ergebnisse sind den einzelnen Mesozyklen des Design-Experiments zu entnehmen (siehe Kapitel 6).

Forschungsfrage 1:

Wie müssen Lernmaterialien für Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestaltet sein, um ihnen die Durchführung naturwissenschaftlicher Experimente zu ermöglichen?

Jeder Unterricht ist auf Lernmaterialien angewiesen, sodass auch der naturwissenschaftliche Unterricht nicht ohne Lernmaterialien auskommt (Leisen, 2015). Beim Experimentieren setzen sich die Lernstationen im naturwissenschaftlichen Unterricht aus den naturwissenschaftlichen Experimenten sowie den Lernmaterialien in Form von Experimentieranleitung, Arbeitsblättern und weiteren Unterstützungsangeboten zusammen. Zunächst muss geklärt sein, ob das Experiment als Mittel zum Zweck oder als Lernziel eingesetzt wird (Sommer et al., 2021). In dieser Studie dient das Experiment als Lernziel. Für viele Lehrkräfte ist die Konzeption von Experimenten herausfordernd, da diese entweder über sonderpädagogisches oder chemisches Wissen verfügen, selten vereint eine Person beide Expertisen (Weirauch et al., 2020a). Daher benötigen die Lehrkräfte sowohl vorbereitete Lernmaterialien, die sie im

Unterricht einsetzen können, als auch Hinweise, mit deren Hilfe sie selbst Experimente erstellen können. Auf praktischer Ebene sind zwölf Lernstationen zuzüglich ergänzender Lernstationen für einen Einstieg in das naturwissenschaftliche Experimentieren konzipiert und evaluiert worden, die den Lehrkräften für eine Verwendung in ihrem Unterricht zur Verfügung gestellt werden. Die Lernstationen⁵ umfassen Experimentieranleitungen in drei Versionen (Vereinfachte Sprache, Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf), Protokollbögen sowie zusätzliche Materialien zur Veranschaulichung und Strukturierung (siehe Kapitel 6.1 bis 6.3). Sie sind so konzipiert, dass die Schüler mit zunehmender Zeit immer eigenständiger experimentieren können. Die Lehrkräfte geben im Interview an, es positiv zu finden, dass sich mit der Thematik auseinandergesetzt wird und auch die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung die Möglichkeit bekommen, naturwissenschaftliche Experimente durchzuführen. Sie empfinden die Teilnahme an der Studie als sehr gewinnbringend für sich selbst, aber vor allem für die Schüler. Ergänzend zu den fertiggestellten Lernstationen ist auf theoretischer Ebene ein Kriterien-Katalog erstellt, der Hinweise zur Auswahl und Planung von Experimenten gibt. Außerdem beinhaltet der Katalog Gestaltungsmerkmale für Lernmaterialien sowie einen Vorschlag für einen sinnvollen Ablauf der einzelnen Lernstationen und einer gesamten Unterrichtseinheit (siehe Kapitel 6.7). Auf dieser Basis können Lehrkräfte eigenständig Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten erstellen.

Forschungsfrage 2:

Ermöglichen die Lernmaterialien bei den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung einen Aufbau und die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenz?

Ein zentrales Ziel im naturwissenschaftlichen Unterricht ist die Förderung der experimentellen Kompetenz als Teil der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Kechel, 2016). Dieses Ziel kann vor allem dadurch erreicht werden, dass das Experiment nicht als Methode, sondern als Gegenstand im Unterricht eingesetzt wird (Barzel et al., 2012). Über ein Schuljahr wurde die experimentelle Kompetenz der Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung auf Grundlage des Beobachtungsbogens regelmäßig erfasst (Kapitel 6.5 und 6.6). Es zeigt sich, dass die Schüler sich in verschiedenen Phasen auf unterschiedlichen Stufen befinden können, was auch schon aus den Offenheitsgraden der Experimente hervorgeht (Baur et al., 2020). Wie ebenfalls schon zuvor angenommen wird bestätigt, dass die Schüler zu Beginn einen aktiven und gelenkten Unterricht benötigen (Terhart, 2014). Über die gesamte Zeit hinweg erhalten sie einen strukturierten Unterricht, der immer mehr Öffnungen zulässt. Diese Strukturierung ist für die Schüler sehr gewinnbringend und ermöglicht es ihnen, in den einzelnen Phasen und dem gesamten Experimentierprozess, zunehmend sicherer zu werden und vereinzelt ihre Selbstständigkeit auszubauen. Mit der Zeit beachten die Schüler vermehrt

⁵ Alle Lernstationen sollen in einem separaten Experimentierband veröffentlicht werden.

die einzelnen Experimentierphasen und verstehen deren Bedeutung. Um eine Systematik im Experimentierprozess zu erkennen, ist es nötig, den Forscherkreislauf explizit zu besprechen und zu visualisieren. Dadurch können sich die Schüler im Unterricht an den Phasen orientieren, auch wenn sie bei einer theoretischen Wiedergabe des Kreislaufs häufig noch nicht die richtige Reihenfolge angeben können. Zudem lernen die Schüler über das gesamte Schuljahr hinweg immer wieder neue Begrifflichkeiten, die sie sich, besonders durch regelmäßige Wiederholung, recht gut einprägen. Auch die Inhalte der einzelnen Lernstationen können sie sich in unterschiedlichen Ausprägungen merken, wobei die Erinnerungsfähigkeit nur abschließend und mit Fokus auf das Ergebnis untersucht wurde. Insgesamt zeigen die Schüler sehr viel Freude und Interesse an den Lernstationen mit naturwissenschaftlichen Experimenten.

Um die experimentelle Kompetenz der Schüler überhaupt erfassen zu können, ist in Anlehnung an die Offenheitsgrade nach Baur et al. (2017a) ein Beobachtungsbogen entwickelt und evaluiert worden (Kapitel 6.4). Dieser Beobachtungsbogen bildet auf theoretischer Ebene ein Instrument, das Lehrkräfte zur Erfassung der experimentellen Kompetenz ihrer Schüler im Unterricht heranziehen können. Vor dem Einsatz ist eine intensive Auseinandersetzung mit dem Bogen nötig, indem der Überblick der zweidimensionalen Matrix sowie der Leitfaden gründlich gelesen werden. Bei der Beobachtung selbst sollte sich auf maximal zwei bis drei Schüler beschränkt werden, da sonst keine umfassende Beobachtung möglich ist.

Im Unterricht können die Kompetenzen der Schüler gefördert werden. Besonders im Experimentalunterricht werden viele Kompetenzen gefördert und gefordert (Filusch, 2017). Diese Studie hat gezeigt, dass die Schüler mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung mit geeigneten Lernmaterialien naturwissenschaftliche Experimente durchführen können und dabei immer mehr an Sicherheit und Zutrauen gewinnen. Zudem können sie mit der Zeit in unterschiedlichen Ausprägungen in den verschiedenen Phasen offener arbeiten. Durch die höheren Öffnungsgrade entwickeln sich die Schüler in ihren Teilkompetenzen weiter und bauen somit ihre gesamte experimentelle Kompetenz aus. Einzelne Teilkompetenzen nutzen den Schülern nicht nur beim Experimentieren, sondern auch in anderen Lebenssituationen, wie beispielsweise beim strukturierten Vorgehen zum Lösen eines Problems.

Ausblick

Zu Beginn des Kapitels sind bereits zwei mögliche Anschlusspunkte an die vorliegende Studie aufgeführt. Zum einen sollte der erstellte Kriterien-Katalog zur Konzeption neuer Lernstationen von Experten aus der Schule reflektiert werden. Zum anderen könnte bei der Durchführung der Lernstationen der Fokus vermehrt auf die Erinnerungsfähigkeit der Schüler gelegt werden, nicht nur was die Ergebnisse der Experimente betrifft, sondern auch deren Aufbau und

Durchführung. Auf eine ausführliche Beschreibung der beiden denkbaren, sich anknüpfenden Forschungsvorhaben wird zur Vermeidung von Redundanzen verzichtet. Neben den schon genannten möglichen Anschlusspunkten gibt es aber noch weitere Desiderate, die sich aus der Untersuchung ergeben.

Eine Problematik besteht bei der Erstellung der Lernstationen. Die Version in Vereinfachter Sprache stellt keine Schwierigkeiten dar. Anders sieht es mit der Version in Symbolschrift und der als Fotografischer Handlungsablauf aus. Für die Symbolschrift sind noch keine Zeichensysteme entwickelt, welche Geräte, Chemikalien und naturwissenschaftliche Abläufe abbilden. In der Praxis wird daher häufig auf verschiedene Symbolsammlungen, wie beispielsweise PCS, Metacom oder Sclera zurückgegriffen (Scholz et al., 2016a). Auch die Fotos des Fotografischen Handlungsablaufs sind als solche in keiner Datenbank hinterlegt. In dieser Studie wurden alle Zeichnungen eigenständig angefertigt sowie alle Fotos einzeln aufgenommen und freigestellt. Dieses Vorgehen ist sehr aufwendig und in der Schulpraxis nicht leistbar. Aus diesem Grund bietet sich eine Studie an, die ein spezifisches Symbolsystem entwickelt, evaluiert und anschließend für alle Lehrkräfte zum Einsatz in der Schule bereitstellt. Somit wird allen Lehrenden die Möglichkeit eröffnet, selbst Experimentieranleitungen zu entwerfen.

Eine weitere Herausforderung entsteht mit Blick auf die Inklusion. Die UN-Behindertenrechtskonvention verpflichtet zu einem inklusiven Bildungssystem (Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen, 2017). Damit ist auch die Forderung nach einem inklusiven Fachunterricht inbegriffen. Ein inklusiver Fachunterricht „unterbreitet fachbezogene Bildungsangebote für alle Schülerinnen und Schüler und ermöglicht individuelle Lernfortschritte und subjektiv sinnvolle Teilhabe an gemeinschaftlichen erlebten Unterrichtsangeboten.“ (Musenberg & Riegert, 2015, S. 24). Die zentrale Frage dabei ist, wie es inklusionspädagogisch möglich ist, alle Kinder in Einzel- und Gruppensituationen aktiv, gewinnbringend und entwicklungsentsprechend lernen zu lassen (Markowetz, 2016). In Bezug auf die entwickelten Lernmaterialien stellt sich die Frage, ob diese auch in einem inklusiven Setting anwendbar sind. Alle Lernstationen wurden nicht nur mit Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, sondern auch in den Förderschwerpunkten Sehen sowie Lernen eingesetzt, getestet und für tauglich befunden. Beruft man sich zudem auf den UD-Ansatz, sind sämtliche für die Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung ausgelegten Materialien, auch für alle Schüler mit anderem oder keinem Förderschwerpunkt gut geeignet (Fisseler, 2020). Weiterhin kommt man mit den entwickelten Lernstationen dem Verständnis einer inklusiven Experimentiersituation nach. Diese schafft eine Lernsituation, welche grundsätzlich für alle Lernenden passend gestaltet ist, statt nur besondere Hilfsmittel für bestimmte Lerngruppen vorzusehen (Weirauch et al., 2020b). Für einen gemeinsamen inklusiven Unterricht kann das Konstrukt „Lernen am

gemeinsamen Gegenstand“ von Feuser (1989; 2013) herangezogen werden. Mit dem gemeinsamen Gegenstand ist der zentrale Prozess angesprochen, der hinter den beobachtbaren Erscheinungen steht. Um diesen gemeinsamen Gegenstand zu finden, sollte der Unterricht an dem niedrigsten Entwicklungsniveau ansetzen und sich davon ausgehend im wissenschaftlichen Umfang ausdehnen. Dies ist mit den Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung erfolgt. Alle entwickelten Lernmaterialien können als Grundlage gesehen werden, um darauf aufbauend Vertiefungen für andere Schülergruppen zu schaffen. Beispielsweise kann bei der Lernstation *Feind der Tiere* die Thematik auf die Dichte von Wasser, Salzwasser und Plastikarten sowie deren Einfluss auf das Schwimmen und Sinken ausgeweitet werden. Allerdings ist die in dieser Studie vorgestellte Nutzung der Lernmaterialien in einem inklusiven Lernsetting nur hypothetisch und noch nicht in einer Studie untersucht worden. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Rahmenbedingungen ein inklusives Arbeiten ermöglichen. Zudem sind in der Betrachtung der inklusiven Lerngruppe die Schüler mit einer komplexen Behinderung ausgenommen. Dadurch besteht die Gefahr, dass diese Schülerschaft als „Restschule“ übrig bleibt (Wagner, 2013). Um dem entgegenzuwirken, sollten sich Studien anschließen, welche die Lernstationen für die Schülergruppe mit komplexer Behinderung aufbereiten. Nur durch weitere Studien kann das bestehende Desiderat des inklusiven Chemieunterrichts, bestehend aus der Fachdidaktik Chemie und aller Bereiche der Sonderpädagogik, abgebaut werden (Reiners, 2017).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass besondere Anforderungen an das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gestellt werden. Nicht nur das naturwissenschaftliche Experimentieren von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, sondern auch der inklusive naturwissenschaftliche Fachunterricht, sind bisher wenig zum Gegenstand von Lehre und Forschung gemacht worden (Menthe & Hoffmann, 2015). In den letzten Jahren entstehen vereinzelt Studien in diesem Bereich, für ein umfassendes Bild sind allerdings noch viele weitere Untersuchungen notwendig.

E Verzeichnisse

8 Literaturverzeichnis

- [AAIDD] American Association on Intellectual and Developmental Disabilities. (2021). *Definition of Intellectual Disability*. <https://www.aaid.org/intellectual-disability/definition>
- [BMAS] Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2014). *Leichte Sprache: Ein Ratgeber*. http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a752-ratgeber-leichte-sprache.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2
- [BMZ] Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2017). *Der Zukunftsvertrag für die Welt - Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung*. http://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/reihen/infobroschueren_flyer/infobroschueren/Materialie270_zukunftsvertrag.pdf
- [DIMDI] Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2005). *ICF: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*.
- [DIMDI] Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2019). *ICD-10: WHO Version 2019*. <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/icd/icd-10-who/kode-suche/htmlamtl2019/block-f70-f79.htm>
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (1994). *Empfehlungen zur sonderpädagogischen Förderung in den Schulen in der Bundesrepublik Deutschland: Beschluß der Kultusministerkonferenz vom 06.05.1994*.
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (1998). *Empfehlungen zum Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 26.06.1998*.
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Luchterland.
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2020a). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2020b). *Statistische Veröffentlichung der*

- Kultusminister. Dokumentation Nr. 223 - Februar 2020: Sonderpädagogische Förderung in Schulen 2009 bis 2018.*
- [KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2021). *Sonderpädagogische Förderung in Förderschulen (Sonderschulen) 2019/2020.*
- [MASGFF] Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Familie und Frauen des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.). (2009). *Leichte und bürgernahe Sprache: Leitfaden für die Erstellung von Briefen und Veröffentlichungen im Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Familie und Frauen des Landes Rheinland-Pfalz.*
<https://dokumente.landtag.rlp.de/landtag/vorlagen/2-61-16.pdf>
- [OECD] Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. (2002). *Internationale Schulleistungsstudie: Beispielaufgaben aus der PISA 2000-Erhebung in den Bereichen Lesekompetenz, mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung.*
- Abels, S. (2013). Differenzierung und Individualisierung: Individuelle Lernvoraussetzungen als Orientierung für die Unterrichtsplanung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Diversität & Heterogenität*, 24(135), 31–35.
- Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt - neue Perspektiven im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Diversität & Heterogenität*, 24(135), 2–5.
- Ackermann, H. & Rosenbusch, H. S. (2002). Qualitative Forschung in der Schulpädagogik. In E. König & P. Zedler (Hrsg.), *Qualitative Forschung* (2. Aufl., S. 31–54). Beltz.
- Adesokan, A. (2015). *Zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung - eine qualitative Studie als Beitrag zur Entwicklung eines inklusiven Chemieunterrichts: Dissertation.*
- Adesokan, A. & Reiners, C. S. (2015). Lehr- und Lernmaterialien zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung. *CHEMKON*, 22(4), 162–172.
<https://doi.org/10.1002/ckon.201410250>
- Aebli, H. (1980). *Denken: Das Ordnen des Tuns. Kognitive Aspekte der Handlungstheorie: Bd. 1.* Klett-Cotta.
- Aebli, H. (2019). *Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage* (15. Aufl.). Klett-Cotta.
- Albrecht, M. (2017). Feuer - was ist das eigentlich? Das gemeinsame Lernen strukturieren. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(162), 22–27.
- Altrichter, H., Posch, P. & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht* (5., grundlegend überarbeitete Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

- Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Anton, M. A., Heimann, R. & Rossa, E. (2009). Experimente im Chemieunterricht: Experimente - Mittel der Persönlichkeitsentwicklung. In E. Rossa (Hrsg.), *Chemiedidaktik: Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II* (5. Aufl., S. 12). Cornelsen Scriptor.
- Arndt, K. (2016). *Experimentierkompetenz erfassen: Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 202*. Logos Verlag.
- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Arnulf Betzold GmbH. (2021). *Betzold: Gemeinsam für Bildung*. <https://www.betzold.de/schule/>
- Atteslander, P. (2010). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (13. Aufl.). Erich Schmidt Verlag.
- Aufschnaiter, C. von (2003). Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht: Eine explorative Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 105–124.
- Ayres, P. & Sweller, J. (2014). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 206–226). Cambridge University Press.
- Bachmann, G. (2009). Teilnehmende Beobachtung. In S. Kühl, P. Strodholz & A. Taffertshofer (Hrsg.), *Handbuch Methoden der Organisationsforschung: Quantitative und qualitative Methoden* (1. Aufl., S. 248–271). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bader, H. J. & Lühken, A. (2018a). Anforderungen an ein Schulexperiment. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 464–467). Aulis Verlag.
- Bader, H. J. & Lühken, A. (2018b). Demonstrationsexperimente. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 470–479). Aulis Verlag.
- Bader, H. J., Lühken, A. & Sommer, K. (2018). Schülerexperimente im Chemieunterricht. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 479–493). Aulis Verlag.

- Bader, H. J. & Schmidkunz, H. (2002). Das Experiment im Unterricht. In P. Pfeifer, B. Lutz & H. J. Bader (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (3. Aufl., S. 292–327). Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Bamberg, G., Baur, F. & Krapp, M. (2017). *Statistik: Eine Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler* (18., vollständig aktualisierte Auflage). De Gruyter Oldenbourg.
- Bamberger, R. & Vanecek, E. (1984). *Lesen-Verstehen-Lernen-Schreiben: Die Schwierigkeitsstufen von Texten in deutscher Sprache*. Jugend und Volk.
- Bancroft, J. (2002). A methodology for developing science teaching materials for pupils with learning difficulties. *Support for Learning*, 17(4), 168–175.
<https://doi.org/10.1111/1467-9604.00260>
- Bannach, M. (2008). Fördern im Sachunterricht. In A. Kaiser & D. Pech (Hrsg.), *Basiswissen Sachunterricht: Bd. 4. Lernvoraussetzungen und Lernen im Sachunterricht* (2. Aufl., S. 173–180). Schneider Verlag.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S. & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt: Lernprozesse in Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer Spektrum.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56492-9>
- Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A. & Krees, S. (2015). *Chemiedidaktik kompakt*. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-43396-6>
- Barth, U. (2005). *Chemischer Experimentalunterricht in der Fächergruppe Physik/Chemie/Biologie: Entwicklung, Umsetzung und Evaluation eines Fortbildungskonzepts für Lehrkräfte an der bayrischen Hauptschule*. Erziehungswissenschaftliche Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiGgrnP45TzAhWKgf0HHVxwDAAQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fopus4.ko-bv.de%2Fopus4-fau%2Ffiles%2F113%2FDissertationBarth.pdf&usg=AOvVaw0akeyl3gb_qlll-dET-NGH
- Barzel, B., Reinhoffer, B. & Schrenk, M. (2012). Das Experimentieren im Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (103-128). Waxmann Verlag GmbH.
- Bauer, A. B., Reinhold, P. & Sacher, M. D. (2018). Operationalisierung der experimentellen Kompetenz (Physik-)Studierender. In C. Maurer (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 38. Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 919–922). Universität Regensburg.

- Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S. & Melle, I. (2018). Verbrennungen - Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. *CHEMKON*, 25(4), 160–170. <https://doi.org/10.1002/ckon.201800016>
- Baumeister, U. (2002). Das Thermometer: Eine wichtige Erfindung des Herrn Celsius. *Förderschulmagazin*, 24(7-8), 30–34.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0078-7>
- Baur, A., Ehrenfeld, U., Emden, M., Hummel, E. & Krieg, A. (2017a). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Chemie: Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren* (1. Aufl.). *Bergedorfer Unterrichtsideen*. Persen - AAP Lehrerwelt GmbH.
- Baur, A., Ehrenfeld, U., Hummel, E. & Schröter, E. (2017b). *Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Physik: Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren* (1. Aufl.). *Bergedorfer Unterrichtsideen*. Persen - AAP Lehrerwelt GmbH.
- Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*(2), 125-128.
- Baur, N., Kelle, U. & Kuckartz, U. (2017c). Mixed Methods – Stand der Debatte und aktuelle Problemlagen. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 1–37. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0450-5>
- Die UN-Behindertenrechtskonvention. Übereinkommen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen (2017). https://www.behindertenbeauftragte.de/SharedDocs/Publikationen/UN_Konvention_deutsch.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- Behr, A. (2019). *Grundwissen Deskriptive Statistik: mit Aufgaben, Klausuren und Lösungen*. UTB.
- Beinbrech, C. & Möller, K. (2008). Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Sachunterricht. In H. Giest, A. Hartinger & J. Kahlert (Hrsg.), *Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts: Bd. 7. Kompetenzniveaus im Sachunterricht* (S. 101–117). Klinkhardt.
- Bereiter, C. (2002). Design Research for Sustained Innovation. *Cognitive Studies, Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 9(3), 321–327.
- Bergeest, H., Boenisch, J. & Daut, V. (2015). *Körperbehindertenpädagogik: Grundlagen - Förderung - Inklusion* (5., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

- bezev - Behinderung und Entwicklungszusammenarbeit e. V. (2014). *Blaues Wunder: Inklusives Globales Lernen in der Grundschule*.
- Biewer, G. & Koenig, O. (2019). Personenkreis. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 35–44). Beltz Verlag.
- Blaseio, B. (2014). Zur aktuellen Situation des Schulfaches Sachunterricht in den Bundesländern. In Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.), *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e.V.* (S. 25–31). Klinkhardt.
- Blaseio, B. & Westphal, I. (2019). Sachunterricht. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 498–507). Beltz Verlag.
- Blaseio, B. & Westphal, I. (2020). Sauberes Wasser. *Lernen konkret*(2), 20–21.
- Bliss, J. (1996). Piaget und Vygotsky: Ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(3), 3–16.
- BlissOnline. (2021). *Bliss words*. <https://www.blissonline.se/>
- Bock, B. M., Lange, D. & Fix, U. (2017). Das Phänomen "Leichte Sprache" im Spiegel aktueller Forschung - Tendenzen, Fragestellungen und Herangehensweisen. In B. M. Bock, U. Fix & D. Lange (Hrsg.), *"Leichte Sprache" im Spiegel theoretischer und angewandter Forschung* (S. 11–34). Verlag für wissenschaftliche Literatur.
- Bockwoldt, A. (2016). Das Experiment in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen: Entwicklung von Lernhilfen zum selbstständigen Bearbeiten von Experimentieraufgaben im außerschulischen Lernort Schülerlabor. In J. Erhorn & J. Schwier (Hrsg.), *Pädagogik. Pädagogik außerschulischer Lernorte: Eine interdisziplinäre Annäherung* (S. 245–260). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839431320-013>
- Böhme, L. (2020). Die Welt des (Fuß-)Balls: Globales Lernen im FgE. *Lernen konkret*(2), 22–23.
- Bohrmann, M. (2017). *Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 235*. Logos Verlag.
- Bolte, C. & Behrens, J. (2004). Zur Situation des Physik/Chemie-Unterrichts im Förderschwerpunkt Lernen. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP): Bd. 24. Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung* (S. 317–319). LIT Verlag.
- Borchardt, A. & Göthlich, S. E. (2009). Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In S. Albers, D. Klapper, U. Kondradt, A. Walter & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung* (3. Aufl., S. 33–48). Gabler.

- Brahm, T. & Jenert, T. (2014). Wissenschafts-Praxis-Kooperation in designbasierter Forschung: Im Spannungsfeld zwischen wissenschaftlicher Gültigkeit und praktischer Relevanz. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beiheft: Bd. 27. Design-based research* (S. 45–61). Franz Steiner Verlag.
- Brauns, S. & Abels, S. (2020). The framework for inclusive science education. *Inclusive Science Education*, 1/2020, 1–43. <https://www.leuphana.de/institute/insc/didaktik-der-naturwissenschaften/publikationen/inclusive-science-education.html>
- Brauns, S. & Abels, S. (2021a). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 231–249. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00135-0>
- Brauns, S. & Abels, S. (2021b). Validation and revision of the framework for inclusive science education: Validierung und Überarbeitung des Kategoriensystems inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). *Inclusive Science Education*, 1/2021, 1–38. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_45
- Bredel, U. & Maaß, C. (2016a). *Leichte Sprache: Theoretische Grundlagen, Orientierung für die Praxis*. Duden.
- Bredel, U. & Maaß, C. (2016b). *Ratgeber Leichte Sprache: Alle wichtigen Regeln - Empfehlungen für die Praxis*. Duden.
- Brell, C. & Theyssen, H. (2007). Die Smiley-Skala: Ein effizientes Messinstrument für die Interessantheit des Unterrichts. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 60(8), 476-479.
- Brophy, J. (1999). Teaching. *Educational practices series*(1).
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178.
- Bruner, J. S. (1971). Über kognitive Entwicklung. In J. S. Bruner, R. R. Olver & P. M. Greenfield (Hrsg.), *Studien zur kognitiven Entwicklung: Eine kooperative Untersuchung am "Center for Cognitive Studies" der Harvard-Universität* (1. Aufl., S. 21–53). Ernst Klett Verlag.
- Bruner, J. S. (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie. Sprache und Lernen: Bd. 5*. Berlin-Verlag.
- Bruner, J. S., Olver, R. R. & Greenfield, P. M. (Hrsg.). (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung: Eine kooperative Untersuchung am "Center for Cognitive Studies" der Harvard-Universität* (H. Aebli & G. Juzi, Übers.) (1. Aufl.). Ernst Klett Verlag.

- Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & M. Knopf (Hrsg.), *Entwicklung, Lehren und Lernen: Zum Gedenken an Franz Emanuel Weinert* (S. 75–92). Hogrefe.
- Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), *Individual Development From 3 to 12: Findings From the Munich Longitudinal Study* (S. 38–54). Cambridge University Press.
- Campbell, M., Dutz, K., Landherr, J. & Olthoff, S. (2019). Handlungsorientierter Technikunterricht als Zugang zum Spracherwerb. In M. Butler & J. Goschler (Hrsg.), *Sprachsensibilität in Bildungsprozessen. Sprachsensibler Fachunterricht: Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive* (S. 141–162). Springer Fachmedien.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines: version 2.2*. <https://udlguidelines.cast.org/>
- The Center of Universal Design. (1997). *The Principles of Universal Design*.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
- Choi, H. H., van Merriënboer, J. J. G. & Paas, F. (2014). Effects of the physical environment on cognitive load and learning: towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225–244.
- Cicourel, A. V. (2007). A personal, retrospective view of ecological validity. *Text & Talk*, 27(5-6), 735–752. <https://doi.org/10.1515/TEXT.2007.033>
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *The Journal of the learning sciences*, 13(1), 15–42.
- Collins, K. M. T., Onwuegbuzie, A. J. & Jiao, Q. G. (2007). A Mixed Methods Investigation of Mixed Methods Sampling Designs in Social and Health Science Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(3), 267–294. <https://doi.org/10.1177/1558689807299526>
- Costandi, M. (2015). *50 Schlüsselideen Hirnforschung*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44191-6>
- Daut, V., Lelgemann, R. & Walter-Klose, C. (2016). Bildung bei körperlich und motorischen Beeinträchtigungen. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 212–217). Kohlhammer.
- Dechant, C., Scholz, M., Dönges, C., Kaltenbach, R., Risch, B. & Köppen, K. (2018). *Lebensgrundlage Boden: Eine Handreichung mit differenzierten Lernmaterialien für*

- den Unterricht in inklusiven Gruppen*. Universität Koblenz-Landau und Pädagogische Hochschule Ludwigsburg.
- Dederich, M. (2016). Behinderung. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 107–110). Kohlhammer.
- Denzin, N. K. (1989). *The Research Act*. (3. Aufl.). Prentice Hall.
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8.
- Detheridge, T. & Detheridge, M. (2002). *Literacy Through Symbols: Improving access for children an adults (2nd edition)*. David Fulton Publishers.
- Deutscher Bildungsserver. (2017). *Johann Heinrich Pestalozzi*. <https://www.bildungsserver.de/Johann-Heinrich-Pestalozzi-5285-de.html>
- Di Fuccia, D.-S. (2008). *Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung*. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 2007. Uni-Ed.
- Di Fuccia, D.-S. & Ralle, B. (2009). Schülerexperimente und Leistungsbeurteilung. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 62(2), 72–79.
- Dickmann, M. (2016). *Messung von Experimentierfähigkeiten: Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 210*. Logos.
- Diekmann, J. (2012). Die Stoffprofis! Untersuchungen von Stoffeigenschaften. *Förderschulmagazin*, 34(2), 46–50.
- Dinges, E. (2004). Das Experiment: eine selten genutzte Chance im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Förderschulmagazin*, 26(12), 5–7.
- Ditton, H. (2009). Unterrichtsqualität. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik, Pädagogik: Bd. 8423. Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 177–183). Klinkhardt.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Dresing, T. & Pehl, T. (2018). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse: Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende* (8. Auflage).
- Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L. (Hrsg.). (2007). *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10*. Friedlich-Verlag.
- Duit, R., Häußler, P. & Prenzel, M. (2014). Schulleistungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Beltz Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (3. Aufl., S. 169–186). Beltz.

- Dworschak, W. & Ratz, C. (2014). Soziobiographische Aspekte der Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In W. Dworschak, S. Kannevischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit behinderten Menschen: v.25. Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (SFGE): Eine empirische Studie* (S. 27–48). ATHENA-Verlag.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 118*. Logos.
- Emden, M., Hüblinger, R. & Sumfleth, E. (2010). Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: Unterrichtsmaterialien zur Unterstützung der Kompetenzförderung. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(5), 279–285.
- Engagement Global gGmbH (2020). BNE inklusiv. *Veröffentlichungen zum Orientierungsrahmen Globale Entwicklung*.
- Euler, D. (2014). Design Research - a paradigm under development. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beiheft: Bd. 27. Design-based research* (S. 15–41). Franz Steiner Verlag.
- Euler, D. & Sloane, P. F. E. (2014). Editorial. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beiheft: Bd. 27. Design-based research* (S. 7–12). Franz Steiner Verlag.
- Fahrenberg, J. (2021). ökologische Validität. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch: Lexikon der Psychologie* (19. Aufl.). Hogrefe. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/oekologische-validitaet>
- Falkai, P. & Döpfner, M. (2015). *Diagnostisches und statistisches Manual psychischer Störungen DSM-5*. Hogrefe.
- Ferreira González, L., Fühner, L., Sühling, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (S. 191–214). Beltz Juventa.
- Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. *Behindertenpädagogik*, 28(1), 4–48.
- Feuser, G. (2002). Momente entwicklungslogischer Didaktik einer Allgemeinen (integrativen) Pädagogik. In H. Eberwein & S. Knauer (Hrsg.), *Integrationspädagogik: Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam* (6. Aufl., S. 280–294). Beltz.
- Feuser, G. (2013). Die "Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand" - ein Entwicklung induzierendes Lernen. In G. Feuser & J. Kutscher (Hrsg.), *Behinderung, Bildung*,

- Partizipation Enzyklopädisches Handbuch der Behindertenpädagogik. Entwicklung und Lernen* (S. 282–293). Kohlhammer.
- Filusch, M. (2017). Steinsalzreinigung: Inklusion im Experimentalunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(162), 12–15.
- Fischer, E. (2008). *Bildung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Fischer, H. & Beer, B. (2020). Dokumentation von Feldforschungsdaten. In B. Beer & A. König (Hrsg.), *Methoden ethnologischer Feldforschung* (S. 262–282). Reimer.
- Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2006). Auf Wissen aufbauen - kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 657–678). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_22
- Fisseler, B. (2015). Universal Design im Kontext von Inklusion und Teilhabe - Internationale Eindrücke und Perspektiven. *Recht und Praxis*(2), 45–51.
- Fisseler, B. (2020). Inklusive Digitalisierung, Universal Design for Learning und assistive Technologie. *Sonderpädagogische Förderung heute*(1), 9–20.
- Fisseler, B. & Markmann, M. (2012). Universal Design als Umgang mit Diversität in der Hochschule. *journal hochschuldidaktik*, 23(1-2), 13–16.
- Fleckenstein, J., Jankuhn, S., Meiering, S. & Scholz, H. (2017). *Diagnostischer Leitfaden zur Feststellung des sonderpädagogischen Unterstützungsbedarfs: Beobachtungskriterien - diagnostische Fragestellungen - Formulierungshilfen - Fördermaßnahmen* (2., überarbeitete Aufl.). Schulz-Kirchner Verlag.
- Flick, U. (2014). Gütekriterien qualitativer Forschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 411–424). Springer Fachmedien.
- Fluck, H.-R. (2016). Zur Rolle der Sprache in der Bildung im Zuge der Etablierung technisch-naturwissenschaftlicher Fächer an Universitäten und Schulen. In J. Kilian, B. Brouër & D. Lüttenberg (Hrsg.), *Handbücher Sprachwissen: Band 21. Handbuch Sprache in der Bildung* (S. 205–228). De Gruyter.
- Fornefeld, B. (2009). *Grundwissen Geistigbehindertenpädagogik* (4. Aufl.). Reinhardt UTB.
- Fornefeld, B. (2013). *Grundwissen Geistigbehindertenpädagogik* (5., aktualisierte Aufl., Bd. 8431). Ernst Reinhardt Verlag.
- Fornefeld, B. (2016). Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung: Phänomenologie des Förderschwerpunktes und deren Bedeutung für schulisches Lernen. In Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderschwerpunkte in NRW: Ein Blick aus der Wissenschaft in die Praxis* (S. 47–50).

- Forschungsinstitut Technologie und Behinderung. (2004). *Die Prinzipien des universellen Design*. <https://kb-esv.de/uniprinc.html>
- Franke-Braun, G. (2008). *Aufgaben mit gestuften Lernhilfen: Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 88*. Logos.
- Freyhoff, G., Heß, G., Kerr, L., Menzel, E., Tronbacke, B. & van der Veken, K. (1998). *Sag es einfach! Europäische Richtlinien für die Erstellung von leicht lesbaren Informationen für Menschen mit geistiger Behinderung*. Europäische Vereinigung der ILSMH. <https://docplayer.org/88151-Europaeische-vereinigung-der-ilsmh-sag-es-einfach-europaeische-richtlinien-fuer-die-erstellung-von-leicht-lesbaren-informationen.html>
- Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2019). Beobachten und Experimentieren. In P. Labudde & P. Metzger (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.-9. Schuljahr* (3. Aufl., S. 135–150). Haupt Verlag.
- Fröhlich, A. (2015). *Basale Stimulation: ein Konzept für die Arbeit mit schwer beeinträchtigten Menschen*. verlag selbstbestimmtes leben.
- Generalversammlung Vereinte Nationen (2015). Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 1. September 2015.
- Giest, H., Hartinger, A. & Kahlert, J. (2008). Auf dem Weg zu einem sachunterrichtlichen Kompetenzmodell. In H. Giest, A. Hartinger & J. Kahlert (Hrsg.), *Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts: Bd. 7. Kompetenzniveaus im Sachunterricht* (S. 155–180). Klinkhardt.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: strategies for qualitative research*. Routledge.
- Goschler, W. (2018). *Inklusive Didaktik in Theorie und Praxis: Lernwerkstattarbeit und mathematische Muster am gemeinsamen Lerngegenstand*. Würzburg University Press.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Kaballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7–20). Leske + Budrich.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2013). Design Research from the Learning Design Perspective. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design-Research - Part A: An Introduction* (S. 73–113). SLO, Netherlands institute for curriculum development.
- Greene, J. C., Caracelli, V. J. & Graham, W. F. (1989). Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 11(3), 255–274.

- Greiten, K. & Graf, D. (2021). Einsatz von Audiostiften. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.), *Edition Fachdidaktiken. Digitale Bildung für Lehramtsstudierende: TE@M - Teacher Education and Media* (S. 197–204). Springer Fachmedien.
- Greiten, K., Graf, D. & Wieder, B. (2020). Audiostifte: Potenziale und Ideen für den Einsatz im Unterricht. *Grundschulzeitschrift*, 34(320), 14–18.
- Gropengießer, H. (2013a). Erkunden und Erkennen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 268–272). Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. (2013b). Experimentieren. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 284–293). Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–67). Springer.
- Grundmann, D. (2017). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schulen verankern: Handlungsfelder, Strategien und Rahmenbedingungen der Schulentwicklung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16913-8>
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Verlag Julius Klinkhardt.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). *Gute Aufgaben Sachunterricht: Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen; 48 gute Aufgaben; Für die Klassen 1 bis 4*. Cornelsen.
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2012). *Gute Aufgaben Sachunterricht: Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen; 48 gute Aufgaben; Für die Klassen 1 bis 4* (2. Aufl.). Lehrerbücherei Grundschule. Cornelsen.
- Gudjons, H. & Traub, S. (2016). *Pädagogisches Grundwissen* (12., aktualisierte Aufl.). Klinkhardt.
- Günthner, W. (2018). *Lesen und Schreiben lernen bei geistiger Behinderung: Grundlagen und Übungsvorschläge zum erweiterten Lese- und Schreibbegriff* (5. Aufl.). verlag modernes lernen.
- Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 134*. Logos.
- Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Springer.
- Hall, T. E., Meyer, A. & Rose, D. H. (2012). An Introduction to Universal Design for Learning: Questions and Answers. In T. E. Hall, A. Meyer & D. H. Rose (Hrsg.), *What Works for*

- Special-Needs Learners. Universal design for learning in the classroom: Practical applications* (S. 1–8). Guilford Press.
- Hallbauer, A. & Kitzinger, A. (2016). Vom Zeichen zum Symbol: Bedeutungserwerb in Lautsprache und Unterstützter Kommunikation. *Unterstützte Kommunikation*(4), 1–9.
- Hansen-Schirra, S. & Gutermuth, S. (2020). Empirische Überprüfung von Verständlichkeit. In C. Maaß & I. Rink (Hrsg.), *Kommunikation - Partizipation - Inklusion: Bd. 3. Handbuch Barrierefreie Kommunikation* (S. 163–182). Frank & Timme.
- Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 143–171). Springer.
- Hartinger, A., Grygier, P., Tretter, T. & Ziegler, F. (2013). *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren: Publikation des Programms SINUS an Grundschulen*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) an der Universität Kiel. http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Hartinger_et_al_fuer_web.pdf
- Haupt, U. (2011). *Behindert und gefördert: Kinder mit Körperbehinderungen in unserer Gesellschaft*. Allitera Verlag.
- Hauser-Schäublin, B. (2020). Teilnehmende Beobachtung. In B. Beer & A. König (Hrsg.), *Methoden ethnologischer Feldforschung* (S. 35–54). Reimer.
- Häußler, A. (2016). *Der TEACCH Ansatz zur Förderung von Menschen mit Autismus: Einführung in Theorie und Praxis* (5. Aufl.). verlag modernes lernen.
- Häußler, A., Sparvieri, J., Tuckermann, A. & Wetter, S. (2020). *Praxis TEACCH: Informelle Förderdiagnostik: Ansätze für eine Förderung entdecken* (3., überarbeitete und erweiterte Aufl.). verlag modernes lernen.
- Häußler, M. (2015). *Unterrichtsgestaltung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung* (1. Aufl.). Kohlhammer.
- Häußler, M. (2019). Die naturwissenschaftliche Perspektive im Sachunterricht. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 531–540). Beltz Verlag.
- Haveman, M. & Stöppler, R. (2010). *Altern mit geistiger Behinderung* (2., erweiterte Aufl.). Kohlhammer.
- Haveman, M. & Stöppler, R. (2014). *Gesundheit und Krankheit bei Menschen mit geistiger Behinderung: Handbuch für eine inklusive medizinisch-pädagogische Begleitung*. Kohlhammer.
- Heege, R. & Schmidkunz, H. (1997). Zur wahrnehmungsaktiven Gestaltung visueller Darstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 8(38), 10–14.

- Heitzmann, A. (2019). Von der Alltagssprache zur Fachsprache gelangen. In P. Labudde & P. Metzger (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.-9. Schuljahr* (3. Aufl., S. 75–88). Haupt Verlag.
- Hell, S. (2010). Der Brause auf der Spur: Chemische Experimente im Sachunterricht. *Förderschulmagazin*, 32(5), 48–53.
- Hellbusch, J. E. & Bühler, C. (2005). *Barrierefreies Webdesign: Praxishandbuch für Webgestaltung und grafische Programmoberflächen* (1. Aufl.). dpunkt.verlag.
- Hellbusch, J. E. & Probiesch, K. (2011). *Barrierefreiheit verstehen und umsetzen: Webstandards für ein zugängliches und nutzbares Internet*. dpunkt.verlag.
- Helmke, A. (2009). Unterrichtsforschung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik, Pädagogik: Bd. 8423. Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 44–50). Klinkhardt.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Unterricht verbessern - Schule entwickeln*. Kallmeyer.
- Heuer, G. U. (1997). *Beurteilen - Beraten - Fördern: Materialien zur Diagnose, Therapie und Bericht-/Gutachtenerstellung bei Lern-, Sprach- und Verhaltensauffälligkeiten in Vor-, Gund- und Sonderschule*. verlag modernes lernen.
- Himme, A. (2009). Gütekriterien der Messung: Reliabilität, Validität und Generalisierbarkeit. In S. Albers, D. Klapper, U. Kondradt, A. Walter & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung* (3. Aufl., S. 485–500). Gabler.
- H'mida, C., Degrenne, O., Souissi, N., Rekik, G., Trabelsi, K., Jarraya, M., Bragazzi, N. L. & Kahacharem, A. (2020). Learning a Motor Skill from Video and Static Pictures in Physical Education Students - Effects on Technical Performances, Motivation and Cognitive Load. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23). <https://doi.org/10.3390/ijerph17239067>
- Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen: Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel University Press.
- Hoffmann, T. & Menthe, J. (2015). Sonderpädagogische Aspekte inklusiven Chemieunterrichts in der Sekundarstufe. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (1. Aufl., S. 141–157). Verlag W. Kohlhammer.
- Hoffmann, T. & Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschungen: Bd. 10. Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe: Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (1. Aufl., S. 351–360). Waxmann.

- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: research and practice*, 5(3), 247–264.
- Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018). Conceptual Change - Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 23–37). Springer Spektrum.
- Horn, M. & Schweizer, K. (2015). Struktur-lege-Technik (SLT) - eine Dialog-Konsens-Methode zur Erfassung subjektiver Theorien von Lehrerinnen und Lehrern. In A. Budke & M. Kuckuck (Hrsg.), *Praxis neue Kulturgeographie: Band 10. Geographiedidaktische Forschungsmethoden* (S. 65–85). LIT.
- Hug, T. & Poscheschnik, G. (2015). *Empirisch forschen: Die Planung und Umsetzung von Projekten im Studium* (2., überarbeitete Auflage, Bd. 3357). UVK Verlagsgesellschaft mbH; UVK/Lucius.
- Hurtado, B., Jones, L. & Burniston, F. (2014). Is easy read information really easier to read? *Journal of intellectual disability research*, 58(9), 822–829. <https://doi.org/10.1111/jir.12097>
- Hussy, W. (2013). Psychologie als eine empirische Wissenschaft. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl., S. 1–49). Springer.
- Institut für naturwissenschaftliche Bildung. AG Chemiedidaktik: Lernmaterialien. (2021). <https://www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/fb7/inb/ag-chemiedidaktik/material>
- Jöhnck, J. (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung im FgE. *Lernen konkret*(2), 10–12.
- Jöhnck, J. & Baumann, S. (2020). Von unserem Umgang mit Nutztieren: (Massen-)Tierhaltung und ihre Folgen. *Lernen konkret*(2), 16–17.
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J. & Turner, L. A. (2007). Toward a Definition of Mixed Methods Research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133. <https://doi.org/10.1177/1558689806298224>
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten - am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93–108). Klinkhardt.
- Jones, F. W., Long, K. & Finlay, W. M. L. (2007). Symbols can improve the reading comprehensions of adults with learning disabilities. *Journal of intellectual disability research*, 51(7), 545–550.

- Kalyuga, S. & Sweller, J. (2014). The Redundancy Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 247–262). Cambridge University Press.
- Karreman, J., van der Geest, T. & Buursink, E. (2007). Accessible Website Content Guidelines for Users with Intellectual Disabilities. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 20(6), 510–518. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3148.2006.00353.x>
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 79. Logos.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren: Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 214. Logos.
- Kitzinger, A. (2020). *Metacom Symbolsystem zur Unterstützten Kommunikation: Metacom8 (erschienen im Februar 2018)*. <https://www.metacom-symbole.de>
- Kitzinger, A., Kristen, U. & Leber, I. (2015). *Jetzt sag ich's Dir auf meine Weise! Erste Schritte in der Unterstützten Kommunikation mit Kindern*. Kommunikation in der Sonderpädagogik Kids Praxis. Leoper Literaturverlag.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik* (6., neu ausgestattete Aufl.). Beltz.
- Klahr, D. & Dunbar, K. N. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90007-9)
- Klauß, T. (2011). Schwere und mehrfache Behinderung - interdisziplinär - Einleitende Überlegungen. In A. Fröhlich, N. Heinen, T. Klauß & W. Lamers (Hrsg.), *Impulse: Schwere und mehrfache Behinderung: Bd. 1. Schwere und mehrfache Behinderung - interdisziplinär* (S. 11–39). Athena.
- Kleickmann, T. (2012). *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Publikation des Programms SINUS an Grundschulen*. Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) an der Universität Kiel. http://sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf
- Kleickmann, T., Hardy, I., Pollmeier, J. & Möller, K. (2011). Zur Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern: Eine personen- und variablenzentrierte Analyse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*(43), 200–212. <https://econtent.hogrefe.com/doi/full/10.1026/0049-8637/a000053>
- Klein, L.-S., Schehl, M., Köppen, K. & Risch, B. (2021a). *SDG 14 Leben unter Wasser. Meereszauber: Leitfaden für Lehrkräfte*. Universität Koblenz-Landau. [343](https://www.uni-</p></div><div data-bbox=)

- koblenz-landau.de/de/landau/fb7/inb/ag-
chemiedidaktik/material/sdg14/sdg14_leitfaden
- Klein, L.-S., Schehl, M., Köppen, K. & Risch, B. (2021b). *SDG 6 Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen. Kostbares Nass: Leitfaden für Lehrkräfte*. Universität Koblenz-Landau. https://www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/fb7/inb/ag-chemiedidaktik/material/sdg6/leitfaden_sdg6
- Klein, L.-S., Scholz, M. & Risch, B. (2022). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Förderung und Erfassung der experimentellen Kompetenz. *CHEMKON 29(S1)*, 222-226.
- Klewitz, B. (2017). *Scaffolding im Fremdsprachenunterricht: Unterrichtseinheiten Englisch für authentisches Lernen*. Narr Francke Attempto Verlag.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., Vollmer, H. J. & Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen - zwei verschiedene Kompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 304–321.
- Knappertsbusch, F. (2017). Ökologische Validität durch Mixed-Methods-Designs. *KZfSS Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 337–360. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0467-9>
- Knogler, M. & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht: Das motivationsfördernde Potenzial situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht. Zeitschrift für Forschung und Praxis*, 61(1), 2–14. <https://doi.org/10.2378/peu2014.art02d>
- Koch, K. & Jungmann, T. (2017). *Kinder mit geistiger Behinderung unterrichten: Fundierte Praxis in der inklusiven Grundschule: mit Kopiervorlagen als Online-Zusatzmaterial. Inklusive Grundschule konkret*. Ernst Reinhardt Verlag.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 171*. Logos.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. & Grygier, P. (2008). Wissen über Wissenschaft als Teil der frühen naturwissenschaftlichen Bildung. In H. Giest, A. Hartinger & J. Kahlert (Hrsg.), *Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts: Bd. 7. Kompetenzniveaus im Sachunterricht* (S. 135–153). Klinkhardt.
- Köller, O. (2010). Bildungsstandards. In R. Tippelt & B. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Bildungsforschung* (3. Aufl., S. 529–548). VS-Verlag.

- Kometz, A [Anja], Tandetzke, R. & Kometz, A [Andreas]. (2018). Inter-NESSI - ein Schülerlabor für Lernende mit Migrationshintergrund. In C. Maurer (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 38. Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 753–756). Universität Regensburg.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie* (1. Aufl., S. 476–490). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Krauß, R. & Woest, V. (2013). Naturwissenschaft am Förderzentrum. In S. Bernholt (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 33. Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen: Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 101–103). IPN.
- Krebs, D. & Menold, N. (2014). Gütekriterien der quantitativen Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 425–438). Springer Fachmedien.
- Kremer, G. (2020). Müll: Jahresmotto an der Martin-Buber-Schule Gießen. *Lernen konkret*(2), 28–29.
- Kremsner, G., Proyer, M. & Baesch, S. (2020). Vom Universal Design for Learning zum Local Universal Design for Inclusive Education. *Sonderpädagogische Förderung heute*(1), 34–46.
- Kruse, J. (2015). *Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz* (2. Aufl.). Beltz Juventa.
- Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-93267-5>
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kutzer, R. (1999). Überlegungen zur Unterrichtsorganisation im Sinne strukturorientierten Lernens. In H. Probst (Hrsg.), *Mit Behinderungen muss gerechnet werden: der Marburger Beitrag zur lernprozessorientierten Diagnostik, Beratung und Förderung* (S. 15–69). Jarick Oberbiel.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 11–36. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0257-0>
- Lamers, W. & Heinen, N. (2006). `Bildung mit ForMat´: Impulse für veränderte Unterrichtspraxis mit Schülerinnen und Schülern mit (schwerer) Behinderung. In D. Laubenstein, W. Lamers & N. Heinen (Hrsg.), *Basale Stimulation: kritisch-konstruktiv* (S. 141–205). verlag selbstbestimmtes leben.

- Lamnek, S. & Krell, C. (2016). *Qualitative Sozialforschung: Mit Online-Materialien* (6., überarbeitete Auflage). Beltz.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Langermann, K. (2006). *Akzeptanz naturwissenschaftlicher Phänomene bei geistig behinderten Vorschulkindern: Untersuchungen zur effektiven und kognitiven Rezeption naturwissenschaftlicher Experimente*. Cuvillier Verlag.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammen gehört! *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 68(3), 132–137.
- Lelgemann, R. (2010). *Körperbehindertenpädagogik: Didaktik und Unterricht*. Kohlhammer.
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2014-2017). *Berechnung des Lesbarkeitsindex LIX nach Björnson*. <https://www.psychometrica.de/lix.html>
- Leontjew, A. N. (1980). *Probleme der Entwicklung des Psychischen* (3. Aufl.). *Sozialwissenschaften Psychologie: Bd. 4018*. Athenäum-Verlag.
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Leuchter, M. (2017). *Kinder erkunden die Welt: Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung. Entwicklung und Bildung in der Frühen Kindheit*. Kohlhammer.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). *Grundlagen Psychologie*. Beltz Psychologie Verlags Union. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783621278454
- Low, R. & Sweller, J. (2014). The Modality Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 227–246). Cambridge University Press.
- Lück, G. (2012). *Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung: Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen* (2. Aufl. der vollst. überarb. und erw. Neuausg. (8. Gesamtaufl.)). Herder.
- Lück, G. (2018). *Handbuch naturwissenschaftliche Bildung in der Kita* (8. Gesamtaufl.)). Herder.
- Lück, G. & Risch, B. (2019). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Anfangsunterricht. In E. Gläser (Hrsg.), *Sachunterricht im Anfangsunterricht: Lernen im Anschluss an den Kindergarten* (S. 80–96). Schneider Verlag Hohengehren.
- Maaß, C. & Schäfer, H. (2019). Kommunikation III: Leichte Sprache. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 433–444). Beltz Verlag.

- Madill, A., Jordan, A. & Shirley, C. (2000). Objectivity and reliability in qualitative analysis: Realist, contextualist and radical constructionist epistemologies. *British journal of psychology*, 91(1), 1–20. <https://doi.org/10.1348/000712600161646>
- Maiseyenko, V. (2014). *Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht: Praxistauglichkeit und Lernwirkungen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 166*. Logos.
- Maiseyenko, V., Schecker, H. & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts: Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. *PhyDid - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 12(1), 1–17.
- Markic, S. & Abels, S. (2013). Die Fachsprache der Chemie: Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 24(135), 10–14.
- Markic, S. & Bruns, H. (2013). Stoffe erkunden: Materialien zum Umgang mit sprachlicher Heterogenität. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Diversität & Heterogenität*, 24(135), 20–25.
- Markowetz, R. (2016). Theoretische Aspekte und didaktische Dimensionen inklusiver Unterrichtspraxis. In E. Fischer & R. Markowetz (Hrsg.), *Inklusion in Schule und Gesellschaft: Bd. 6. Inklusion im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung* (S. 239–288). Kohlhammer.
- Markowetz, R. (2019). Inklusion im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung - Inklusive Bildung als inklusiver und exklusiver Unterricht. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 209–233). Beltz Verlag.
- Markowitsch, H. J. (2013). Amnesien. In F. Schneider & G. R. Fink (Hrsg.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie* (2. Aufl., S. 621–632). Springer.
- Marquardt-Mau, B. (2011). Der Forscherkreislauf: Was bedeutet forschen im Sachunterricht? In C. Feige (Hrsg.), *Wie gute naturwissenschaftliche Bildung an Grundschulen gelingt: Ergebnisse und Erfahrungen aus Prima(r)forscher* (2011. Aufl., S. 32–37). Dt. Kinder- und Jugendstiftung.
- Martignon, L. (2010). Mathematik und Körperlichkeit. In A. Kraus (Hrsg.), *Pädagogik: Perspektiven und Theorien: Bd. 16. Körperlichkeit in der Schule: Aktuelle Körperdiskurse und ihre Empirie* (1. Aufl., S. 129–144). ATHENA-Verlag.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Springer.
- Mayer, J. (2013). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 56–61). Aulis Verlag.

- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren - Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4–12.
- Mayer, R. E. (2005a). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (31-48). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005b). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 183–200). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 43–71). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 279–315). Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung* (5. Aufl.). Beltz Studium. Beltz. <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1131059>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz Pädagogik. Beltz.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (6. Aufl.). Beltz.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2014). Methods of evaluation and reflection in design research. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beiheft: Bd. 27. Design-based research* (S. 141–153). Franz Steiner Verlag.
- McKenney, S. E. & Reeves, T. C. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Routledge. <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10542344>
- Meier, M. & Mayer, J. (2012). Experimentierkompetenz praktisch erfassen - Entwicklung und Validierung eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. In U. Harms & F. X. Bogner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (S. 81–98). StudienVerlag.
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chancen und Herausforderungen. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (1. Aufl., S. 131–140). Verlag W. Kohlhammer.

- Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Rott, L. (2015). Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In J. Riegert & O. Musenberg (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (1. Aufl., S. 158–164). Verlag W. Kohlhammer.
- Metzger, S. (2013). Desiderate der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung*, 31(1), 42–52.
- Metzger, S. & Sommer, K. (2010). "Kochrezept" oder experimentelle Methode? Eine Standortbestimmung von Schülerexperimenten unter dem Gesichtspunkt der Erkenntnisgewinnung. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(1), 4–11.
- Metzger, W. (1975). *Gesetze des Sehens* (3., völlig neu überarbeitete Aufl.). Verlag Waldemar Kramer.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Cornelsen.
- Meyer, H. (2006). Guter Unterricht an guten Schulen? *CHEMKON*, 13(2), 77–83.
<https://doi.org/10.1002/ckon.200610041>
- Michelsen, G., Rode, H., Wendler, M. & Bittner, A. (2013). *Außerschulische Bildung für nachhaltige Entwicklung: Eine Bestandsaufnahme am Beginn des 21. Jahrhunderts*. Oekom.
- Michna, D., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Design for Learning am Beispiel des Chemieanfangsunterrichts in der Sekundarstufe I. *Sonderpädagogische Förderung heute*(3), 286–303.
- Mietzel, G. (2017). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens* (9., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Hogrefe. <https://elibrary.hogrefe.de/9783840924576/>
<https://doi.org/10.1026/02457-000>
- Ministerium für Bildung des Landes Rheinland-Pfalz. (2021). *Förderschule*.
<https://bm.rlp.de/de/bildung/schule/bildungswege/foerderschulen/>
- Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend (2001). Rheinland-Pfalz. Richtlinien für die Schule mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung und Lehrplan zur sonderpädagogischen Förderung von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderbedarf ganzheitliche Entwicklung.
- [SchulO RP] Schulordnung für die öffentlichen Realschulen plus, Integrierte Gesamtschulen, Gymnasien, Kollegs und Abendgymnasien (Übergreifende Schulordnung), GVBl 2009, 224 (2009 & i.d.F.v. 18.09.2019).
- Minnerop-Haeler, E. (2013). Die Lernwerkstatt Donaustadt: Ein Beispiel für gelebte Inklusion. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Diversität & Heterogenität*, 24(135), 36–39.
- Mittag, H.-J. & Schüller, K. (2020). *Statistik: Eine Einführung mit interaktiven Elementen* (6. Aufl.). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61912-4>

- Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen - eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht? Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule: Eine neue Idee? In P. Hanke (Hrsg.), *Grundschule in Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute* (S. 107–127). Waxmann Verlag.
- Möller, K. (2015). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik: Bd. 8621. Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl., S. 243–248). Verlag Julius Klinkhardt.
- Möller, K., Bohrmann, M., Hirschmann, A., Wilke, T. & Wyssen, H.-P. (2013). *Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen: Primarbereich*. Friedrich Verlag.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe: Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel, L. Allolio-Näcke & Prenzel-Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule: Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 161–193). Waxmann.
- Moreno, R. (2005). Instructional technology: Promise and pitfalls. In L. M. PytlikZillig, M. Bodvarsson & R. H. Bruning (Hrsg.), *Nebraska Symposium on Information Technology in Education (Series). Technology-based education: Bringing researchers and practitioners together* (S. 1–19). Information Age Publishing.
- Moreno, R. & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Most, B. & Wlotzka, P. (2020). Chemie in heterogenen Lerngruppen sicher und schüleraktivierend unterrichten. In J. Roß & QUA-LiS NRW (Hrsg.), *Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS. SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung: Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern* (S. 117–134). wbv Media.
- Mühl, H. (2000). *Einführung in die Geistigbehindertenpädagogik* (4. Aufl.). Kohlhammer.
- Müller, M. (2002). *Konstruktive Gedanken über eine Einführung in die konstruktivistische Didaktik*. <https://de.readkong.com/page/konstruktive-gedanken-uber-eine-einfuehrung-in-die-4240042>
- Musenber, O. & Riegert, J. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktische Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenber (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (1. Aufl., S. 13–26). Verlag W. Kohlhammer.
- Nationale Plattform Bildung für nachhaltige Entwicklung c/o Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2017). *Nationaler Aktionsplan Bildung für nachhaltige Entwicklung: Der deutsche Beitrag zum UNESCO-Weltaktionsprogramm*.

- https://www.bne-portal.de/bne/shareddocs/downloads/files/nationaler_aktionsplan_bildung_er_nachhaltige_entwicklung_neu.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60(6), 42–48.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- Netzwerk Leichte Sprache. (2013). *Die Regeln für Leichte Sprache*. https://www.leichte-sprache.org/wp-content/uploads/2017/11/Regeln_Leichte_Sprache.pdf
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer Berlin Heidelberg.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompodium multimediales Lernen. X.media.press*. Springer.
- Noky-Weber, Christina. (2018). *Bildungserver. Inklusive Bildung in Rheinland-Pfalz*. Ministerium für Bildung; Noky-Weber, Christina. <https://inklusion.bildung-rp.de/inklusion/rechtliche-grundlagen.html>
- Noll, A. (2020). *Lesebarrieren in einem inklusiven Mathematikunterricht überwinden: Ergebnisse einer qualitativen und einer quantitativen Studie*. Landauer Beiträge zur mathematikdidaktischen Forschung. Springer Spektrum.
- Noll, A., Roth, J. & Scholz, M. (2016). Wie sollen Lernmaterialien in Inklusionsklassen gestaltet sein? - Instruktionsmaterial und Arbeitsprozesse. In Institut für Mathematik und Informatik Heidelberg (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016: Vorträge auf der 50. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 07.03.2016 bis 11.03.2016 in Heidelberg* (S. 707–710). WTM-Verlag.
- Noll, A., Roth, J. & Scholz, M. (2020). Lesebarrieren im inklusiven Mathematikunterricht überwinden – visuelle und sprachliche Unterstützungsmaßnahmen im empirischen Vergleich. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 41(1), 157–190. <https://doi.org/10.1007/s13138-020-00158-z>
- Noll, A., Sturm, N., Scholz, M. & Roth, J. (2019). Mathematik leicht gemacht: Piktogramme und Leichte Sprache für alle Fälle. In B. Smieja & O. Weyrauch (Hrsg.), *Fächerübergreifender Unterricht: Beiträge aus Theorie und Praxis* (S. 79–97). Peter-Lange-Verlag.
- Ophuysen, S. v., Fischer, B. & Behrmann, L. (2021). *Statistik verstehen: Band 1: Deskriptive Statistik für die Bildungswissenschaften*. Waxmann.

- Paas, Fred G. W. C & van Merriënboer, J. J. G. (1993). Instructional control of cognitive load in training of complex cognitive tasks. In Paas, Fred G. W. C (Hrsg.), *Instrucional control of cognitive load in the training of complex cognitiva tasks* (S. 11–30). CIP-DATA Koninklijke Bibliotheek.
- Peirce, C. S. (2016). Ikon, Index, Symbol (1903). In B. Schneider, C. Ernst & J. Wöpping (Hrsg.), *Diagrammatik-Reader: Grundlegende Texte aus Theorie und Geschichte* (S. 55–57). De Gruyter.
- Peschel, M. (2009a). Der Begriff der Offenheit beim Offenen Experimentieren. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 29. Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung: Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008* (S. 268–270). LIT.
- Peschel, M. (2009b). Grundschullabor für Offenes Experimentieren - Grundlegende Konzeption. In R. Lauterbach, H. Giest & B. Marquardt-Mau (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Bd. 19. Lernen und kindliche Entwicklung: Elementarbildung und Sachunterricht* (S. 229–236). Verlag Julius Klinkhardt.
- Petri, J. (2014). Fallstudien zur Analyse von Lernpfaden. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 95–105). Springer Berlin Heidelberg.
- Pfeifer, P. (2002). Erkenntniswege in der Chemie und im Chemieunterricht. In P. Pfeifer, B. Lutz & H. J. Bader (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (3. Aufl., S. 90–106). Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Pfeifer, P., Schaffer, S. & Sommer, K. (2011). Schülerexperimente im Unterricht: Auswahlkriterien und Beispiele. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 22(126), 2–9.
- Pielsticker, L. (2003). Von Luft und Gasen: Erste experimentelle Erfahrungen über Eigenschaften der Luft. *Förderschulmagazin*, 25(9), 23–28.
- Pitsch, H.-J. & Thümmel, I. (2016). Taugt das Anforderungsprofil an Unterrichtende im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung auch für inklusiven Unterricht? In E. Fischer & R. Markowetz (Hrsg.), *Inklusion in Schule und Gesellschaft: Bd. 6. Inklusion im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung* (S. 205–238). Kohlhammer.
- Pitsch, H.-J. & Thümmel, I. (2017). *Handeln im Unterricht: Zur Theorie und Praxis des Handlungsorientierten Unterrichts mit Geistigbehinderten*. Athena.
- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design-Research - Part A: An Introduction* (S. 11–50). SLO, Netherlands institute for curriculum development.

- Poncelas, A. & Murphy, G. (2007). Assesible Information for People with Intellectual Disabilities: Do Symbols Really Help? *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 20(5), 466–474.
- Pötter, M. (2017). Klimawandel verstehen: Individuell unterstützen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(162), 28–31.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006: Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Waxmann.
- Prenzel, M. & Parchmann, I. (2003). Kompetenzen entwickeln - Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 14(76/77), 15–19.
- Price, J. F., Johnson, M. & Barnett, M. (2012). Universal Design for Learning in the Sciene Classroom. In T. E. Hall, A. Meyer & D. H. Rose (Hrsg.), *What Works for Special-Needs Learners. Universal design for learning in the classroom: Practical applications* (S. 55–70). Guilford Press.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim Offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 315–337.
- Pufé, I. (2017). *Nachhaltigkeit* (3., überarbeitete und erweiterte Aufl., Bd. 8705). UVK Verlagsgesellschaft mbH.
- Puntambekar, S. & Hübscher, R. (2005). Tools for Scaffolding Students in a Complex Learning Environment: What Have We Gained and What Have We Missed? *Educational Psychologist*, 40(1), 1–12. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4001_1
- Pusch, A. (2017). Interaktive Lernmaterialien mit dem tiptoi-Stift. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik: Beiträge zur DPG-Frühjahrestagung Dresden 2017* (S. 261–264).
- Raatz, S. (2016). *Entwicklung von Einstellungen gegenüber verantwortungsvoller Führung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11980-5>
- Ralle, B. (2017). Schülerexperimente. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 70(2).
- Rammstedt, B. (2010). Reliabilität, Validität, Objektivität. In C. Wolf & H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (1. Aufl., S. 239–258). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ratz, C. (2012). Schriftsprachliche Fähigkeiten von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In W. Dworschak, S. Kannevischer, C. Ratz & M. Wagner (Hrsg.), *Schülerschaft mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (SFGE). Eine empirische Studie* (S. 111–132). Athena.

- Ratz, C. (2017). Inklusive Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In E. Fischer & C. Ratz (Hrsg.), *Inklusion: Chancen und Herausforderungen für Menschen mit geistiger Behinderung* (S. 172–191). Beltz Juventa.
- Rau-Patschke, S., Gryl, I., Rumann, S., Bernhard, M., Ebers, M., Fletcher, S., Holzapfel, M., Kania, T. M., Kleinteich, A., Mambrey, S., Manzel, S., Ohlenforst, S., Roll, H., Schmiemann, P., Schreiber, N., Sowinski, M., Stachelscheid, K., Theyßen, H., Viefers, R. & Walpuski, M. (2018). Methodische Herangehensweise für die Erforschung des Übergangs vom Sachunterricht in den Fachunterricht der Sekundarstufe I. *GDSU-Journal*(8), 110–134.
- Reich, K. (2010). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik: Einführung in die Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik* (6. Aufl.). Pädagogik und Konstruktivismus. Beltz Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407291462
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik: Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool* (5. Aufl.). Pädagogik und Konstruktivismus. Beltz.
- Reiners, C. S. (2017). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-52647-7>
- Reiners, C. S. & Adesokan, A. (2018). Inklusion im Chemieunterricht. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 722–736). Aulis Verlag.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Bases Research-Ansatz in der Lehr-Lern-Forschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.
- Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Berichte zur beruflichen Bildung. Gestaltungsorientierte Forschung - Basis für soziale Innovationen: Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis* (1. Aufl., S. 49–61). Bertelsmann.
- Reinmann, G. (2018). *Reader zu Design-Based Research (DBR)*. https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2018/06/Reader_DBR_Juni2018.pdf
- Reinmann, G. (2019). Die Selbstbezüglichkeit der hochschuldidaktischen Forschung und ihre Folgen für die Möglichkeiten des Erkennens. In T. Jenert, G. Reinmann & T. Schmolh (Hrsg.), *Hochschulbildungsforschung: Theoretische, methodologische und methodische Denkanstöße für die Hochschuldidaktik* (S. 125–148). Springer VS.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandel, H. (2004). Problemorientiertes Lernen. In H. Mandl, B. Kopp & S. Dvorak (Hrsg.), *Aktuelle theoretische Ansätze und empirische Befunde im Bereich der Lehr-Lern-Forschung Schwerpunkt Erwachsenenbildung* (S. 26–29).

- Reiss, K. & Hammer, C. (2021). *Grundlagen der Mathematikdidaktik: Eine Einführung für den Unterricht in der Sekundarstufe* (2. Aufl.). *Mathematik Kompakt*. Birkhäuser. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-65429-0>
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., Köller, O. & Waxmann Verlag GmbH (Hrsg.). (2016). *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Waxmann.
- RENN.nord. (2019). *Ziele für nachhaltige Entwicklung: Die 169 Unterziele im Einzelnen*.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). *FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen (Langversion)*. https://www.researchgate.net/publication/247398603_FAM_Ein_Fragebogen_zur_Erfassung_aktueller_Motivation_in_Lern-_und_Leistungssituationen/link/54ad6daf0cf2213c5fe3f858/download
- Rieß, W [Werner] & Robin, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 129–152). Waxmann Verlag GmbH.
- Risch, B., Klein, L.-S., Dönges, C. & Scholz, M. (2021). BNE-spezifische Lernangebote für heterogene Lerngruppen zu ausgewählten Sustainable Development Goals. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (S. 26–42). Beltz Juventa.
- Risch, B. & Pfeifer, P. (2018). Didaktische Reduktion - Elementarisierung. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 45–69). Aulis Verlag.
- Rohrbach-Lochner, F. (2019). *Design-Based Research zur Weiterentwicklung der chemiedidaktischen Lehrerbildung zu Schülervorstellungen: Entwicklung und Evaluation eines an Forschendem Lernen orientierten Seminarkonzepts. Lernen in Naturwissenschaften: Bd. 3*. Logos Verlag.
- Rohrbach-Lochner, F. & Marohn, A. (2018). How research-based learning can increase teacher students' knowledge and abilities: a design-based research project in the context of pupils' (mis) conceptions in science. *RISTAL*(1), 35–50. https://www.ristal.org/fileadmin/user_upload/RISTAL/PDFs_2018/Rohrbach_Lochner_END.pdf
- Ropohl, M. & Emden, M. (2017). Zwischen Neu-Entdecken und Nach-Entdecken: Experimentieren als naturwissenschaftliche Arbeitsweise. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(158), 2–7.

- Rossa, E. (2009). Schülerexperimente. In E. Rossa (Hrsg.), *Chemiedidaktik: Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II* (5. Aufl., 12-33). Cornelsen Scriptor.
- Rott, L. (2018). *Vorstellungsentwicklungen und gemeinsames Lernen im inklusiven Sachunterricht initiieren: Die Unterrichtskonzeption "choice2explore". Lernen in Naturwissenschaften: Bd. 4.* Logos Verlag.
- Rott, L. & Marohn, A. (2016). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben - Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. *Zeitschrift für Inklusion*(4). <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/325/277>
- Rott, L. & Marohn, A. (2017). Choice² explore - eine an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. *GDSU Journal*(7), 105–116.
- Rott, L. & Marohn, A. (2018). choice2explore: gemeinsam lernen im inklusiven Sachunterricht. In U. Franz, H. Giest, A. Hartinger, A. Heinrich-Dönges & B. Reinhoffer (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Bd. 28. Handeln im Sachunterricht* (S. 223–230). Verlag Julius Klinkhardt.
- Rott, L., Nowosadek, B. & Marohn, A. (2017). Warum kann man Salz in Wasser nicht sehen? Teilchenmodelle im inklusiven Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(172), 16–21.
- Rückert, S. & van Vorst, H. (2008). Herausforderungen angehender Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts am Berufskolleg. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 28. Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung: Jahrestagung in Essen 2007* (S. 792–795). LIT-Verlag.
- Sacher, W. (2009). *Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen: Bewährte und neue Wege für die Primar- und Sekundarstufe* (5., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Verlag Julius Klinkhardt. https://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783781552036
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Springer Berlin Heidelberg.
- Saß, H., Wittchen, H.-U., Zaudig, M. & Houben, I. (2003). *Diagnostisches und statistisches Manual Psychischer Störungen - Textrevision: DSM-IV-TR* (übersetzt nach der Textrevision der 4. Aufl.). Hogrefe.
- Sasse, A. & Schulzeck, U. (2013). Differenzierungsmatrizen als Modell der Planung und Reflexion inklusiven Unterrichts - zum Zwischenstand in einem Schulversuch. In A. Jantowski (Hrsg.), *Impulse: Bd. 58. Thillm. 2013-: Gemeinsam leben. Miteinander*

- lernen*. (S. 13–22). Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (Thillm).
- Schabram, K. (2007). *Lernaufgaben im Unterricht: Instruktionspsychologische Analysen am Beispiel der Physik: Dissertation*. Universität Duisburg-Essen. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Duisburg/Schabram2007.pdf>
- Schäfer, H. (2017). *Unterrichtsplanung im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Das MehrPerspektivenSchema als didaktischer Orientierungsrahmen* (1. Aufl.). Beltz Juventa.
- Schäfer, H. (2020). Bildung und Verantwortung: Querschnitts- und Langsschnittsaufgabe im FgE. *Lernen konkret*(2), 4–5.
- Schäfer, H., Steinmetz, R. & Griebler-Trossen, D. (2020). Schulverpflegung. *Lernen konkret*(2), 14–15.
- Schecker, H., Neumann, K., Theyßen, H., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Stufen experimenteller Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 197–213. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0050-3>
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45–66.
- Scheele, B. & Groeben, N. (1988). *Dialog-Konsens-Methode zur Rekonstruktion Subjektiver Theorien: die Heidelberger Struktur-lege-Technik (SLT), konsuale Ziel-Mittel-Argumentation und kommunikative Flußdiagramm-Beschreibung von Handlungen*. Francke. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-10293>
- Schermelleh-Engel, K. & Werner, C. S. (2012). Methoden der Relialibilitätsbestimmung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 119–141). Springer.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 - Ergebnisse des internationalen Vergleichs im modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, O. Köller & Waxmann Verlag GmbH (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 45–98). Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S., Köller, O. & Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In M. Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 189–215). Waxmann.
- Schlüter, A.-K. & Melle, I. (2017). Luft ist komprimierbar: Beispiele für die Umsetzung des Universal Design for Learning. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(162), 36–39.

- Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*(3), 270–285.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (1992). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Didaktik, Naturwissenschaften: Bd. 2.* Westarp Wissenschaften.
- Schmiemann, P. & Lücken, M. (2014). Validität - Misst mein Test, was er soll? In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 107–118). Springer Berlin Heidelberg.
- Schmitt-Sody, B. (2013). *NESSI-FÖSL - Konzeption und Evaluation eines Schülerlabors für Förderschüler aus chemiedidaktischer Perspektive: Dissertation.*
- Schmitt-Sody, B. & Kometz, A [Andreas] (2013). Experimentieren mit Förderschülern: Erfahrungen aus dem Schülerlabor NESSI-Lab. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 24(135), 40–44.
- Schneider, W. (2008). Entwicklung, Diagnose und Förderung der Lesekompetenz im Kindes- und Jugendalter. In C. Fischer, F. J. Mönks & U. Westphal (Hrsg.), *Individuelle Förderung: Begabungen entfalten - Persönlichkeit entwickeln: Fachbezogene Förder- und Förderkonzepte* (S. 131–168). LIT Verlag.
- Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 72–103). Cambridge University Press.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Experimental Psychology*, 46(3), 217–236. <https://doi.org/10.1026//0949-3964.46.3.217>
- Scholz, M., Dechant, C., Dönges, C. & Risch, B. (2018). Fachbeitrag: Naturwissenschaftliche Inhalte für Schülerinnen und Schüler mit kognitiven Beeinträchtigungen aufbereiten: Entwicklung und Evaluation von Lernmaterialien für den Bereich Umweltbildung mithilfe eines Design-Based Research-Ansatzes. *Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 87(4), 318–335. <https://doi.org/10.2378/vhn2018.art36d>
- Scholz, M., Dönges, C., Dechant, C. & Endres, A. (2016a). Theoretische und konzeptionelle Überlegungen zur Vermeidung von Lesebarrieren bei naturwissenschaftlichen Schülerexperimenten. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(10), 454–464.
- Scholz, M., Dönges, C., Risch, B. & Roth, J. (2016b). Anpassung an Arbeitsmaterialien für selbstständiges Arbeiten von Schülerinnen und Schülern mit kognitiven Beeinträchtigungen - Ein Pilotversuch. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(7), 318–328.

- Schoonenboom, J. & Johnson, R. B. (2017). How to Construct a Mixed Methods Research Design. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 69(2), 107–131. <https://doi.org/10.1007/s11577-017-0454-1>
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *PhyDid - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(3), 92–101.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2014). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 161–173. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0017-1>
- Schreier, M. (2013). Qualitative Forschungsmethoden. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl., 189-221). Springer.
- Schuck, K. D. (2016). Fördern, Förderung, Förderbedarf. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 116–120). Kohlhammer.
- Schulz, A. [Andreas], Wirtz, M. & Starauschek, E. (2012). Das Experiment in den Naturwissenschaften. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (S. 15–38). Waxmann Verlag GmbH.
- Schumann, S. (2018). *Quantitative und qualitative empirische Forschung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17834-5>
- Schwinghammer, Y. (2018). Teilnehmende Beobachtung. In J. M. Boelmann (Hrsg.), *Empirische Forschung in der Deutschdidaktik: Bd. 2. Erhebungs- und Auswertungsverfahren*. (S. 165–178). Schneider.
- Sclera npo. (2021). *Sclera symbols*. <https://www.sclera.be>
- Seibert, N. (2009). Unterrichtsprinzipien. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik, Pädagogik: Bd. 8423. Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 189–195). Klinkhardt.
- Seufert, S. (2014). Potenziale von Design Research aus der Perspektive der Innovationsforschung. In D. Euler & P. F. E. Sloane (Hrsg.), *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beiheft: Bd. 27. Design-based research* (S. 79–96). Franz Steiner Verlag.
- Sommer, C. & Harms, U. (2008). Kompetenzentwicklung im Sachunterricht zum Themenbereich Naturwissenschaften am Beispiel der Biologie. In H. Giest, A. Hartinger & J. Kahlert (Hrsg.), *Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts: Bd. 7. Kompetenzniveaus im Sachunterricht* (S. 31–46). Klinkhardt.
- Sommer, K., Kring, P., Strippel, C. G. & Emmerich, K. (2021). Methodenwissen über den Weg der Erkenntnisgewinnung - explizit und Schritt für Schritt: Ein Vermittlungskonzept mit

- dem Lernziel "Erkenntnisgewinnung". *CHEMKON*, 28, 1–7.
<https://doi.org/10.1002/ckon.202000042>
- Sommer, K. & Pfeifer, P. (2018a). Experiment und Erkenntnis. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 70–88). Aulis Verlag.
- Sommer, K. & Pfeifer, P. (2018b). Ziele des Chemieunterrichts und Chemiedidaktische Leitlinien. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher & P. Pfeifer (Hrsg.), *Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 139–174). Aulis Verlag.
- Speck, O. (1993). *Menschen mit geistiger Behinderung und ihre Erziehung: Ein heilpädagogisches Lehrbuch* (7., aktualisierte und erg. Aufl.). Reinhardt.
- Speck, O. (2016). *Menschen mit geistiger Behinderung: Ein Lehrbuch zur Erziehung und Bildung* (13., aktualisierte Aufl.). Ernst Reinhardt Verlag. <http://www.reinhardt-verlag.de/de/titel/53784/>
- Stäudel, L. (2007). Die Spinnennetz-Methode: Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht. In R. Duit, H. Gropengießer & L. Stäudel (Hrsg.), *Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10* (S. 9). Friedlich-Verlag.
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen: Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF). Naturwissenschaften WiFF Expertise: Bd. 48.*
- Stephan, H. (2012). Färberwerkstatt: Ein Projekt mit natürlichen Farbstoffen. *Förderschulmagazin*, 34(6), 51–54.
- Stiller, J. (2015). *Scientific Inquiry im Chemieunterricht: Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich*. Dissertation. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Stinken-Rösner, L., Abels, S., Hundertmark, S., Menthe, J., Nehring, A. & Rott, L. (2021). Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen. In S. Habig (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP): Bd. 41. Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020* (S. 169–172). Universität.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3(30-45).
- Stinkes, U. (2016). Bildung bei kognitiven Beeinträchtigungen. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., 217-222). Kohlhammer.

- Stolz, A. (2018). *Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 267*. Logos.
- Stolz, A. & Erb, R. (2014). Experimentierverhalten und Lernzuwachs in Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. Lernzuwachs durch Experimentieren*, 67(07), 388–393.
- Stöppler, R. (2017). *Einführung in die Pädagogik bei geistiger Behinderung: Mit 19 Abbildungen und 21 Tabellen, mit Übungsaufgaben und Online-Ergänzungen (2. Aufl.)*. *Basiswissen der Sonder- und Heilpädagogik: Bd. 4135*. Ernst Reinhardt Verlag.
- Strassmeier, W. (2000). *Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern (2. Auflage)*. Reinhardt UTB.
- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D. & La Noto Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7>
- Ströbl, J. (2009). Grußwort von Mensch zuerst - Netzwerk People First Deutschland e.V. In [MASGFF] Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Familie und Frauen des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.), *Leichte und bürgernahe Sprache: Leitfaden für die Erstellung von Briefen und Veröffentlichungen im Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit, Familie und Frauen des Landes Rheinland-Pfalz* (S. 5).
- Strydom, A., Forster, M., Wilkie, B. M., Edwards, C. & Hall, I. S. (2001). Patient information leaflets for people with learning disabilities who take psychiatric medication. *British Journal of Learning Disabilities*, 29, 72–76.
- Sumfleth, E., Fischer, H. E., Glemnitz, I. & Kauertz, A. (2006). Ein Modell vertikaler Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 26. Lehren und Lernen mit neuen Medien: Jahrestagung der GDChP in Paderborn 2005* (S. 219–221). LIT-Verl.
- Sumfleth, E., Rumann, S. & Nicolai, N. (2018). Kooperative Arbeiten im Chemieunterricht. *Essener Unikate*(Ausgabe 24), 75–85. <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/fb9/koopchemieunt.pdf>
- Sutherland, R. J. & Isherwood, T. (2016). The Evidence for Easy-Read for People With Intellectual Disabilities: A Systematic Literature Review. *Journal for Policy and Practice in Intellectual Disabilities*, 13(4), 297–310.
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer.
- Sweller, J. & Chandler, P. (1991). Evidence for Cognitive Load Theory. *Cognition and Instruction*, 8(4), 351–362. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_5
- Tashakkori, A. & Creswell, J. W. (2007). Editorial: The New Era of Mixed Methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 3–7. <https://doi.org/10.1177/2345678906293042>

- Telser, V. (2019). *Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 282*. Logos.
- Terfloth, K. & Bauersfeld, S. (2019). *Schüler mit geistiger Behinderung unterrichten: Didaktik für Förder- und Regelschule*. Ernst Reinhardt Verlag.
- Terfloth, K. & Cesak, H. (2016). *Schüler mit geistiger Behinderung im inklusiven Unterricht: Praxistipps für Lehrkräfte. Inklusiver Unterricht kompakt*. Ernst Reinhardt Verlag.
- Terhart, E. (2014). Der Heilige Gral der Schul- und Unterrichtsforschung - gefunden? Eine Auseinandersetzung mit Visible Learning. In E. Terhart (Hrsg.), *Bildung kontrovers. Die Hattie-Studie in der Diskussion: Probleme sichtbar machen* (1. Aufl., S. 10–23). Klett Kallmeyer.
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht: Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 42*. Logos.
- Theunissen, G. (2021). *Geistige Behinderung und Verhaltensauffälligkeiten: Basiswissen für Erziehung, Unterricht, Förderung und Therapie* (7. Aufl.). Verlag Julius Klinkhardt.
- Thews, S. G. & Menthe, J. (2020). Der gemeinsame Gegenstand im inklusiven Chemieunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 40. Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Jahrestagung in Wien 2019* (S. 716–719). Universität Duisburg-Essen.
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest. *PhyDid - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 15(1), 26–48.
- Tobii Dynavox LLC. (2021). *Boardmaker7*. <https://de.tobiidynavox.com/>
- Trescher, H. (2016). Feldzugang bei kognitiver Beeinträchtigung - am Beispiel der direkten Beforschung demenziell erkrankter Personen. In D. Katzenbach (Hrsg.), *Qualitative Forschungsmethoden in der Sonderpädagogik* (1. Aufl., S. 31–41). Verlag W. Kohlhammer.
- Tschentscher, C. & Kulgemeyer, C. (2014). Mit Heterogenität beim Experimentieren umgehen: Hilfen und Tipps zur Erstellung differenzierter Versuchsanleitungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik. Experimentieren gestalten*, 25(144), 19–23.
- Tuckermann, A., Häußler, A. & Lausmann, E. (2017). *Praxis TEACCH: Herausforderung Regelschule: Unterstützungsmöglichkeiten für Schüler mit Autismus-Spektrums-Störungen im lernzielgleichen Unterricht* (3. Aufl.). BORGSMANN MEDIA GmbH.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2020). *Educational for Sustainable Development: A roadmap*.
- Unterbruner, U. (2007). Multimedia-Lernen und Cognitive Load. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 153–164). Springer.

- van den Akker, J. (2013). Curricular Development Research as a Specimen of Educational Design Research. In T. Plomp & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design-Research - Part A: An Introduction* (S. 53–70). SLO, Netherlands institute for curriculum development.
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (Hrsg.). (2006). *Educational design research*. Routledge.
- Vierbuchen, M.-C. & Rieckmann, M. (2020). Bildung für nachhaltige Entwicklung und inklusive Bildung. Grundlagen, Konzepte und Potenziale. *ZEP (Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik)*, 43(1), 4–10. <https://doi.org/10.25656/01:20442>
- Villanueva, M. G., Taylor, J., Therrien, W. & Hand, B. (2012). Science education for students with special needs. *Studies in Science Education*, 48(2), 187–215. <https://doi.org/10.1080/1470329>
- Völcker, M. (2019). The Quality of "Good" mixed-Methods Research: Development and Discussion of an Orientation Framework. In J. Lüdemann & A. Otto (Hrsg.), *Studien zur Schul- und Bildungsforschung: Bd. 76. Triangulation und Mixed-Methods: Reflektionen theoretischer und forschungspraktischer Herausforderungen* (S. 63–99). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Völcker, M., Meyer, K. & Jörke, D. (2019). Erkenntnistheoretische Grundlagen von Mixed-Methods: Aktuelle Diskurslinien und forschungspraktische Perspektiven. In J. Lüdemann & A. Otto (Hrsg.), *Studien zur Schul- und Bildungsforschung: Bd. 76. Triangulation und Mixed-Methods: Reflektionen theoretischer und forschungspraktischer Herausforderungen* (S. 103–139). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. *MNU Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 70(2), 83–89.
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. von & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 25–41. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0039-3>
- Wagner, L. & Bader, H. J. (2005). Das Unterrichtsfach Chemie. Ein Stiefkind an hessischen Förderschulen. *Behindertenpädagogik*, 44(2), 204–212.
- Wagner, M. (2013). Sind sie der Rest? Kinder und Jugendliche mit schwerer Behinderung in einem inklusiven Schulsystem. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 64(12), 496–501.
- Wahl, D. (2013). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten: Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln* (3. Aufl. mit Methodensammlung). Klinkhardt.

- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219–241.
- Walkowiak, M. & Nehring, A. (2017). Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 37. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (460–463). Universität Regensburg.
- Walpuski, M. & Hauck, A. (2017). Experimente und Lernerfolg: Wie können Experimentierphasen optimiert werden, um Interesse und Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhöhen? *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(158), 8–13.
- Walpuski, M. & Schulz, A [Alexandra] (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente - Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *chim. & ct. did.*, 37(104), 6–27.
- Walthes, R. (2016). Bildung bei Beeinträchtigung des Sehens. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 200–207). Kohlhammer.
- Weinert, F. E. (2014). Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Beltz Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (3. Aufl., S. 17–31). Beltz.
- Weirauch, K., Geidel, E., Hörning, A. I. & Seefried, H. (2015). Forschen lernen in der Schule. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, 64(6), 8–14.
- Weirauch, K., Goschler, W., Schenk, C. & Ratz, C. (2020). Chemie all-inclusive: Methodische Ansätze für inklusives Experimentieren. In S. Habig (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 40. Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Jahrestagung in Wien 2019* (S. 744–747). Universität Duisburg-Essen.
- Weirauch, K., Schenk, C. & Ratz, C. (2021a). *Experimentieren im inklusiven Chemieunterricht: Anleitungen und differenzierte Materialien zum Erkunden von Alltagsphänomenen* (1. Aufl.). Bergedorfer Unterrichtsideen. Persen - AAP Lehrerwelt GmbH.
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C. & Reuter, C. (2020b). *Chemie all-inclusive: Ein Kompendium von Methodenwerkzeugen für die Entwicklung inklusiv angelegter naturwissenschaftlicher Experimentier-Situationen. Lernwerkstatt online: Bd. 2*. DOI: 10.25972/OPUS-20766 <https://doi.org/10.25972/OPUS-20766>
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C. & Reuter, C. (2021). Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungs-

- Projekt 'Chemie all-inclusive'(Chai). In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. 4. Beiheft. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (S. 101–116). Beltz Juventa.
- Wember, F. B. & Heimlich, U. (2016). Bildung bei Beeinträchtigung des Lernens. In M. Dederich, I. Beck, U. Bleidick & G. Antor (Hrsg.), *Handlexikon der Behindertenpädagogik: Schlüsselbegriffe aus Theorie und Praxis* (3. Aufl., 196-200). Kohlhammer.
- Wember, F. B. & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), *DoProfiL - das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 57–72). Waxmann.
- Wendt, M. (2014). *Allgemeine Psychologie - Wahrnehmung* (1. Aufl.). Hogrefe.
- Wertenbroch, W. (2001). Kupfersulfid: ein neuer Stoff entsteht. *Förderschulmagazin*, 23(3), 23–24.
- Wertenbroch, W. (2004). Schwefeldioxid: Ein Beitrag zum Stellenwert des Faches Chemie. *Förderschulmagazin*, 26(9), 22–24.
- Wessels, C. (2005). So kann es jeder verstehen: Das Konzept der Leichten Lesbarkeit. *Geistige Behinderung*, 44(3), 226–239.
- Westphal, I. (2019). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 663–672). Beltz Verlag.
- Wild, J. & Pissarek, M. (2020). *RATTE Regensburger Analysetool für Texte: Dokumentation*.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–42). Springer Berlin Heidelberg.
- Windt, A. (2017). Experimentieren in der Grundschule: Lernunterstützung bei der Planung von Experimenten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 28(158), 43–46.
- Winter, L. (2014). *Barrierefreie Kommunikation: Leichte Sprache und Teilhabe für Menschen mit Lernschwierigkeiten*. Diplomica Verlag GmbH.
- Wirtz, M. & Casper, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe.
- Yahya, L. & Bader, H. J. (2008). Sichtstrukturen des Chemieunterrichts von Förderschullehrkräften einer Sprachheilschule: Auswertung einer Videostudie. *Chemie konkret. Forum für Unterricht und Didaktik*, 15(4), 171–175.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods* (5. edition). Sage.

Zeitschrift für Inklusion (2017). Inklusion für nachhaltige Entwicklung. *Gemeinsam leben*, 25(2).

Ziemen, K. (2019). Didaktik. In H. Schäfer (Hrsg.), *Handbuch Förderschwerpunkt geistige Entwicklung: Grundlagen, Spezifika, Fachorientierung, Lernfelder* (S. 85–91). Beltz Verlag.

9 Abkürzungsverzeichnis

BNE	Bildung für nachhaltige Entwicklung
BNE _x	BNE-spezifische Experimentierangebote für heterogene/inklusive Lerngruppen zu Schlüsselthemen einer nachhaltigen Entwicklung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
DBR	Design-Based Research-Ansatz
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
d. h.	das heißt
DSM	Diagnostic and Statistic Manual of Mental Disorders deutsch: Diagnostisches und Statistisches Manual psychischer Störungen
ebd.	ebenda
ESD	Education for Sustainable Development
f.	folgend
ff..	fortfolgend
FSP gE	Förderschwerpunkt geistige Entwicklung
FSP L	Förderschwerpunkt Lernen
ggf.	gegebenenfalls
I	Interview
ICD	International Statistic Classification of Diseases and Related Health Problems, deutsch: Internationale statistische Klassifikation von Krankheiten
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health deutsch: Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit
L	Lehrer
MZ	Mesozyklus
Mz	Messzeitpunkt
PF	Pädagogische Fachkraft
S	Schüler
s.	siehe
s. o.	siehe oben
SDG	Sustainable Development Goal
SDDS-Modell	Scientific Discovery as Dual Search-Modell
vgl.	vergleiche
vs.	versus

WHO	Weltgesundheitsorganisation
u. a.	unter anderem
UD	Universal Design
UDL	Universal Design for Learning
UN-BRK	UN-Behindertenrechtskonvention (UN = Vereinte Nationen)
z. B.	zum Beispiel

Unter Lehrkräfte sind Lehrer und Pädagogische Fachkräfte gefasst.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wechselwirkungen zwischen den Komponenten der ICF ([DIMDI], 2005, S. 23)	6
Abbildung 2: Sonderpädagogisch geförderte Schüler an Schulen – Verteilung nach Förderschwerpunkten (in Anlehnung an [KMK], 2020b, XV).....	6
Abbildung 3: Die PISA-Rahmenkonzeption naturwissenschaftlicher Grundbildung (Schiepe- Tiska, Schöps, Rönnebeck, Köller & Prenzel, 2013, S. 193)	14
Abbildung 4: Experimentierphasen unterschiedlicher Modelle	22
Abbildung 5: Modell experimenteller Kompetenz nach Schreiber et al. (2009, S. 93)	24
Abbildung 6: Experimentelle Teilkompetenzen nach Maiseyenko (2014, S. 20)	24
Abbildung 7: Zirkuläre Experimentierprozesse (links: Experimentierzyklus nach Bohrmann, 2017, S. 22; rechts: zyklischer Prozess der Erkenntnisgewinnung in Anlehnung an Sommer et al., 2021).....	25
Abbildung 8: Forscherkreisläufe für die Grundschule (links: Forschungskreislauf nach Marquardt-Mau, 2011, S. 37; rechts: Forscherkreislauf in Anlehnung an Möller et al., 2013)	26
Abbildung 9: Forscherkreislauf (eigene Darstellung).....	29
Abbildung 10: Darstellungsebenen und kognitive Operationen (Leisen, 2015, S. 134)	56
Abbildung 11: Schriftarten im Vergleich.....	60
Abbildung 12: Metacom-Symbole (Kitzinger, 2020)	67
Abbildung 13: Komplexitätsniveaus (in Anlehnung an Fischer et al., 2006; Kauertz, 2008; Sumfleth, Fischer, Glemnitz & Kauertz, 2006).....	70
Abbildung 14: Ein Rahmenmodell der Wirkungsweise des Unterrichts (Helmke, 2009, S. 45)	78
Abbildung 15: Ziele SDG6 (RENN.nord, 2019).....	85
Abbildung 16: Ziele SDG14 (RENN.nord, 2019).....	85
Abbildung 17: Ziele SDG15 (RENN.nord, 2019).....	86
Abbildung 18: Vernetzung der inklusiven und naturwissenschaftsdidaktischen Perspektive im Schema (Stinken-Rösner, Abels, Hundertmark, Menthe, Nehring & Rott, 2021, S. 170, übersetzt nach Stinken-Rösner et al., 2020, S. 37)	95
Abbildung 19: Allgemeines Ablaufmodell der qualitativen Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz, 2016, S. 45).....	106
Abbildung 20: Auswertungsformen der inhaltlichen strukturierten Inhaltsanalyse (in Anlehnung an Kuckartz, 2016, S. 118).....	108

Abbildung 21: Ablaufmodell der Forschung im Rahmen von DBR (in Anlehnung an Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018; Rott & Marohn, 2016)	114
Abbildung 22: Anzahl durchgeführter Experimente (links); Häufigkeit der durchgeführten Experimente (rechts).....	115
Abbildung 23: Grad der Modifikation der Experimente (links); Bewertung von Experimenten (rechts).....	116
Abbildung 24: Lesbarkeitsindizes anhand eines Beispiels (Berechnung mit der Desktop-Version, oben: LIX, unten: RATTE)	130
Abbildung 25: Unterschied zwischen einem nicht freigestellten und freigestellten Objekt (Figur-Grund-Kontrast)	131
Abbildung 26: Laufleiste (oben: Symbolschrift, unten: Fotografischer Handlungsablauf)	132
Abbildung 27: Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1 (links: Vorderseite, Mitte: Rückseite, rechts: Rückseite nach Hochklappen der Lösung)	141
Abbildung 28: Experimentiervorschrift in Symbolschrift am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1.....	142
Abbildung 29: Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 1	143
Abbildung 30: Schüler liest die Experimentiervorschrift auf dem Tisch-Flipchart.....	151
Abbildung 31: Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache am Beispiel „Feind der Tiere“ am Ende von Mesozyklus 3	157
Abbildung 32: Piktogramme für Materialien (links: Geräte, rechts: Chemikalien)	161
Abbildung 33: Piktogramme der einzelnen Phasen in der Experimentiervorschrift Symbolschrift und Fotografischer Handlungsablauf.....	162
Abbildung 34: Unterlage als weitere Unterstützungsmaßnahme (links: Experiment „Feind der Tiere“, rechts: Experiment „Von Eierschalen und Korallenriffen“)	166
Abbildung 35: Arbeitsblatt zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“ ...	167
Abbildung 36: Experimentiervorschrift in Symbolschrift am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 5.....	172
Abbildung 37: Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf am Beispiel "Feind der Tiere" am Ende von Mesozyklus 5	173
Abbildung 38: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung (links: Übersichtsbogen, rechts: Vorderseite des Bogens zum Ausfüllen).....	177
Abbildung 39: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Leitfaden zur Teilkompetenz Beobachten	178

Abbildung 40: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Übersichtsbogen	181
Abbildung 41: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen von Schülern mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung – Bogen für Lehrkräfte zum Ausfüllen (oben: Vorderseite, unten: Rückseite)	182
Abbildung 42: Arbeitsblätter zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“ für die Klasse 8	189
Abbildung 43: Arbeitsblätter zur Dokumentation des Experiments am Beispiel „Naturfilter“ für die Klasse 8-9	189
Abbildung 44: Forscherkreislauf in Form eines Plakats (Das Plakat hat freie Felder, auf die die richtigen Piktogramme und Begriffe geklettet werden können. So können die Phasen des naturwissenschaftlichen Experiments mit seinen einzelnen Phasen Schritt für Schritt ergänzt werden.)	191
Abbildung 45: Forscherkreislauf in Form einer Forscherscheibe (Der Forscherkreislauf wird mit einem Kreis abgedeckt, der durch ein Sichtfenster nur ein Feld freigibt. Durch eine Musterklemme können die beiden Seiten zusammengeheftet werden, sodass durch Drehen der hinteren Scheibe immer eine Experimentierphase zu sehen ist.).....	191
Abbildung 46: Memory zur Zuordnung von Geräten und Chemikalien am Beispiel von Spülmittel und Becherglas.....	192
Abbildung 47: Sicherheitsbelehrung (auf rotem Hintergrund: fertiges Plakat, auf weißem Hintergrund: fertige Arbeitsblätter)	193
Abbildung 48: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen aller Schüler als Mittelwert	202
Abbildung 49: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Fragestellung als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	204
Abbildung 50: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Fragestellung als Boxplot .	205
Abbildung 51: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Vermutung als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	206
Abbildung 52: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment planen als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	207
Abbildung 53: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment durchführen als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	208

Abbildung 54: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Beobachten als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	208
Abbildung 55: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Ergebnis als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	209
Abbildung 56: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Dokumentieren als absolute Häufigkeitsverteilung (Punkte; die Größe der Punkte gibt die Anzahl an) und Mittelwert (Linie).....	210
Abbildung 57: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 und 8-9 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung	211
Abbildung 58: Erinnerungsfähigkeit aller Schüler in Bezug auf das Ergebnis der einzelnen 13 Lernstationen	215
Abbildung 59: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung	224
Abbildung 60: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)	227
Abbildung 61: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen, Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)	229
Abbildung 62: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen und Experiment durchführen von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend).....	236
Abbildung 63: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung und Ergebnis von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)	237
Abbildung 64: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten und Dokumentieren von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)	238
Abbildung 65: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Tom über 25 Messzeitpunkte (an 19 Messzeitpunkten fehlend).....	245
Abbildung 66: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend).....	250
Abbildung 67: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Beobachten und Dokumentieren von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend).....	252

Abbildung 68: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung und Experiment planen von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)	253
Abbildung 69: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Ergebnis und Dokumentieren von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	259
Abbildung 70: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen und Beobachten von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend).....	260
Abbildung 71: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung und Experiment durchführen von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	262
Abbildung 72: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8-9 von Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 25 als Häufigkeitsverteilung	267
Abbildung 73: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)	270
Abbildung 74: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen und Experiment durchführen von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend).....	271
Abbildung 75: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Beobachten und Dokumentieren von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)	272
Abbildung 76: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenz Experiment planen von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)	279
Abbildung 77: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Vermutung und Ergebnis von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend)	280
Abbildung 78: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen, Beobachten und Dokumentieren von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend).....	281
Abbildung 79: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	288
Abbildung 80: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment durchführen und Ergebnis von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	289
Abbildung 81: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Experiment planen, Beobachten und Dokumentieren von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	290

Abbildung 82: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Vermutung, Beobachten, Dokumentieren von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend) .296	
Abbildung 83: Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen Fragestellung, Experiment planen, Experiment durchführen, Ergebnis von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend)	297

11 Animationsverzeichnis

Animation 1: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren Teilkompetenzen der Klasse 8 und Klasse 8-9 über 25 Messzeitpunkte als Häufigkeitsverteilung	211
Animation 2: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen der Klasse 8 über 25 Messzeitpunkte.....	224
Animation 3: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Dirk über 25 Messzeitpunkte (an zwei Messzeitpunkten die Hälfte der Unterrichtszeit fehlend)	226
Animation 4: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Sina über 25 Messzeitpunkte (an neun Messzeitpunkten fehlend)	235
Animation 5: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Viktor über 25 Messzeitpunkte (an zehn Messzeitpunkten fehlend)	249
Animation 6: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Wolfgang über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend).....	258
Animation 7: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen der Klasse 8-9 über 25 Messzeitpunkte.....	267
Animation 8: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Gabriel über 25 Messzeitpunkte (an drei Messzeitpunkten fehlend)	269
Animation 9: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Jan über 25 Messzeitpunkte (an elf Messzeitpunkten fehlend) .	278
Animation 10: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Nina über 25 Messzeitpunkte (an einem Messzeitpunkt fehlend)	287
Animation 11: Entwicklung der experimentellen Kompetenz mit deren experimentellen Teilkompetenzen von Sven über 25 Messzeitpunkte (an 13 Messzeitpunkten fehlend)	295

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Intelligenzminderung nach ICD-10 (nach [DIMDI], 2019)	9
Tabelle 2: Scientific Inquiry / Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen.....	15
Tabelle 3: Begriffliche Differenzierung verschiedener Experimente (in Anlehnung an Grygier & Hartinger, 2012)	17
Tabelle 4: Unterschiedliche Kriterien für die Einteilung von Experimenten im Unterricht (Barzel et al., 2012, S. 118).....	37
Tabelle 5: Dimensionierung und Graduierung des offenen Experimentierens im Überblick (in Anlehnung an Priemer, 2011, S. 325)	38
Tabelle 6: Grade der abgestuften Schülerselbstständigkeit beim Experimentieren (nach Mayer & Ziemek, 2006, S. 9)	38
Tabelle 7: Offenheitsgrad eines Experiments nach Baur et al. (2017a, S. 15)	41
Tabelle 8: Überblick über die Teilaspekte experimenteller Kompetenz nach Maiseyenko (2014, S. 22)	47
Tabelle 9: Prinzipien (I, II, III) und Richtlinien (1-9) des UDL (CAST, 2018; deutsche Übersetzung nach Kreamer, Proyer & Baesch, 2020, S. 41f.)	52
Tabelle 10: Aneignungswege nach Bruner (1974, 17) und nach Kutzer (Menthe, Hoffmann, Nehring & Rott, 2015, S. 159)	53
Tabelle 11: Regeln Leichter Sprache (in Anlehnung an [BMAS], 2014; [MASGFF], 2009; Netzwerk Leichte Sprache, 2013)	58
Tabelle 12: Differenzierungsstufen für die Gestaltung von Versuchsanleitungen (Scholz et al., 2018, S. 323)	61
Tabelle 13: Text-Symbol-Verknüpfung	64
Tabelle 14: Unterstützungsmaßnahmen (in Anlehnung an Noll et al., 2020, S. 171)	65
Tabelle 15: Verschiedene Zeichensysteme	68
Tabelle 16: Verschiedene Formate statischer Bilder (in Anlehnung an H'mida et al., 2020)..	72
Tabelle 17: Qualitätsmerkmale guten Unterrichts	80
Tabelle 18: Fleiss-Kappa-Werte und Aussage über die Stärke der Übereinstimmung (Landis & Koch, 1977, S. 165)	104
Tabelle 19: Vorteile und Schwierigkeiten des Einsatzes von naturwissenschaftlichen Experimenten.....	116
Tabelle 20: Wünsche der Befragten an naturwissenschaftliche Experimente	117
Tabelle 21: Übersicht über das Design-Experiment (Abkürzungen: FSP gE = Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, FSP L = Förderschwerpunkt Lernen)	121
Tabelle 22: Symbole der drei Varianten der Experimentiervorschriften.....	129

Tabelle 23: Datenüberblick Mesozyklus 1.....	133
Tabelle 24: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 1.....	134
Tabelle 25: Übersicht der Lernstationen.....	136
Tabelle 26: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 1	137
Tabelle 27: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 1.....	138
Tabelle 28: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus 1.....	139
Tabelle 29: LIX-Werte der Experimente.....	140
Tabelle 30: Datenüberblick Mesozyklus 2 und 3.....	147
Tabelle 31: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 2 und 3.....	147
Tabelle 32: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den Experimenten in Vereinfachter Sprache in Mesozyklus 2.....	148
Tabelle 33: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3.....	152
Tabelle 34: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3.....	154
Tabelle 35: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus 2 und 3.....	156
Tabelle 36: Datenüberblick Mesozyklus 4 und 5.....	163
Tabelle 37: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 4 und 5.....	164
Tabelle 38: Kritik und Verbesserungsvorschläge zu den Experimenten in Symbolschrift und als Fotografischer Handlungsablauf in Mesozyklus 4.....	164
Tabelle 39: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG6-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5.....	168
Tabelle 40: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG14-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5.....	169
Tabelle 41: Kritik, Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen zu den SDG15-Experimenten in Mesozyklus 4 und 5.....	170
Tabelle 42: Datenüberblick Mesozyklus 6.....	179
Tabelle 43: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 6.....	180
Tabelle 44: Interrater-Reliabilität des Beobachtungsbogens mittels einer Berechnung durch Fleiss-Kappa.....	183
Tabelle 45: Ablauf einer Lernstation am Beispiel „Feind der Tiere“ (über zwei Seiten).....	194

Tabelle 46: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden (an den dick geschriebenen Daten wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt)	197
Tabelle 47: Datenüberblick Mesozyklus 7.....	199
Tabelle 48: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 7.....	200
Tabelle 49: Standardabweichung der einzelnen experimentellen Teilkompetenzen zu den einzelnen Messzeitpunkten	203
Tabelle 50: Charakterisierungsbogen zur Einschätzung der Schüler (in Anlehnung an Rott, 2018, S. 181)	219
Tabelle 51: Datenüberblick Mesozyklus 8.....	220
Tabelle 52: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 8.....	221
Tabelle 53: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden in Klasse 8 (an den dick geschriebenen Terminen wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt).....	223
Tabelle 54: Gelegter Forscherkreislauf von Dirk über fünf Messzeitpunkte.....	230
Tabelle 55: Gelegter Forscherkreislauf von Sina über fünf Messzeitpunkte.....	240
Tabelle 56: Gelegter Forscherkreislauf von Viktor über fünf Messzeitpunkte.....	255
Tabelle 57: Gelegter Forscherkreislauf von Wolfgang über fünf Messzeitpunkte.....	263
Tabelle 58: Überblick des gesamten Ablaufs der Experimentiereinheiten über ein Schuljahr mit den Terminen und Abwesenheiten der Teilnehmenden in Klasse 8-9 (an den dick geschriebenen Terminen wurden die Unterrichtsstunden von der Verfasserin durchgeführt).....	266
Tabelle 59: Gelegter Forscherkreislauf von Gabriel über fünf Messzeitpunkte	274
Tabelle 60: Gelegter Forscherkreislauf von Jan über fünf Messzeitpunkte	283
Tabelle 61: Gelegter Forscherkreislauf von Nina über fünf Messzeitpunkte.....	292
Tabelle 62: Gelegter Forscherkreislauf von Sven über fünf Messzeitpunkte.....	299
Tabelle 63: Datenüberblick Mesozyklus 9.....	304
Tabelle 64: Datenmaterial und -auswertung Mesozyklus 9.....	305

Anhang

Alle Experimentiervorschriften in Vereinfachter Sprache
Experiment „Wettlauf ums Trinkwasser“
Experiment „Naturfilter“
Experiment „Boden als Schadstofffilter“
Experiment „Von Eierschalen und Korallenriffen“
Experiment „Blub, blub“
Experiment „Feind der Tiere“
Experiment „Ölkatastrophe“
Experiment „Rätsel ums Klärwerk“
Experiment „Wie Regenwürmer atmen“
Experiment „Hochwassergefahr“
Experiment „Durstige Bäume“
Experiment „Geheimnisvolle Blätter“
Alle Lernmaterialien am Beispiel der Lernstation „Feind der Tiere“
Experimentiervorschrift in Vereinfachter Sprache
Experimentiervorschrift in Symbolschrift
Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf
Arbeitsblätter zur Dokumentation der Klasse 8
Arbeitsblätter zur Dokumentation der Klasse 8-9
Zusatzmaterialien: Unterlage
Erhebungsinstrumente
Beobachtungsbogen Vorblatt
Beobachtungsbogen zum Ausfüllen
Interviewleitfaden Lehrkräfte
Interviewleitfaden Schüler
Forscherkreislauf (leer und Lösung)
Fotos der Experimentiersituationen

Digital sind der Forschungsarbeit hinzugefügt:

- alle Lernstationen (Experimentieranleitungen, Arbeitsblätter, weitere Lernmaterialien)
- Erhebungsinstrumente
- Transkripte (Interview, Lautes Denken, Forscherkreislauf)
- Beobachtungsbögen der beiden Klassen
- Forschermappen
- Entwicklung der experimentellen Kompetenz in Spinnennetzen dargestellt

Zusätzlich sollen alle Lernstationen inklusive Hintergrundinformationen in einem Experimentierband veröffentlicht werden, welcher sich derzeit in der Erstellung befindet.

Wettlauf ums Trinkwasser



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemie/Didaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Jeder Mensch sollte das Recht auf Zugang zu sauberem Trinkwasser haben. Das ist aber nicht überall so. In vielen Ländern unserer Welt gilt: „Das Recht der stärksten Pumpe“. Wer Land besitzt, darf auf seinem Grundstück so viel Wasser pumpen, wie er will. Ohne Rücksicht auf seine Nachbarn. Große Fabriken nutzen das aus. Sie pumpen zum Beispiel in Entwicklungsländern das Grundwasser mit sehr starken Pumpen aus tiefen Brunnen ab. Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel. Und die Brunnen der lokalen Einwohner trocknen aus. Dadurch haben die Menschen nicht genug Wasser.

Wie das passieren kann, zeigt dir dieses Experiment.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemie/Didaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

1 x Becherglas
2 x Flasche
1 x Modellpumpen (Pipetten)
1 x Brunnen
1 x Tablet (auf Nachfrage,
Filmausschnitt: Bottled Life)

Chemikalien

Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

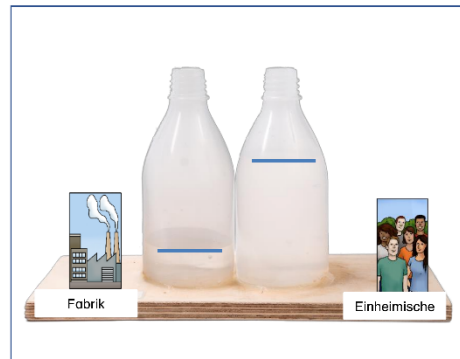
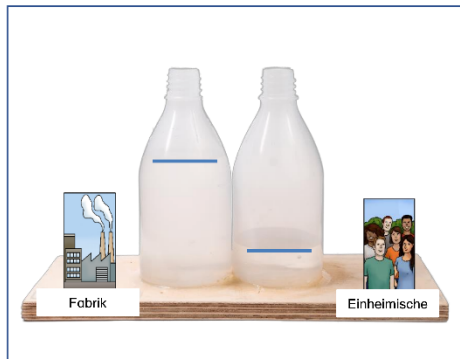
- Schaue dir zunächst den Videoabschnitt auf einem Tablet an.
- Fülle das Becherglas bis zur Markierung mit Wasser.
- Stelle das Becherglas in den Brunnen. Du kannst das Fenster öffnen.
- Tauche die Modellpumpen vollständig in das Becherglas. Das Holz soll auf dem Rand vom Becherglas aufliegen.
- Saug das Wasser gleichzeitig mit beiden Modellpumpen auf. Fülle das Wasser in die passenden Flaschen.
- Wiederhole den Vorgang solange, bis eine Pumpe kein Wasser mehr bekommt.
- Beobachte was passiert.
- Du kannst weiterpumpen, bis auch die zweite Pumpe kein Wasser mehr bekommt.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



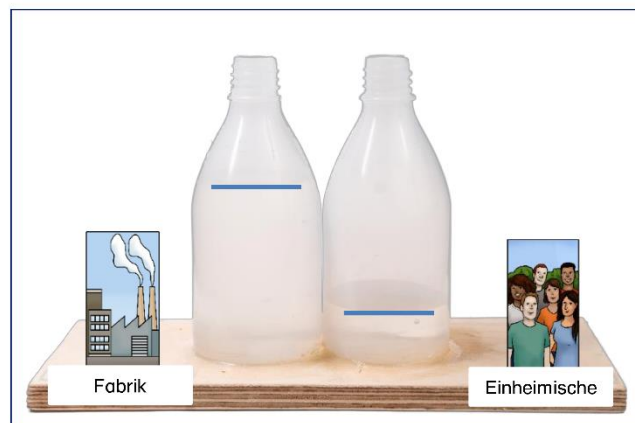
Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:

•



Der Wasserstand sinkt durch das ständige Pumpen. Die kürzere Pipette („kleiner Brunnen“) kommt nach einiger Zeit nicht mehr an das Wasser. Sie kann kein Wasser mehr pumpen und nach oben transportieren.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Große Fabriken graben tiefe Brunnen. Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel. Viele Menschen mit eigenen kleinen Brunnen haben plötzlich keinen Zugang mehr zu sauberem Wasser. Vor allem Menschen in Entwicklungsländern sind betroffen. Das hast du im Video gesehen. Das ist ein großes Problem. Weltweit wird darüber diskutiert, ob die Privatisierung von Wasser verboten werden soll. Wasser sollte zu einem Grundrecht für alle Menschen werden.

Vor allem in den USA stören sich die Einwohnerinnen und Einwohner kleiner Städte und Dörfer an Fabriken. Die Fabriken pumpen gratis oder zu einem niedrigen Preis Wasser. Dann füllen sie das Wasser in PET-Flaschen ab. Am Ende verkaufen sie es mit großem Gewinn. Der Film «Bottled Life» hat sich dieses bisher weitgehend unbekannte Thema angeschaut: Die Geschäfte einer Fabrik mit dem Flaschenwasser.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

In einigen Ländern graben große Fabriken tiefe Brunnen. So ziehen sie das Wasser aus dem Boden. Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel. Die Menschen können aus ihren eigenen Brunnen kein Wasser zum Trinken pumpen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser in den Ausguss schütten.

Alles abwaschen und wegräumen.

Naturfilter



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Durch Wasservorräte im Boden gelangen wir an unser Trinkwasser. Der Regen sickert durch den Boden und läuft auf seinem Weg durch unterschiedliche Schichten.

Unser Boden besteht aus vier Schichten. Als erstes sickert das Wasser durch die Erde. Dann durch den Sand. Anschließend läuft das Wasser noch durch eine Kiesschicht. Zum Schluss sammelt es sich auf der Lehmschicht.

Bei dem Experiment baust du die Bodenschichten nach und kannst sehen, wie gut die einzelnen Schichten das verschmutzte Wasser filtern.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

4 x Plastikbecher
1 x kleines Becherglas
5 x großes Becherglas
1 x Löffel

Chemikalien

Erde
Sand
Kies
Lehm
Flasche mit verschmutztem Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Fülle bis zur Markierung den ersten Plastikbecher mit Erde.
- Fülle bis zur Markierung den zweiten Plastikbecher mit Sand.
- Fülle bis zur Markierung den dritten Plastikbecher mit Kies.
- Fülle bis zur Markierung den vierten Plastikbecher mit Lehm.
- Stelle die befüllten Plastikbecher übereinander in ein großes Becherglas. Beachte die Reihenfolge der Bodenschichten:
1. Lehm, 2. Kies, 3. Sand, 4. Erde (von unten)
- Schüttele die Flasche mit verschmutztem Wasser.
- Gieße das Wasser bis zu der Markierung in das kleine Becherglas.
- Gieße das Wasser aus dem Becherglas in den oberen Plastikbecher mit Erde.
- Vergleiche das reingeschüttete Wasser mit dem Wasser, das unten heraus kommt.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Eberhard Risch

4. Das kannst du beobachten:



Das Wasser läuft langsam durch alle Becher, bis es sich auf der Grenzfläche zwischen Kies und Lehm sammelt. Das Wasser, das unten heraus kommt ist sauberer als das Wasser, das du hineingegossen hast.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Eberhard Risch

Zusatz:

Wenn du magst, kannst du das verschmutzte Wasser separat durch die Schichten gießen. Wird das Wasser unterschiedlich gut gefiltert?

Beobachtung:

Wenn du das verschmutzte Wasser nacheinander auf die einzelnen Schichten gießt, siehst du, dass es unterschiedlich gut gefiltert wird. Am saubersten wird das Wasser durch die Erde. Auch das Wasser, das durch den Sand gelaufen ist, hat weniger Farbe, allerdings ist dies nicht so deutlich wie bei der Erde. Der Kies säubert das Wasser weniger gut. Die Lehmschicht lässt fast kein Wasser mehr durch.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Die verschiedenen Schichten haben das verschmutzte Wasser gesäubert. Je feiner das Material der Schicht ist, desto sauberer wird das Wasser. Du kannst das gewaschene Wasser auch mehrmals durch die Schichten laufen lassen, es wird mit jedem Waschgang klarer. Die Erde ist am feinsten und säubert verschmutztes Wasser am besten. Der Lehmboden ist so dicht, dass er fast kein Wasser mehr durchlässt.

Durch das Experiment konntest du sehen, wie das Wasser gesäubert wird. Genau so wird das Wasser in der Natur zu Grundwasser. Aber Achtung: Obwohl das Wasser jetzt sauberer ist als vorher, ist es noch kein Trinkwasser. Denn in dem Wasser, das wir wegschütten sind häufig Krankheitserreger enthalten, die nicht mit herausgefiltert werden.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Der Boden ist ein natürlicher Filter.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Kies und Lehm in die Dosen zurück.

Wasser in den Ausguss schütten.

Erde und Sand in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Boden als Schadstofffilter



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiesdidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

1. Darum geht es:

Der Boden schützt unser Grundwasser. Er kann nämlich schädliche Stoffe so binden oder filtern, dass sie nicht ins Grundwasser gelangen. Sonst verschmutzen die Stoffe unser Trinkwasser.

Die Filterfunktion des Bodens kann jedoch durch Waschmittelabwasser geschädigt werden. Das passiert zum Beispiel, wenn wir unser Auto mit Seife waschen. Die vorher im Boden gebundenen schädlichen Stoffe werden frei. So können die Stoffe in das Grundwasser gelangen.

Dieses Phänomen zeigt dir das folgende Experiment.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiesdidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Flaschenkopf
2 x Flaschenboden
2 x Becherglas

Chemikalien

blauer Sand (Sand-Indigo-Gemisch)
Spülmittel
Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

3. So führst du das Experiment durch:

- Stelle die beiden Flaschenköpfe verkehrt herum in die Flaschenböden.
- Schütte in beide Flaschenköpfe bis zur Markierung „blauen Sand“.
- Fülle die beiden Bechergläser bis zur Markierung mit Wasser.
- Gib in ein kleines Becherglas 10 Tropfen Spülmittel.
- Gieße das Wasser ohne Spülmittel über den einen Flaschenkopf.
Gieße das Wasser mit Spülmittel über den anderen Flaschenkopf.

- Vergleiche das Wasser, das ohne und mit Spülmittel unten herauskommt.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiesdidatik - Lora-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

4. Das kannst du beobachten:

•



Das Wasser ohne Spülmittel ist nach dem Filtrieren durch den „blauen Sand“ nur leicht hellblau. Das Wasser mit Spülmittel dagegen ist dunkelblau.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiesdidatik - Lora-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

In der Natur können sich im Boden Schadstoffe befinden. Wenn es regnet, werden nur wenige Stoffe aus dem Boden gewaschen. Denn der Boden filtert die Schadstoffe aus dem Wasser. Doch Waschmittelabwasser zerstört diese Filterfunktion. Der Stoff „Indigo“ ist in den Sand gemischt („Blauer Sand“). Er steht in unserem Experiment für einen in den Boden eingedrungenen schädlichen Stoff.

Mit Waschmittel, Spülmittel oder Seife verunreinigtes Wasser kann schädliche Stoffe aus dem Boden freigeben. Deshalb färbt sich das Wasser mit Spülmittel in unserem Experiment dunkelblau.

Man könnte jetzt sagen: „Es ist doch gut, wenn schädliche Stoffe aus dem Boden gewaschen werden.“ Aber das ist leider nicht so, denn die schädlichen Stoffe gelangen so immer tiefer in den Boden. Bis sie schließlich in unserem Grundwasser landen, das wir auch als Trinkwasser verwenden.

Aus diesem Grund ist es zum Beispiel auch nicht erlaubt, sein Auto zu Hause mit Seife zu waschen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

Merke dir:

Seife, Spülmittel und Waschmittel lösen Schadstoffe aus dem Boden. So kommen die Schadstoffe in unser Trinkwasser.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth

6. Aufräumen:

Wasser in den Ausguss schütten.

Sand in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

Von Eierschalen und Korallenriffen



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Eierschalen und Korallenriffe haben eine Gemeinsamkeit: Beides besteht aus Kalk. Auch unser Wasser ist häufig kalkhaltig. Vielleicht hast du an eurem Wasserhahn schon einmal eine weiße Ablagerung gesehen. Im Haushalt freuen wir uns nicht über diese Kalkablagerungen. Denn wir müssen die Wasserhähne regelmäßig säubern, damit das Wasser weiterhin aus dem Wasserhahn fließen kann.

Die Korallenriffe im Meer bestehen auch aus Kalk und sind wichtig. Denn die Korallenriffe bilden eine der wichtigsten Lebensräume für viele Meereslebewesen. Sie sind Schutz oder Nahrungsquelle. Klimaforscher gehen davon aus, dass das Ozeanwasser in Zukunft saurer wird. Das liegt am Kohlenstoffdioxid. Das kannst du dir so vorstellen: Je mehr Zitrone du in dein Wasser schüttest, desto saurer wird es beim Trinken.

Finde heraus:

Beeinflusst die Versauerung der Ozeane die Korallenriffe und das Leben unter Wasser?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Becherglas

Chemikalien

Wasser

Essigessenz

Eierschalen

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Fülle ein Becherglas bis zur Markierung mit Wasser.
- Fülle das andere Becherglas bis zur Markierung mit Essigessenz.
- Gib in jedes Becherglas ein Stück Eierschale.
- Vergleiche beide Bechergläser.
- Lasse die Bechergläser, wenn du Zeit hast, noch eine Stunde stehen.

- Vergleiche die Eierschale in Essig und in Wasser von der Seite und von oben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe-Klein & Prof. Dr. Böhn-Risch

4. Das kannst du beobachten:



Im Becherglas mit Wasser und Eierschale geschieht nichts.

Im Becherglas mit Essigessenz und Eierschale bilden sich Gasbläschen. Die Eierschale löst sich mit der Zeit auf.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe-Klein & Prof. Dr. Böhn-Risch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Eierschalen bestehen wie die meisten Korallenriffe aus Kalk. Kalk ist in Wasser nur schwer löslich. In Säuren lässt sich Kalk jedoch sehr gut auflösen. Dabei entsteht Kohlenstoffdioxid (CO_2).

Manche Korallen, wie die Steinkorallen, nennt man riffbildende Korallen. Sie heißen so, weil sie Kalk ausscheiden und dadurch die Korallenriffe bilden. Die Korallen leben jedoch nicht alleine, sondern gemeinsam mit den Algen. Diese kleinen Algen leben in den Zellen der Korallen und verbrauchen das Kohlenstoffdioxid, das bei der Kalkbildung entsteht.

Erwärmt sich das Wasser der Ozeane, sterben diese Algen und die Korallen werden krank. Diese Krankheit nennt man Korallenbleiche. Dabei verlieren die Korallen ihre Farbe. Als Folge wird das Kohlenstoffdioxid nicht mehr aufgebraucht und das Ozeanwasser wird saurer. In saurem Wasser fängt sich der Kalk an aufzulösen und die Korallenriffe sterben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Durch die Versauerung der Ozeane lösen sich die Korallenriffe auf. Dabei geben sie Kohlenstoffdioxid ab.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

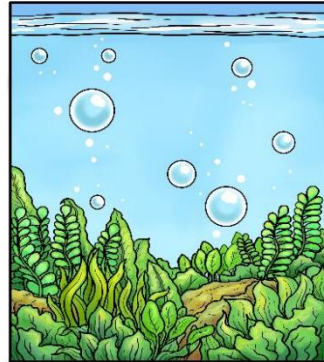
6. Aufräumen:

Wasser und Essig in den Ausguss schütten.

Eierschalen in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

Blub, blub



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Wir leben auf einem blauen Planeten. Mehr als 70 Prozent der Erde sind mit Wasser bedeckt. Menschen und Tiere atmen Kohlenstoffdioxid aus. Kurz kannst du CO_2 sagen. Mit dem Wachstum der Industrie steigt auch der Verbrauch von fossilen Brennstoffen. Auch dadurch gelangt Kohlenstoffdioxid in die Luft und die Konzentration von dem Gas steigt. Ozeane speichern einen großen Teil vom Kohlenstoffdioxid.

Finde heraus:

Kann das Wasser bei unterschiedlichen Wassertemperaturen unterschiedlich viel Kohlenstoffdioxid aufnehmen?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Messzylinder
2 x Plastikkiste

Chemikalien

2 x eine halbe Brausetablette
warmes Wasser
kaltes Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lisa-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Fülle in eine Plastikkiste bis zur Markierung kaltes Wasser.
- Fülle in die andere Plastikkiste bis zur Markierung warmes Wasser.
- Tauche je einen Messzylinder in eine Plastikkiste, sodass er sich luftblasenfrei mit Wasser füllt.
- Stelle den befüllten Messzylinder auf den Kopf in die Plastikkiste.
- Lege unter die Öffnung jedes Messzylinders eine halbe Brausetablette.
- Warte bis im Messzylinder keine Gasblasen mehr aufsteigen.

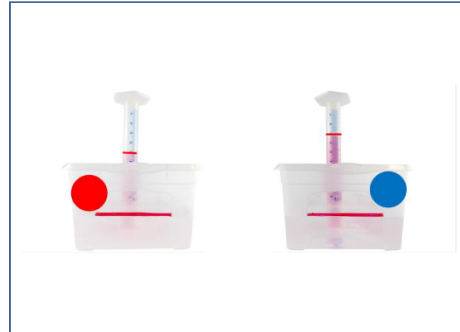
- Vergleiche die beiden Messzylinder im kalten und warmen Wasser.
Hat sich an deiner Wasserhöhe in dem Messzylinder etwas geändert?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lisa-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?

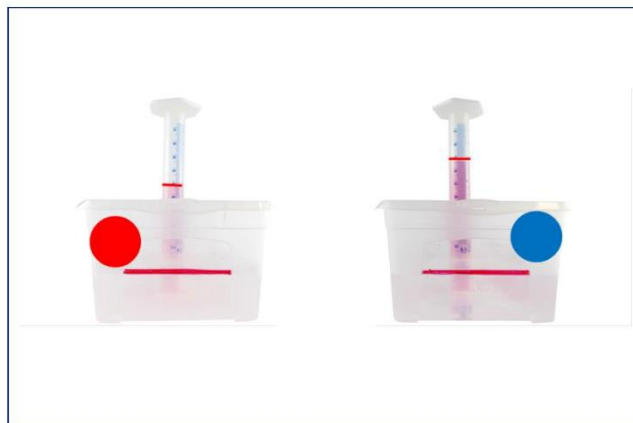


Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:



Das Wasser in den Messzylindern ist gesunken. In der Plastikkiste mit warmem Wasser ist das Wasser im Messzylinder stärker gesunken.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Wenn die Brausetablette in das Wasser geworfen wird, kommt es zu einer Reaktion. Bei der chemischen Reaktion entsteht das Gas Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid löst sich in Wasser.

Nachdem du die Brausetablette in das Wasser gegeben hast, bleibt der Wasserstand in dem Messzylinder zunächst gleich. Das Wasser nimmt noch Gas auf. Aber wenn es damit gesättigt ist, entweicht das Gas, bildet einen Luftraum und drückt Wasser nach unten aus dem Zylinder. Bei dem Experiment kannst du es daran sehen, dass die Wasserhöhe im Messzylinder sinkt. Dieser gebildete Luftraum entspricht dem Raum an Kohlenstoffdioxid, das nicht mehr in Wasser gelöst werden kann.

Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid und anderen Gasen nimmt mit steigender Temperatur ab. Deshalb ist der Luftraum im Messzylinder mit dem warmen Wasser größer.

Es gibt Ozeane, die kälter sind als andere Ozeane. Die kalten Ozeane sind wichtige Kohlenstoffdioxid-speicher.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Ozeane nehmen Kohlenstoffdioxid auf.

Ozeane mit kaltem Wasser können gut

Kohlenstoffdioxid aufnehmen.

Ozeane mit warmem Wasser können schlechter

Kohlenstoffdioxid aufnehmen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser in den Ausguss schütten.

Alles abwaschen und wegräumen.

Feind der Tiere



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung, wie Netze, verlieren. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll liegen. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile, zum Beispiel aus Duschgels oder Kleidung, sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein, dass wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, es gibt unterschiedlichen Plastikmüll. Ein Joghurtbecher wird zum Beispiel aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche.

Richtig nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder sinkt.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Becherglas

3 x Löffel

1 x Sieb

Chemikalien

Sandgemisch

Salz

Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

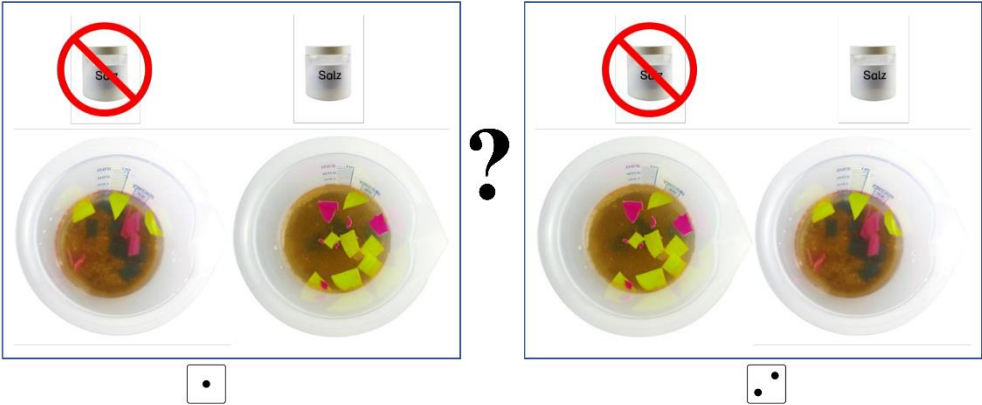
3. So führst du das Experiment durch:

- Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel des Sandgemischs.
- Fülle beide Bechergläser bis zur Markierung mit Wasser.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Gib in ein Becherglas einen Löffel Salz.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Warte kurz.

- Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

? Was konntest du beobachten ?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:



Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik oben. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik oben.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet.

In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet.

In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden liegen.

Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meereslebewesen mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Daran können die Tiere sterben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

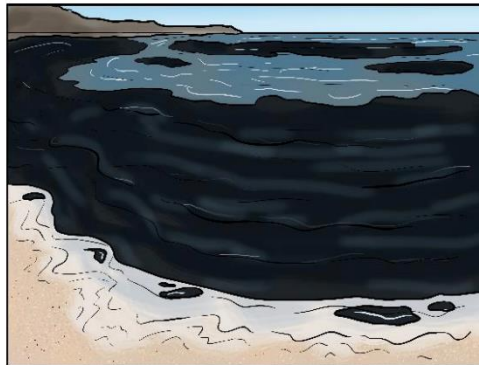
6. Aufräumen:

Wasser über ein Sieb in den Ausguss schütten.

Sand mit Plastik in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

Ölkatastrophe



Ölteppich

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Täglich gelangt Öl in unsere Meere. Das passiert zum Beispiel durch Unfälle von Tankschiffen oder Bohrrinseln. Oft bekommen wir gar nicht mit, wenn ein Unfall passiert. Die Folgen von Öl im Wasser sind schwerwiegend. Am meisten leiden die Meereslebewesen.

Versuche das Wasser selbst mit Öl zu verschmutzen.

Wie kannst du das verschmutzte Wasser von dem Öl befreien?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Zur Lösung der Forscherfrage stehen dir die folgenden Materialien zur Verfügung:

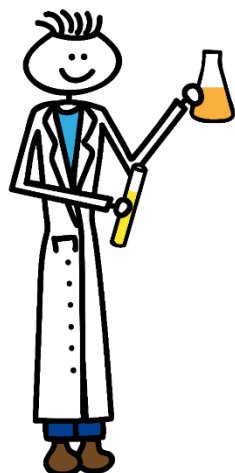
Geräte

- 1 x Plastikwanne
- 2 x Löffel
- 1 x Schwamm
- 1 x Kaffeefilter
- 1 x Sieb
- 1 x Strumpfhose
- 2 x Becherglas
- 1 x T-Shirt

Chemikalien

- Wasser
- Öl
- Spülmittel

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Arbeite wie ein Forscher!

Schau dir deine Materialien an.

Kannst du selbst das Wasser mit Öl verschmutzen?

Wie kannst du das verschmutzte Wasser von dem Öl befreien?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So hättest du vorgehen können:

- Fülle die Kiste bis zur Markierung mit Wasser.
- Gib 4 Löffel Öl in das Wasser.
- Versuche mit den Gegenständen nacheinander das Öl aus dem Wasser zu entfernen:
 - 1. Schöpfe das Öl an der Wasseroberfläche mit dem Löffel ab.
 - 2. Saug das Öl mit dem Schwamm auf.
 - 3. Ziehe den Kaffeefilter wie einen Kescher entlang der Wasseroberfläche
 - 4. Schöpfe das Öl an der Wasseroberfläche mit dem Becher ab.
 - 5. Saug das Öl mit dem T-Shirt auf.

- Mit welchen Gegenständen hast du das Öl aus dem Wasser entfernt?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:



Das Öl lässt sich sehr schwer von dem Wasser trennen. Kein Gegenstand konnte das Öl komplett von dem Wasser trennen.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Stephan-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Wie du sicher gemerkt hast, ist es sehr schwer, das Öl vom Wasser zu trennen.

Die Ölfälle haben tragische Folgen für das Meer. Oft werden Teile von Ölteppichen sogar bis an das Land gespült. Dabei werden Strände verschmutzt. Die Strände können dann nicht mehr als Badestrände genutzt werden. Deshalb kommen weniger Urlauber. Auch die Tiere sind stark davon betroffen.

Wenn Vögel mit dem Öl in Kontakt kommen, verkleben ihre Flügel und sie unterkühlen. Fische nehmen das Öl durch die Haut auf und können dadurch sterben. Meerespflanzen sterben und Korallen bilden sich zurück.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Stephan-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Ölunfälle im Meer sind für viele Lebewesen gefährlich. Es ist sehr schwierig, das Öl von dem Wasser zu trennen.

6. Aufräumen:

Wasser und Öl in den Ausguss schütten.

Kiste mit Spülmittel waschen.

Alles abwaschen und wegräumen.

Rätsel ums Klärwerk



Rechen im Klärwerk

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Im Badezimmer gibt es viele Wege, das saubere Wasser aus der Leitung zu verschmutzen: Wenn du Dreck von den Händen wäschst, beim Duschen den Sand vom Sandkasten abspülst, deine Haare säuberst oder wenn du Toilettenpapier in die Toilette wirfst. Jedes Mal wird das Wasser schmutzig. Dieses schmutzige Wasser wird Abwasser genannt. Manchmal fallen unabsichtlich auch andere Sachen in das Wasser. Das können zum Beispiel ein Lappen, Windeln oder Feuchttücher sein. Kläranlagen müssen das Wasser von diesen Sachen trennen, damit das Wasser anschließend gefiltert werden kann.

In dem Experiment kannst du selbst das Wasser verschmutzen.

Wie bekommst du es danach gesäubert? Oder bleibt das Wasser schmutzig?

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Zur Lösung der Forscherfrage stehen dir die folgenden Materialien zur Verfügung:

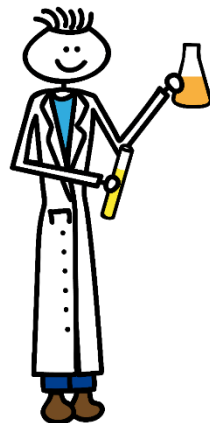
Geräte

5 x Becherglas
4 x Sieb
4 x Löffel
1 x Schere

Chemikalien

Wasser
Sand
Watte
Faden
Feuchttücher
Toilettenpapier
Plastik von einer Plastiktüte

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Arbeite wie ein Forscher!
Gehe dabei mit den einzelnen
Materialien sparsam um.

Schau dir deine Materialien an.
Versuche dein Wasser zu verschmutzen.
Versuche danach dein verschmutztes Wasser selbst zu säubern.
Wenn du fertig bist, kannst du dir einen Vorschlag auf den nächsten Seiten angucken.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So hättest du vorgehen können:

- Fülle alle Gegenstände in ein Becherglas ODER stelle mit jedem Gegenstand ein eigenes Abwasser her.
- Gieße Wasser aus dem Wasserhahn in das Becherglas.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um. Dein eigenes Abwasser ist fertig.
- Lege das Sieb auf ein anderes Becherglas.
- Gieße dein Abwasser durch das Sieb.

- Was fällt durch das Sieb und welche Materialien bleiben im Sieb hängen?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:



In dem Sieb bleiben das Toilettenpapier, das Feuchttuch, die Watte und das Plastik hängen. Der Sand fällt durch das Sieb.

Wenn du weiter wartest, siehst du, dass sich der Sand am Boden absetzt.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Stephan Klau & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

In dem Experiment hast du gesehen, dass große Stücke, wie Feuchttücher, Plastik oder Toilettenpapier, in dem Sieb hängen bleiben. Das ist ähnlich wie in einem Klärwerk. Das Abwasser kommt an dem Klärwerk an und fließt erst durch eine Art Sieb. Es besteht aus mehreren Stäben, die dicht aneinander liegen. Diese Stäbe heißen „Rechen“. Das Wasser ist aber noch lange nicht sauber. Denn durch den Rechen werden nur große Stücke aus dem Abwasser entfernt. Die hängengebliebenen Stücke müssen entsorgt werden. Damit möglichst wenig Müll entsteht, dürfen keine unnötigen Gegenstände, wie zum Beispiel Feuchttücher in die Toilette geworfen werden. Ein Sieb in der Dusche fängt die Haare auf. So fließen die Haare nicht in den Abfluss.

Nachdem das Wasser durch den Rechen gelaufen ist, befindet sich kleinerer Schmutz, wie zum Beispiel Sand, im Wasser. Damit das Wasser weiter gesäubert wird, durchläuft das Wasser noch weitere Stationen. Nach der Reinigung fließt das gesäuberte Wasser wieder in einen Fluss oder Bach.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Stephan Klau & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Im Klärwerk werden im ersten Schritt große Stücke aus dem Abwasser gesiebt. Damit möglichst wenig Müll dabei entsteht, darf nur Toilettenpapier in die Toilette geworfen werden.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser in den Ausguss schütten.

Sand, Feuchttücher, Watte, Toilettenpapier, Fäden und Plastik in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Wie Regenwürmer atmen



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Wir Menschen atmen ganz automatisch. Beim Einatmen nehmen wir den Sauerstoff aus der Luft auf. Beim Ausatmen geben wir Kohlenstoffdioxid ab. Das passiert, ohne dass wir darüber nachdenken. Wir können unter Wasser nicht atmen und müssen beim Schwimmen schnell wieder auftauchen.

Du hast bestimmt schon einmal einen Regenwurm gesehen. Im Garten kannst du den Regenwurm auf der Erde sehen. Meistens kriecht der Regenwurm unter die Erde. Dort bleibt er lange. Er muss nicht, wie wir im Wasser, nach kurzer Zeit wieder auftauchen. Doch wie macht der Regenwurm das? Warum erstickt der Regenwurm nicht unter der Erde?

Das Experiment zeigt dir, wie der Regenwurm unter der Erde atmen kann.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

- 1 x großes Becherglas
- 1 x kleines Becherglas
- 1 x Löffel
- 1 x Sieb

Chemikalien

- 1 x Flasche mit Wasser
- Erde

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothel-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Fülle das große Becherglas bis zur Markierung mit Erde.
- Fülle das kleine Becherglas bis zur Markierung mit Wasser aus der Flasche.
- Gieße das Wasser über die Erde.
- Was kannst du an der Oberfläche der Erde sehen?

- Was kannst du an der Oberfläche der Erde sehen?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothel-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

4. Das kannst du beobachten:



Es steigen große und kleine Blasen auf. An der Oberfläche von der Erde sind die Blasen gut zu erkennen.

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Im Boden sind viele unterschiedlich große Hohlräume. Die Hohlräume werden Poren genannt. Die Poren können mit Luft oder Wasser gefüllt sein. Bei verschiedenen Bodenarten sind die Poren unterschiedlich groß.

In der Natur fließt das Wasser durch den Boden. Dabei verdrängt das Wasser die Luft, die sich in den Bodenporen befindet. Bei einem lockeren Boden gibt es viele Hohlräume. Das Wasser kann gut durch diese Hohlräume durchlaufen. Anschließend füllen sich die Poren wieder mit Luft.

Das konntest du bei deinem Experiment sehen.

Das Wasser fließt durch den Boden und verdrängt die Luft aus den Poren. Die Luft steigt in Luftblasen an die Oberfläche. Das Wasser kann bei deinem Experiment nicht abfließen. Deshalb bleibt das Wasser in den Poren. Es kann keine neue Luft in die Poren strömen.

Der Regenwurm braucht die Luft. In der Luft ist Sauerstoff vorhanden. Diesen Sauerstoff braucht der Regenwurm zum Atmen. Auch andere Lebewesen unter der Erde werden durch die Poren mit Sauerstoff versorgt.

Wenn nicht genug Hohlräume in der Erde sind, bekommen der Regenwurm, andere Lebewesen und Pflanzen nicht genug Sauerstoff.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Der Boden hat Hohlräume. Diese Hohlräume werden Poren genannt. In den Hohlräumen ist Luft. Den Sauerstoff aus der Luft brauchen Lebewesen, wie der Regenwurm, zum Atmen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.

Erde in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.



Hochwassergefahr



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Der Erdboden ist die Grundlage für unser Leben. Wir bauen Häuser und Straßen auf diesem Boden. Und wir brauchen den Boden für unsere Nahrung. Pflanzen können im Boden unterschiedlich gut wachsen. Am besten wachsen Pflanzen in lockerem Boden.

In der Landwirtschaft gibt es immer größere und schwerere Maschinen. Weil die Bauern häufig über den Boden fahren, wird der Boden fest zusammengedrückt. Wenn es stark regnet, kann der Boden das Wasser schlechter aufnehmen. Das kann zu Hochwasser auf den Feldern führen.

Dieses Phänomen zeigt dir das folgende Experiment.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Flaschenkopf
2 x Flaschenboden
1 x Löffel
2 x Becherglas

Chemikalien

Kies
Erde
Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Stelle die beiden Flaschenköpfe verkehrt herum in die Flaschenböden.
- Befülle beide Flaschenköpfe mit einem Löffel Kies.
- Befülle beide Flaschenköpfe bis zur Markierung mit Erde.
- Nimm eine Flasche. Drücke die Erde in der Flasche mit dem Löffel fest.
- Fülle die beiden Bechergläser bis zur Markierung mit Wasser.
- Gieße das Wasser aus den beiden Bechergläsern gleichzeitig über die beiden Flaschenköpfe. Gieße ganz langsam!

- Vergleiche den Wasserstand in den beiden Flaschenköpfen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe-Klein & Prof. Dr. Eberl-Risch

4. Das kannst du beobachten:



Durch die festgedrückte Erde fließt das Wasser langsamer. Außerdem steht das Wasser im Flaschenkopf höher auf der Erde.

Durch die lockere, nicht festgedrückte Erde fließt das Wasser schneller. Außerdem bleibt das Wasser im Flaschenkopf nur kurz auf der Erde stehen.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe-Klein & Prof. Dr. Eberl-Risch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Bei dem Experiment „Wie Regenwürmer atmen“ konntest du sehen, dass der Boden aus unterschiedlich großen Hohlräumen besteht. Das nennt man Poren. Diese Hohlräume sind mit Wasser oder Luft gefüllt. Bei Regen füllen sich die Poren mit Wasser. Bei einem lockeren Boden kann das Wasser durch die Hohlräume fließen und sich danach wieder mit Luft füllen.

Bei deinem Experiment hast du in der einen Flasche die Erde mit dem Löffel zusammengedrückt. Durch das Zusammendrücken der Erde wird der Boden verdichtet. Die Hohlräume im Boden werden kleiner. Deshalb kann das Wasser schlechter abfließen.

So passiert es in der Landwirtschaft.

Schwere Maschinen der Landwirtschaft fahren über unseren Boden. Dadurch verdichtet sich der Boden. Das Wasser kann nicht mehr so gut durch den Boden fließen. Wenn es viel regnet, fließt das Wasser fast gar nicht mehr durch den Boden. Es sammelt sich auf dem Boden. So kann Hochwasser entstehen.

Das hat zwei Folgen:

1. Die Pflanzen können nicht mehr ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgt werden.
2. Das Wasser fließt über den Boden und schwemmt dabei Erde weg. Das wird als Wassererosion bezeichnet.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Schwere Maschinen verdichten den Boden. Der Regen kann schlechter durch den Boden fließen. Es kann zu Hochwasser kommen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser in den Ausguss schütten.

Kies und Erde in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

Durstige Bäume



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Wenn wir durstig sind, holen wir uns ein Glas und schütten uns Wasser ein. Wir können direkt aus einem Glas trinken. Oder wir nehmen uns einen Strohhalm und saugen das Wasser damit auf. So kommt das Wasser in unseren Mund und wir können trinken.

Auch die Bäume haben Durst. Die Bäume haben keinen Strohhalm, mit dem sie das Wasser aufsaugen können.

Wie die Bäume trotzdem trinken können, zeigt dir dieses Experiment.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

viele Zahnstocher mit Gummiband

1 x Kaffeefilter

1 x Schere

1 x grüner Filzstift

1 x Schüssel

1 x Vorlage Baum

1 x rote Sanduhr

Chemikalien

Wasser

20 x Puzzlekarte

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Fülle die Schüssel bis zur Markierung mit Wasser.
- Stelle die Zahnstocher mit dem Gummiband in die Schüssel.
- Schneide aus dem Kaffeefilter mit der Schere einen Baumstamm mit Baumkrone.
Du kannst mit Hilfe der Vorlage den Baum aufmalen und ausschneiden.
- Male den Baumstamm mit dem grünen Filzstift auf beiden Seiten an.
Du kannst die Vorlage zu Hilfe nehmen.
- Klemme den Baumstamm mittig zwischen die Zahnstocher.
- Drehe die rote Sanduhr um.
- In der Zwischenzeit kannst du das Puzzle zusammenlegen.
- Hat sich an deinem Baumstamm mit der Baumkrone etwas verändert?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Bören Risch

4. Das kannst du beobachten:



Du musst einige Minuten warten, bis du etwas sehen kannst.

Mit der Zeit wandert die Farbe ein bisschen höher. Wenn du länger wartest, verteilt sich die Farbe immer mehr. Auch verändert sich die grüne Farbe. Du siehst jetzt auch blaue und gelbe Farbe.

Am Ende ist der ganze Baum gefärbt.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Bören Risch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Bäume brauchen Wasser zum Überleben. Jeden Tag transportiert ein Baum mehr als hundert Liter Wasser von den Wurzeln zu den Blättern.

Wenn die Wurzeln der Bäume trocken sind, nehmen sie Wasser aus dem Boden auf.

Nachdem die Wurzeln das Wasser aufgenommen haben, muss das Wasser den Baumstamm hoch transportiert werden. Das Wasser steigt innerhalb dünner Kanäle im Holz nach oben. Je höher das Wasser im Baum steigt, desto dünner werden die Kanäle. Die Kanäle nennt man auch Kapillare. Das Aufsteigen des Wassers durch die Kanäle nennt man Kapillareffekt.

Schau dir dein Puzzle noch einmal genau an. Das Puzzlebild zeigt dir einen Baum mit seinen Kanälen. Du siehst auch das Wasser, das durch die Kanäle fließt.

Das konntest du bei deinem Experiment sehen. Zwischen den Zahnstochern sind kleine Kanäle. Das Wasser fließt durch die dünnen Kanäle zwischen den Zahnstochern nach oben. Der Kaffeefilter nimmt das Wasser auf und verteilt das Wasser weiter.

Der Kapillareffekt reicht aber noch nicht aus, um das Wasser bis in die Blätter zu transportieren. Über die Blätter verdunstet Wasser. Immer wenn Wasser verdunstet, fließt neues Wasser den Stamm hoch in die Baumkrone. So entsteht ein Sog. Das Wasser wird von den Wurzeln über den Stamm in die Blätter gezogen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Der Baum nimmt das Wasser über die Wurzeln auf. Durch dünne Kanäle wird das Wasser in den Stamm gezogen. Durch Verdunstung steigt das Wasser weiter bis in die Blätter.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lisa-Sothle-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

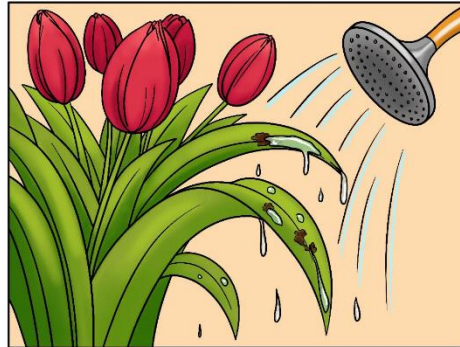
6. Aufräumen:

Baumstamm und Baumkrone zum Basteln behalten.

Wasser in den Ausguss schütten.

Alles abwaschen und wegräumen.

Geheimnisvolle Blätter



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

In der Natur finden wir viele verschiedene Blätter. An Bäumen wachsen Blätter. Vielleicht hast du schon einmal Seerosen auf einem Teich schwimmen sehen. Aber auch im Garten finden wir an jeder Pflanze Blätter. Wir sehen die Blätter an Tomatenpflanzen, Kohl und Tulpen.

Wenn es regnet werden die Blätter nass. Bei Wind kann Dreck auf die Blätter gelangen. Tiere können Dreck oder Blütenstaub auf den Blättern hinterlassen. Trotzdem sehen die Blätter immer sauber aus. Sie ertrinken auch nicht im Regen.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Zur Lösung der Forscherfrage stehen dir die folgenden Materialien zur Verfügung:

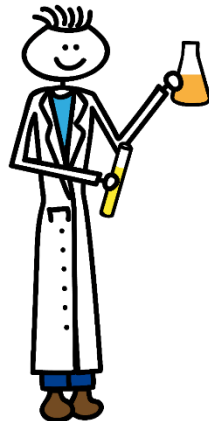
Geräte

- 1 x Becherglas
- 1 x Plastikkiste
- 1 x Löffel
- 1 x Sieb

Chemikalien

- Blatt von einem Baum oder Kohl
- Erde
- Sand
- Honig
- Watte
- Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch



Arbeite wie ein Forscher!
Gehe dabei mit den einzelnen
Materialien sparsam um.

Bei dem Experiment kannst du selber Wasser auf die Blätter gießen.
Was passiert, wenn du das Wasser über die Blätter gießt?
Was passiert, wenn Dreck auf den Blättern liegt und du Wasser über die Blätter gießt?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothmann & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So hättest du vorgehen können:

- Fülle das Becherglas mit Wasser.
- Halte das Blatt über die Plastikbox.
So musst du hinterher weniger sauber machen.
- Schütte Wasser über das Blatt.
- Gib etwas Erde auf das Blatt. Schütte Wasser über das Blatt.
- Gib etwas Sand auf das Blatt. Schütte Wasser über das Blatt.
- Gib etwas Watte auf das Blatt. Schütte Wasser über das Blatt.

- Was passiert, wenn das Wasser über das Blatt mit den verschiedenen Materialien gespült wird?

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

?

Was konntest du beobachten

?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lisa-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

4. Das kannst du beobachten:



Das Wasser perlt von den Blättern ab. Auch Erde, Sand, Watte und Honig werden mit dem Wasser von den Blättern gespült. Die Materialien werden unterschiedlich schnell vom Blatt gespült.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

Bei dem Experiment konntest du sehen, dass das Wasser von dem Blatt abperlt. Dabei spült das Wasser den Schmutz von dem Blatt weg. Doch woran liegt das?

Auf der Oberfläche von vielen Blättern sind feine Wachskristalle. Diese Wachskristalle verleihen dem Blatt eine raue Oberfläche. Die Wachskristalle kannst du dir wie kleine Noppen vorstellen. Der Schmutz setzt sich auf den Spitzen der Wachskristalle ab. Die Berührung zwischen Schmutz und Blatt ist dadurch sehr klein. Daher kann der Schmutz nicht an dem Blatt anhaften. Wenn es regnet perlen die Wassertropfen kugelförmig ab und nehmen den Schmutz mit. Die Selbstreinigung der Blätter nennt man Lotus-Effekt.

So hält die Pflanze ihre Blätter trocken und sauber.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Viele Blätter können sich selber reinigen. Das Wasser perlt von den Blättern ab und nimmt den Schmutz mit. Das nennt man Lotus-Effekt.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.

Blätter in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Feind der Tiere



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

1. Darum geht es:

Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung, wie Netze, verlieren. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll liegen. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile, zum Beispiel aus Duschgels oder Kleidung, sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein, dass wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, es gibt unterschiedlichen Plastikmüll. Ein Joghurtbecher wird zum Beispiel aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche.

Richtig nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder sinkt.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

2. Für das Experiment benötigst du die folgenden Dinge:

Geräte

2 x Becherglas

3 x Löffel

1 x Sieb

Chemikalien

Sandgemisch

Salz

Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

3. So führst du das Experiment durch:

- Gib in beide Bechergläser jeweils einen Löffel des Sandgemischs.
- Fülle beide Bechergläser bis zur Markierung mit Wasser.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Gib in ein Becherglas einen Löffel Salz.
- Rühre mit dem Löffel kräftig um.
- Warte kurz.

- Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lea-Sothie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

? Was konntest du beobachten ?

Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe Klein & Prof. Dr. Bören Florschütz

4. Das kannst du beobachten:

Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik oben. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik oben.

© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lehr-Stoffe Klein & Prof. Dr. Bören Florschütz

5. So lässt sich erklären, was du beobachten kannst:

In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet.

In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet.

In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden liegen.

Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meereslebewesen mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Daran können die Tiere sterben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Stephan-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Stephan-Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

6. Aufräumen:

Wasser über ein Sieb in den Ausguss schütten.

Sand mit Plastik in den Mülleimer werfen.

Alles abwaschen und wegräumen.

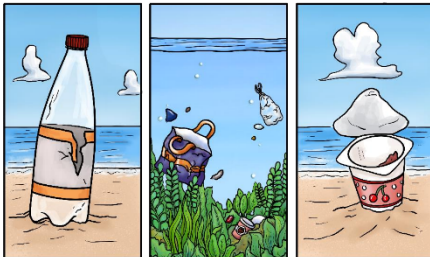
Feind der Tiere



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rösch



Worum geht es?



Plastikmüll kommt auf verschiedenen Wegen in unser Meer. Schiffe können Müll verlieren. Zum Beispiel können Fischer ihre Ausrüstung, wie Netze, verlieren. An Sandstränden lassen Urlauber oft Plastikmüll liegen. Dieser Müll gelangt dann häufig in unsere Meere. Auch Abfall gelangt durch den Regen in Flüsse und Bäche und anschließend in das Meer. Den Plastikmüll können wir meistens gut erkennen. Aber die kleinen Mikroplastik-Teile, zum Beispiel aus Duschgels oder Kleidung, sehen wir nicht im Meer. Trotzdem sind sie da. Nur so klein, dass wir es mit dem Auge nicht sehen können. Du merkst, es gibt unterschiedlichen Plastikmüll. Ein Joghurtbecher wird zum Beispiel aus einem anderen Plastik hergestellt als eine Trinkflasche.

Richtig nennt man das Plastik: Kunststoff.

In dem Experiment siehst du verschiedenen Plastikmüll und ob er im Wasser schwimmt oder sinkt.

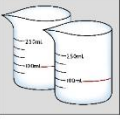


© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rösch



Das brauchst du:



Geräte

-  2 Bechergläser
-  3 Löffel
-  1 Sieb



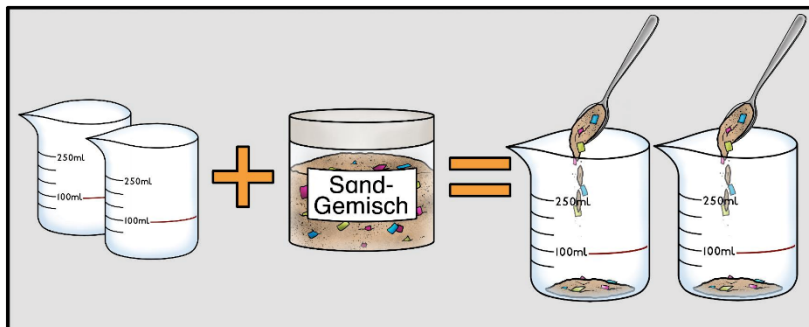
Chemikalien

-  Sandgemisch
-  Salz
-  Wasser

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung AG Chemie/Didaktik Lera-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Risch

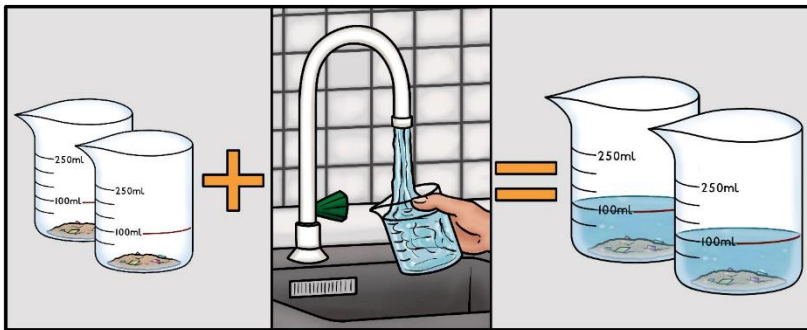
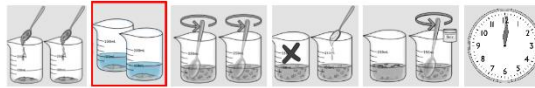


Das machst du:



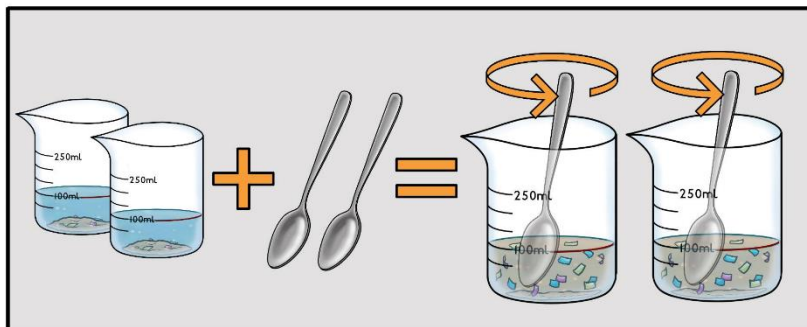
Gib in beide Bechergläser jeweils 1 Löffel Sandgemisch.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung AG Chemie/Didaktik Lera-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Risch



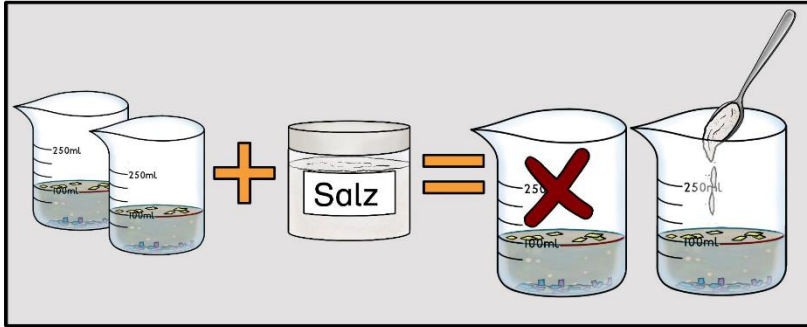
Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lehr-Gephi Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



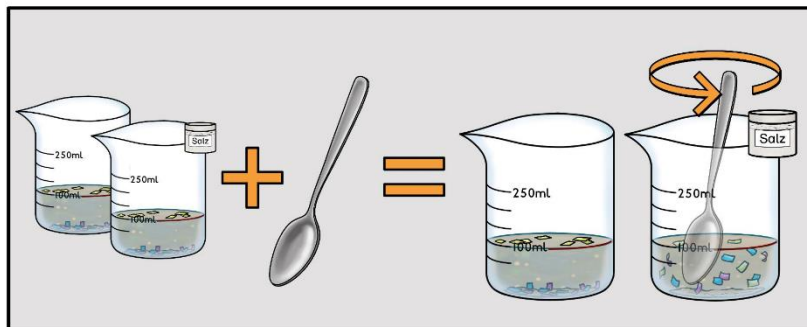
Rühre mit dem Löffel kräftig um.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lehr-Gephi Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



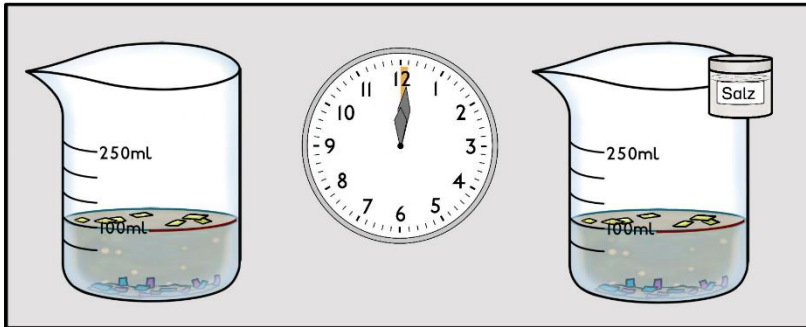
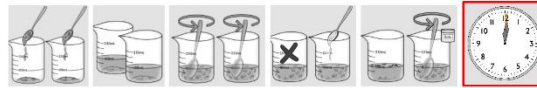
Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lehr-Stipho Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Rühre mit dem Löffel kräftig um.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lehr-Stipho Klein & Prof. Dr. Björn Rasch

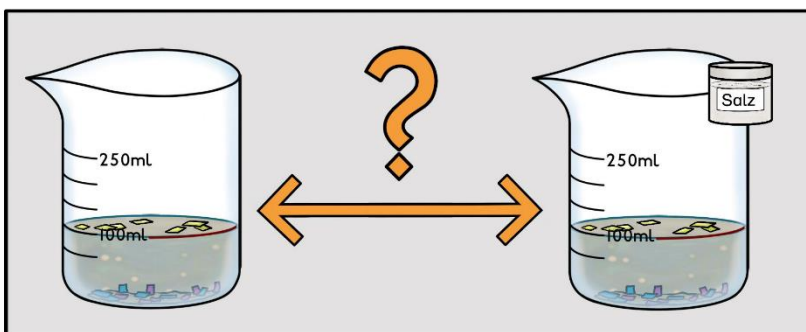


Warte kurz.

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemie/Didaktik - Lehr-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Beobachtung:



Vergleiche die beiden Bechergläser.

Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

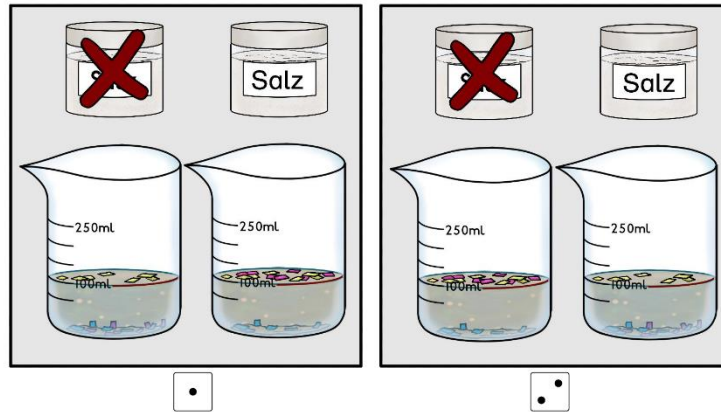
© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemie/Didaktik - Lehr-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



?

Was konntest du beobachten

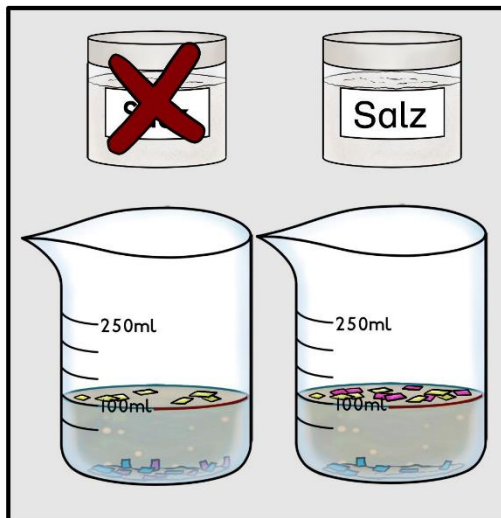
?



Wie kannst du das Beobachtete erklären? Denke darüber nach.

Lösung auf der nächsten Seite

© Universität Kassel/Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemie/Didaktik - Lea Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth



Du siehst einen Unterschied in den Bechergläsern. Es schwimmt unterschiedlich viel Plastik oben. In dem Wasser mit Salz schwimmt mehr Plastik oben. In dem Wasser ohne Salz schwimmt weniger Plastik oben.

© Universität Kassel/Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemie/Didaktik - Lea Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rieth



Ergebnis:

In dem Sandgemisch waren drei unterschiedliche Plastikarten enthalten. Du konntest in dem Experiment sehen, dass in dem Wasser ohne Salz nur eine Plastikart oben schwimmt. Dieses Plastik heißt Polypropylen. Kurz: PP. Es wird häufig für Verpackungen verwendet.

In dem Wasser mit Salz schwimmen mehr Plastikstücke an der Oberfläche. Das Salz ändert die Dichte der Lösung. Deshalb schwimmt mehr Plastik oben. Das zusätzliche Plastik heißt Polystyrol. Kurz: PS. Es wird häufig für Joghurtbecher verwendet.

In beiden Bechergläsern liegen noch Plastikstücke auf dem Sandboden. Dieses Plastik heißt Polyethylenterephthalat. Kurz: PET. Es wird häufig für Trinkflaschen verwendet. Das Plastik ist sehr schwer und bleibt deshalb auf dem Boden liegen.

Der Plastikmüll von Stränden, Flüssen und Schiffen verteilt sich im ganzen Ozean. In dem Experiment konntest du sehen, dass einige Plastikarten schwimmen und andere untergehen. Dadurch kommen die Meereslebewesen mit dem Plastik in Kontakt. Am Meeresboden und an der Meeresoberfläche. Oft verwechseln die Tiere den Plastikmüll mit Nahrung und fressen es. Daran können die Tiere sterben.

© Universität Kollera-Londou - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiebiologie - Lisa Sophie Kitzler & Prof. Dr. Björn Koch



Merke dir:

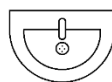
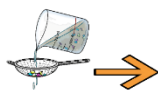
Kunststoffe nennen wir oft Plastik. Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Plastikmüll verschmutzt unsere Ozeane. Der Müll sammelt sich im Meer an der Oberfläche und am Boden. Tiere können durch den Müll sterben.

© Universität Kollera-Londou - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiebiologie - Lisa Sophie Kitzler & Prof. Dr. Björn Koch



Aufräumen:



Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.



Sand mit Plastik in den Mülleimer werfen.



Alles abwaschen und wegräumen.

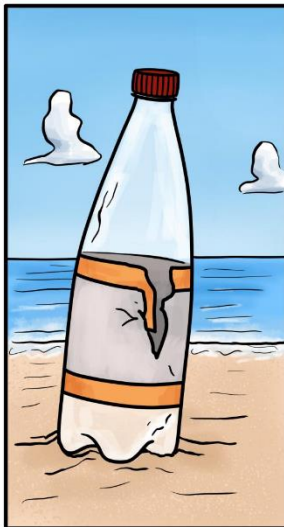
Feind der Tiere



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothle Klein & Prof. Dr. Bodo Rahn



Worum geht es?



© Universität Koblenz-Landau – Institut für naturwissenschaftliche Bildung – AG Chemiedidaktik – Lara-Sothle Klein & Prof. Dr. Bodo Rahn



Das brauchst du:

<input type="checkbox"/>		2 Bechergläser	<input type="checkbox"/>		Sandgemisch
<input type="checkbox"/>		3 Löffel	<input type="checkbox"/>		Salz
<input type="checkbox"/>		1 Sieb	<input type="checkbox"/>		Wasser

© Universität Kordenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Bodo Rätz



Das machst du:



Gib in beide Bechergläser jeweils 1 Löffel Sandgemisch.

© Universität Kordenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Bodo Rätz



Fülle beide Bechergläser bis zum Strich mit Wasser.

© Universität Kolding-Landis - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Bodo Riech



Rühre mit dem Löffel kräftig um.

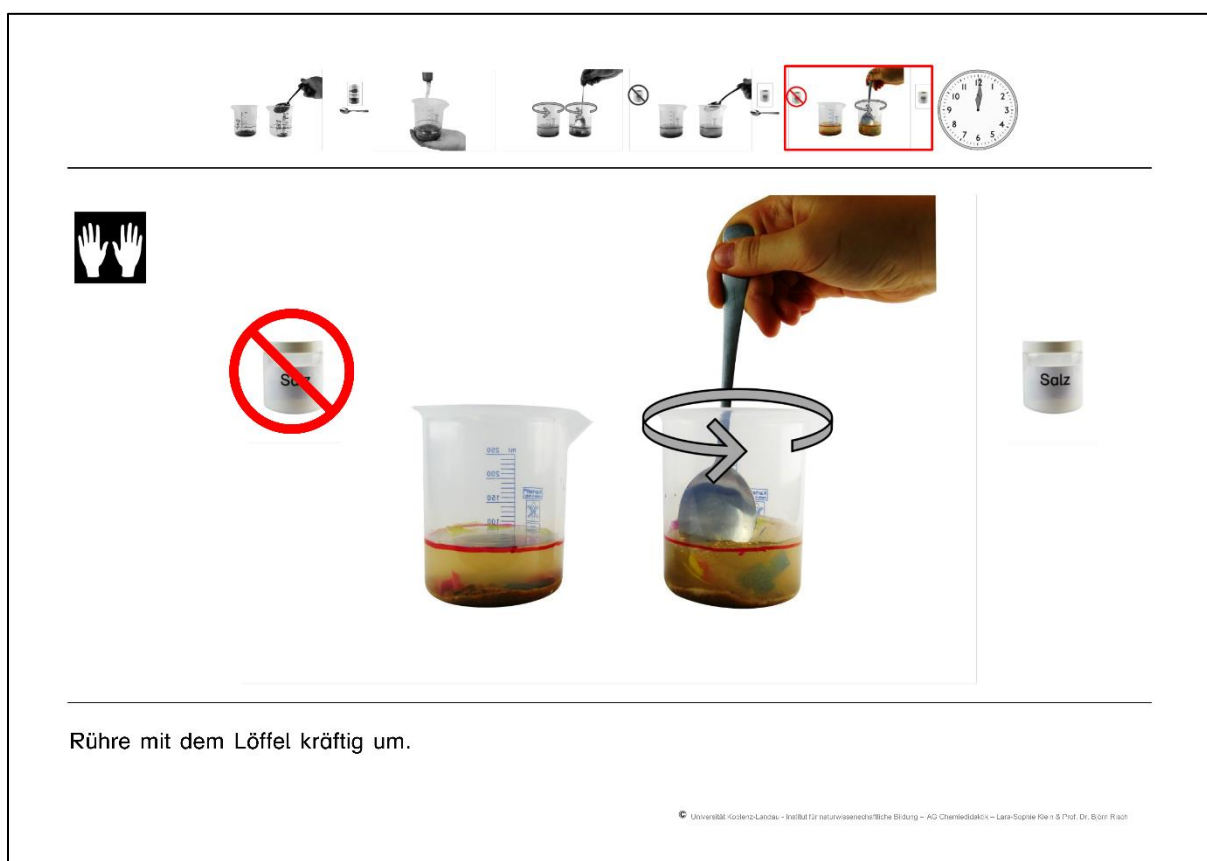
© Universität Kolding-Landis - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Klein & Prof. Dr. Bodo Riech



The image shows a sequence of photographs for an experiment. At the top, a row of small images shows the overall process, with the step of adding salt highlighted in a red box. Below this, a larger image shows a hand holding a spoon over a beaker containing a yellow liquid. To the left, a beaker with a red line at the bottom is shown. To the right, a small container labeled 'Salz' (Salt) and a spoon are shown. A red circle with a diagonal slash is placed over the salt container, indicating that the salt should not be added. A clock icon is visible in the top right corner of the sequence.

Gib in ein Becherglas 1 Löffel Salz.

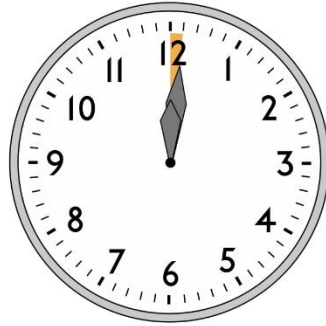
© Universität Kassel-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothke Koenig & Prof. Dr. Bodo Rabe



The image shows a sequence of photographs for an experiment. At the top, a row of small images shows the overall process, with the step of stirring highlighted in a red box. Below this, a larger image shows a hand holding a spoon and stirring the contents of a beaker. A circular arrow around the spoon indicates the stirring motion. To the left, a beaker with a red line at the bottom is shown. To the right, a small container labeled 'Salz' (Salt) is shown. A red circle with a diagonal slash is placed over the salt container, indicating that the salt should not be added. A clock icon is visible in the top right corner of the sequence.

Rühre mit dem Löffel kräftig um.

© Universität Kassel-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothke Koenig & Prof. Dr. Bodo Rabe



Warte kurz.

© Universität Kärnten-Landis - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Kienl & Prof. Dr. Bodo Riech



Beobachte was passiert:



Vergleiche die beiden Bechergläser.
Schwimmt das Plastik unterschiedlich gut im Wasser?

© Universität Kärnten-Landis - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Kienl & Prof. Dr. Bodo Riech

Anhang: alle Lernmaterialien am Beispiel der Lernstation „Feind der Tiere“
Experimentiervorschrift als Fotografischer Handlungsablauf



Welches Ergebnis ist richtig? Tippe an.

© Universität Kordenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothle Klein & Prof. Dr. Bodo Riech



Ergebnis:  

Das Ergebnis ist richtig.

© Universität Kordenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sothle Klein & Prof. Dr. Bodo Riech



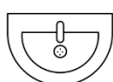
Merke dir:

Kunststoffe nennen wir oft Plastik.
Es gibt unterschiedliche Plastikarten.
Plastikmüll verschmutzt unsere
Ozeane. Der Müll sammelt sich im
Meer an der Oberfläche und am
Boden. Tiere können durch den Müll
sterben.

© Universität Kolding-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Renz & Prof. Dr. Björn Rieck



Aufräumen:



Wasser über das Sieb in den Ausguss schütten.



Sand mit Plastik in den Mülleimer werfen.



Alles abwaschen und wegräumen.

© Universität Kolding-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Lara-Sophie Renz & Prof. Dr. Björn Rieck

Feind der Tiere




Fragestellung:

Gibt es verschiedene Plastikkarten?


Schwimmt oder sinkt das Plastik im
Wasser?

Was beeinflusst, ob das Plastik im
Wasser schwimmt oder sinkt?

Welche Folgen hat das Plastik im
Meer?

 Vermutung:

--	--	--	--	--	--	--	--

 Beobachtung:

--	--	--	--



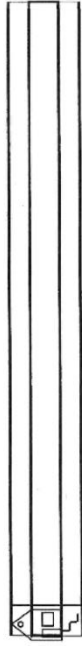
Ergebnis:

Kunststoffe nennen wir oft



Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Plastikmüll



unsere Ozeane.

Der Müll sammelt sich im Meer an



der



und am

Tiere können durch den Müll sterben.

Feind der Tiere



© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Fragestellung:

Gibt es verschiedene
Plastikarten?

Schwimmt oder sinkt das Plastik
im Wasser?

Was beeinflusst, ob das Plastik
im Wasser schwimmt oder sinkt?

Welche Folgen hat das Plastik im
Meer?



Vermutung:

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klein & Prof. Dr. Björn Rasch



Beobachtung:

© Universität Kooberz-London - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klahn & Prof. Dr. Björn Rasch



Ergebnis:

Kunststoffe nennen wir oft _____.

Es gibt unterschiedliche Plastikarten.

Plastikmüll _____ unsere Ozeane.

Der Müll sammelt sich im Meer an der _____

und am _____.

Tiere können durch den Müll sterben.

© Universität Kooberz-London - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klahn & Prof. Dr. Björn Rasch

Zusatzaufgabe „Feind der Tiere“:

Beantworte die Fragen.

1. Gibt es verschiedene Plastikarten?

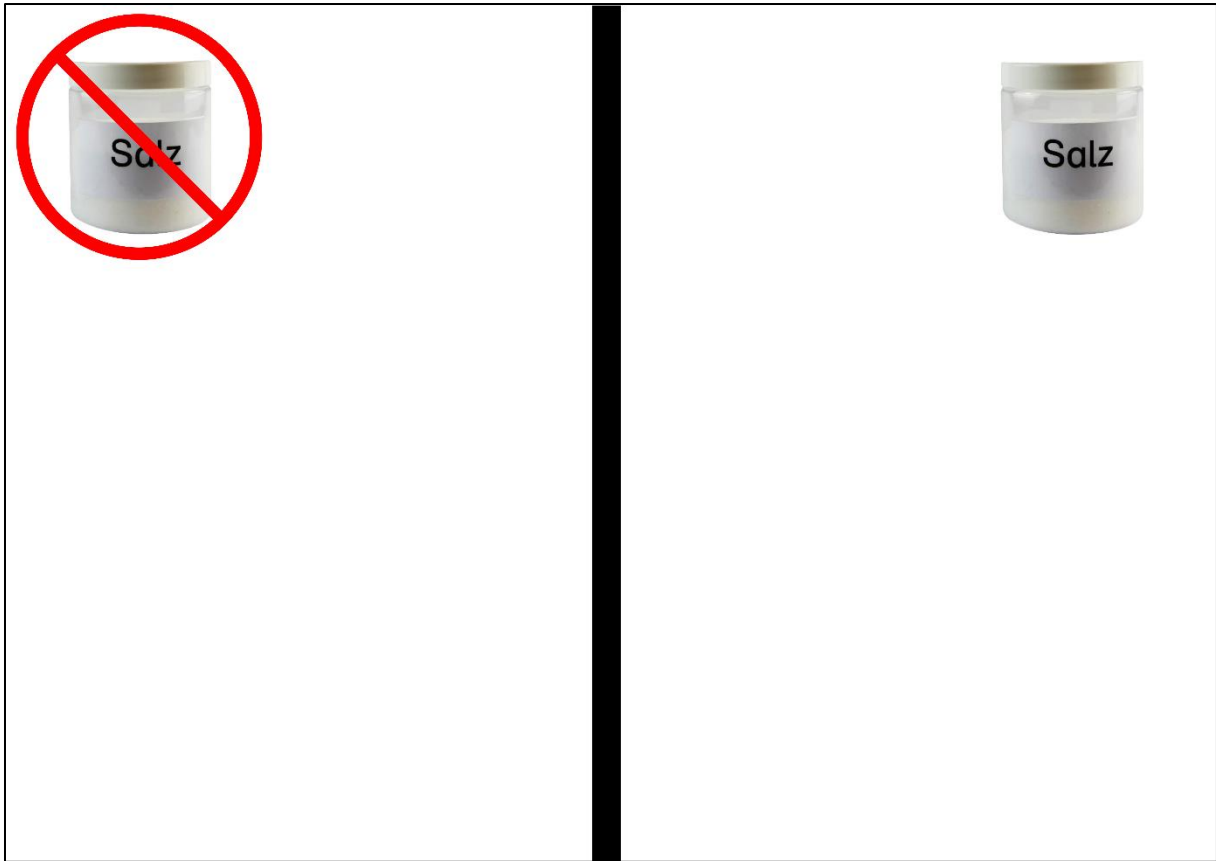
2. Schwimmt oder sinkt Plastik im Wasser?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klahn & Prof. Dr. Edin Risch

3. Was beeinflusst, ob das Plastik im Wasser schwimmt oder sinkt?

4. Welche Folgen hat das Plastik im Wasser?

© Universität Koblenz-Landau - Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG Chemiedidaktik - Loro-Sophie Klahn & Prof. Dr. Edin Risch



**Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten).
Eine zweidimensionale Matrix**

0 Phase nicht durchlaufen	1 geschlossen		2 ohne Unterstützung	3 leicht geöffnet	4 geöffnet	5 offen
	mit Unterstützung	ohne Unterstützung				
Frage	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage.	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage.	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Frage.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Fragestellungen aus.	Lernende entwickeln eine Frage.	Lernende entwickeln eine eigene Frage.
Vermutung	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.	Lernende beschäftigen sich mit einer gestellten Vermutung.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Vermutungen aus.	Lernende entwickeln eine Vermutung.	Lernende entwickeln eine eigene Vermutung.
Experiment	planen	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Materialüberprüfung	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Materialüberprüfung	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Materialien aus.	Lernende überlegen sich Materialien für ein Experiment.	Lernende überlegen sich Materialien für ein eigenes Experiment.
		Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Durchführung	Lernende arbeiten mit einer bereitgestellten Anweisung (Kochbuch). → Durchführung	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Experimentieranleitungen aus.	Lernende entwickeln eine Experimentieranleitung.	Lernende entwickeln eine eigene Experimentieranleitung.
	beobachten	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.	Lernende führen einen Beobachtungsauftrag aus.	Lernende wählen aus unterschiedlichen Beobachtungsaufträgen aus.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.	Lernende beobachten das Experiment ohne Anweisung.
Ergebnis	Lernende besprechen eine geleitete Schlussfolgerung.	Lernende besprechen eine geleitete Schlussfolgerung.	Lernende besprechen eine geleitete Schlussfolgerung.	Lernende wählen aus unterschiedlichen vorgegebenen Schlussfolgerungen aus.	Lernende entwickeln eine Schlussfolgerung.	Lernende entwickeln eine eigene Schlussfolgerung.
Dokumentieren (Unterscheidung in Beobachtungs- und Ergebnisdokumentation möglich, dann mit B und E kennzeichnen)	Lernende betrachten eine Ergebnisdarstellung.	Lernende betrachten eine Ergebnisdarstellung.	Lernende betrachten eine Ergebnisdarstellung.	Lernende wählen aus unterschiedlichen Ergebnisdarstellungen aus.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.	Lernende dokumentieren das Ergebnis.
Anleitung Lehrkraft -----Selbstständigkeit Schüler						

Angelehnt an:
Baur, Ehrenfeld, Emden, Hummel, Krieger (2017). Naturwissenschaften zum Leben erwecken. Chemie, Unterrichtsideen, Materialien und didaktische Grundlagen zum offenen Experimentieren. Bergedorfer Unterrichtsideen. Pörschen.
Baur, Hummel, Emden, Schrotter (2020). Wie offen soll offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. MNU Journal(2)

Lara-Sophie Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

**Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten).
 Eine zweidimensionale Matrix**

beobachtende Person: _____ beobachtete Klasse/Person: _____ Datum: _____

	0	1	2	3	4	5
	nicht bewältigt oder beobachtet	geschlossen mit Unterstützung	geschlossen ohne Unterstützung	leicht geöffnet mit und ohne Unterstützung	geöffnet mit Unterstützung	offen ohne Unterstützung
Frage						
Vermutung						
Experiment						
	planen					
	durchführen					
	beobachten					
Ergebnis						
Dokumentieren <small>(Unterscheidung in Beobachtungs- und Ergebnisdokumentation möglich, dann mit B und E kennzeichnen)</small>						
Anleitung Lehrkraft						Selbstständigkeit Schüler

Lara-Sophie Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

Anmerkungen
(z. B. experimentelle Fertigkeiten, Sozialverhalten, ...)

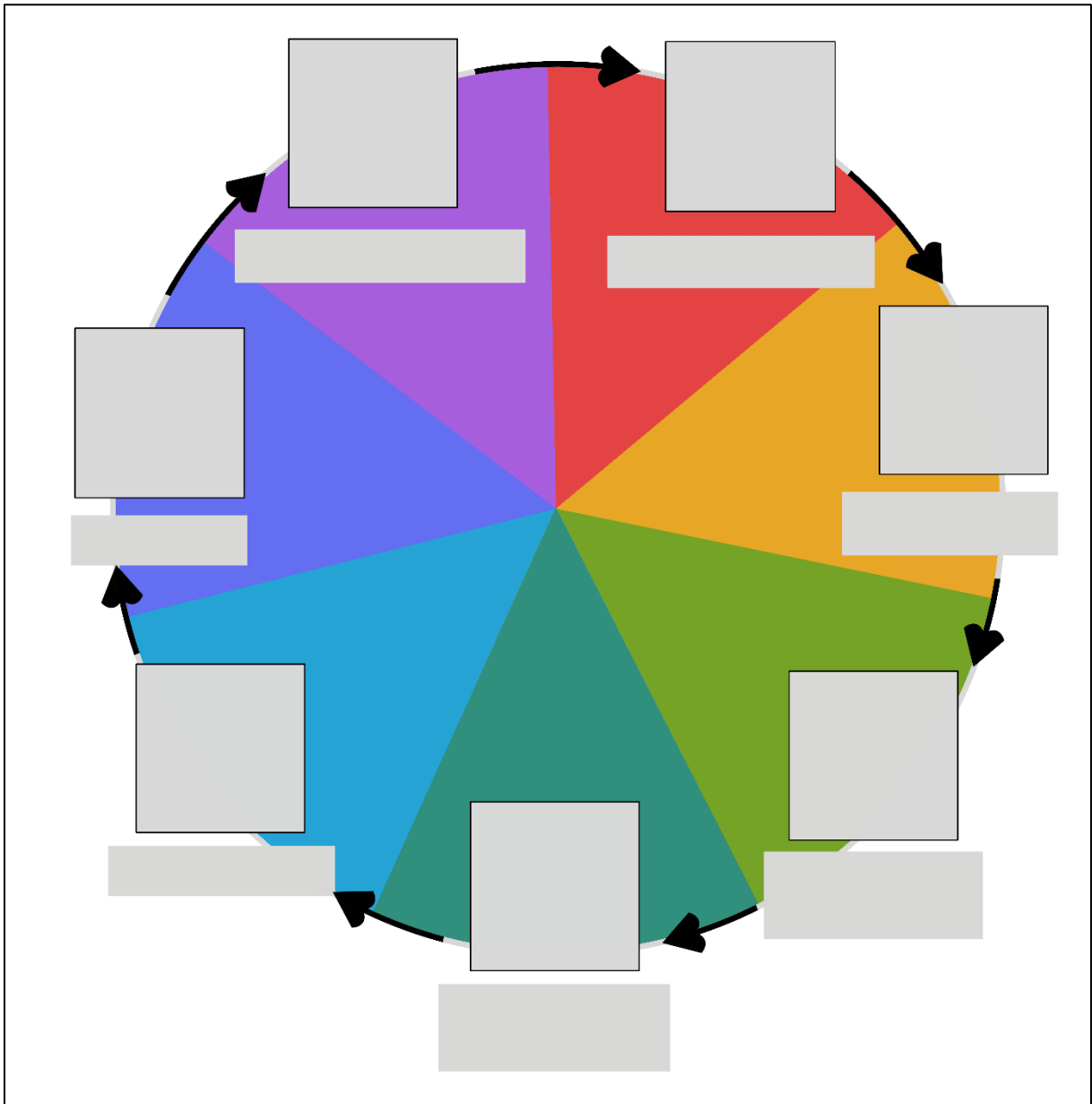
Lara-Sophie Klein: Beobachtungsbogen zur Erfassung der experimentellen Kompetenz und deren Teilkompetenzen (experimentelle Fähigkeiten). Eine zweidimensionale Matrix

Interviewleitfaden für Lehrkräfte mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung	
Einstieg und allgemeiner Ablauf	
Relevanz des Einstiegs	Materialien kennenlernen
	Sicherheitsbelehrung
	Beispielexperiment ohne Anleitung in Gruppe
Materialgestaltung	
Allgemeiner Aufbau der Unterrichtsstunden	Einzelne Stunde Gesamte Unterrichtseinheiten
Kompetenzentwicklung	
Für alle Schüler und einzelne Schüler.	
Allgemeine Einschätzung	
Umgang mit Materialien (Geräte/Chemikalien)	
Experimentierphasen betrachten Evtl. Entwicklung mitbringen (Diagramm)	<ul style="list-style-type: none"> - Fragestellung - Vermutung - Experiment planen - Experiment durchführen - Beobachten - Ergebnis - Dokumentieren
Sicherheit/Selbstvertrauen	
Beobachtungsbogen	
Wie war der Umgang damit?	
War eine Beobachtung in Bezug auf die einzelnen Phasen möglich?	
Forscherkreislauf	
Bild-Wort-Zuordnung	
Einbindung in den Unterricht	
Verständlichkeit für die Schüler	
„Teaching to the test“	
Interesse	
Freude	
Motivation	
Inhaltliches Verständnis	Einschätzung
Welche Erwartungen vorab?	erfüllt / nicht erfüllt
Anmerkungen	

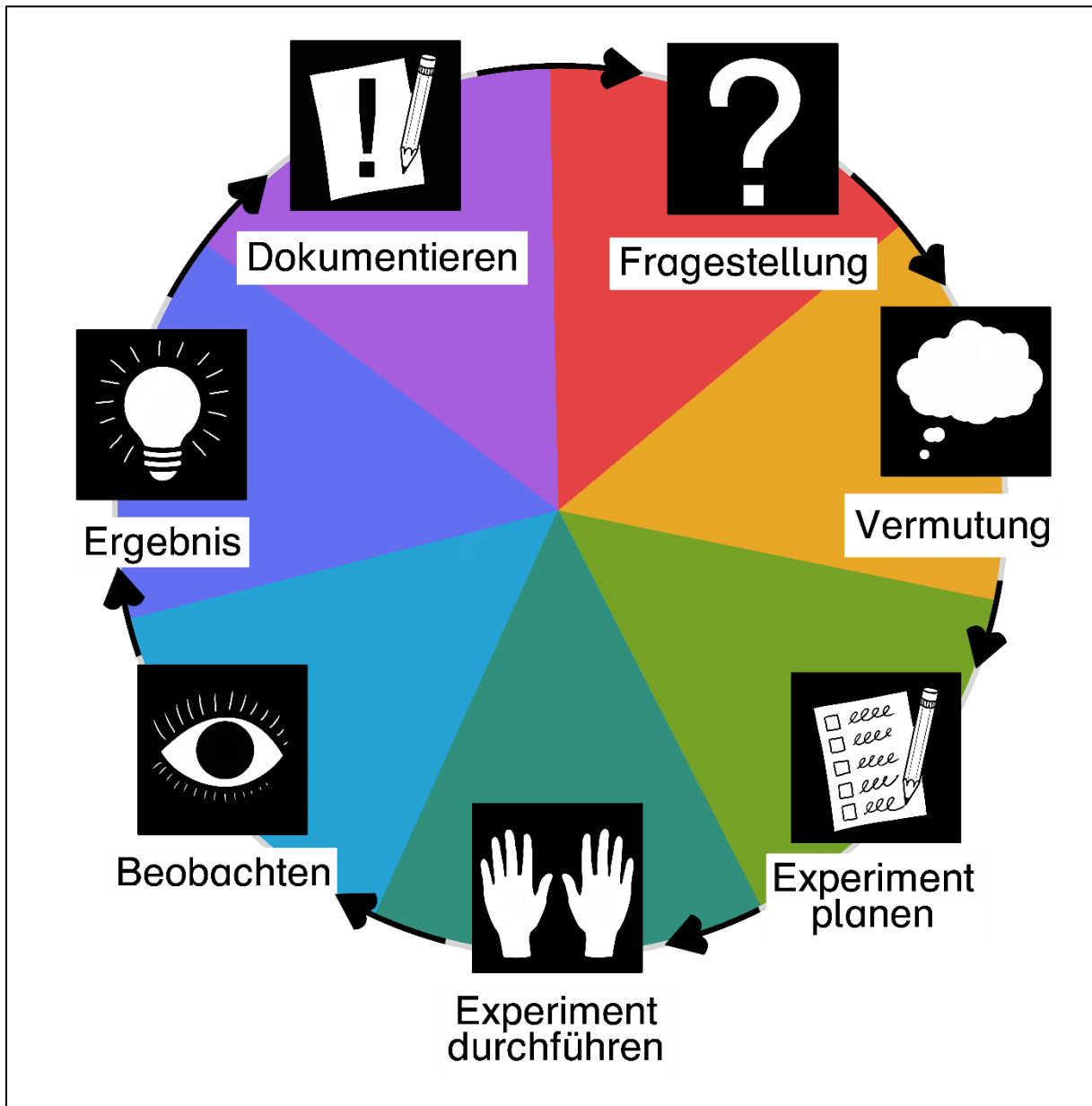
Interviewleitfaden für Schüler mit dem Förderschwerpunkt ganzheitliche Entwicklung	
Themen und Inhalte	
Zur Unterstützung die Titelbilder mit Überschriften nach und nach auf den Tisch legen.	
Zu welchen Themen haben wir experimentiert?	<p>Wasser</p> <p>Meere und Ozeane</p> <p>Tiere und Pflanzen</p>
<p>An welche Experimente kannst du dich noch erinnern? (wenn möglich mit inhaltlichem Bezug?!) Zu jedem Experiment 1-2 Sätze.</p> <p>Zur Erinnerung können die Titel mit den Titelbildern vor die Schüler auf den Tisch gelegt werden.</p>	<p>Wettlauf ums Trinkwasser</p> <p>Naturfilter</p> <p>Boden als Schadstofffilter</p> <p>Von Eierschalen und Korallenriffen</p> <p>Blub, blub</p> <p>Feind der Tiere</p> <p>Ölkatastrophe</p> <p>Rätsel ums Klärwerk</p> <p>Wie Regenwürmer atmen</p> <p>Hochwassergefahr</p> <p>Durstige Bäume</p> <p>Eigenes Experiment</p> <p>Geheimnisvolle Blätter</p>
Welches Experiment hat dir am besten gefallen?	
Welches Experiment hat dir am schlechtesten gefallen?	
<p>Ablauf des Experiments anhand des Lieblingsexperiments oder einem anderen ausgewählten Experiment durchgehen</p> <p>Wenn möglich ein Experiment aus einer späten und einer frühen Phase.</p>	<p>Ablauf:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontext - Durchführung - Beobachtung - Auswertung - Verallgemeinerung - <p>Oder (anhand Forscherkreislauf):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fragestellung - Vermutung - Experiment planen - Experiment durchführen - Beobachten - Ergebnis - Dokumentieren - Tipp: Frage und Vermutung zusammenfassen (Einstieg) UND Dokumentieren, vielleicht erzählen was wir machen

Interesse/Motivation	
Haben dir die Experimente Spaß gemacht?	
Wie hat dir die Durchführung der Experimente gefallen? (tatsächliche Handlung)	
Hast du vorher alles gewusst, was du für die Experimente brauchtest?	
Konntest du eigene Ideen einbringen?	
Magst du es, beim Experimentieren wie ein Forscher zu arbeiten? (Forscherbegriff erklären?)	
Haben dir die Gespräche mit der Klasse (Schüler und Lehrer) geholfen?	
Würdest du gerne weiterhin/häufiger im Unterricht experimentieren?	
Würdest du auch in deiner Freizeit/zu Hause experimentieren?	

Forscherkreislauf mit leeren Felder zur Zuordnung von Piktogrammen und Begriffen



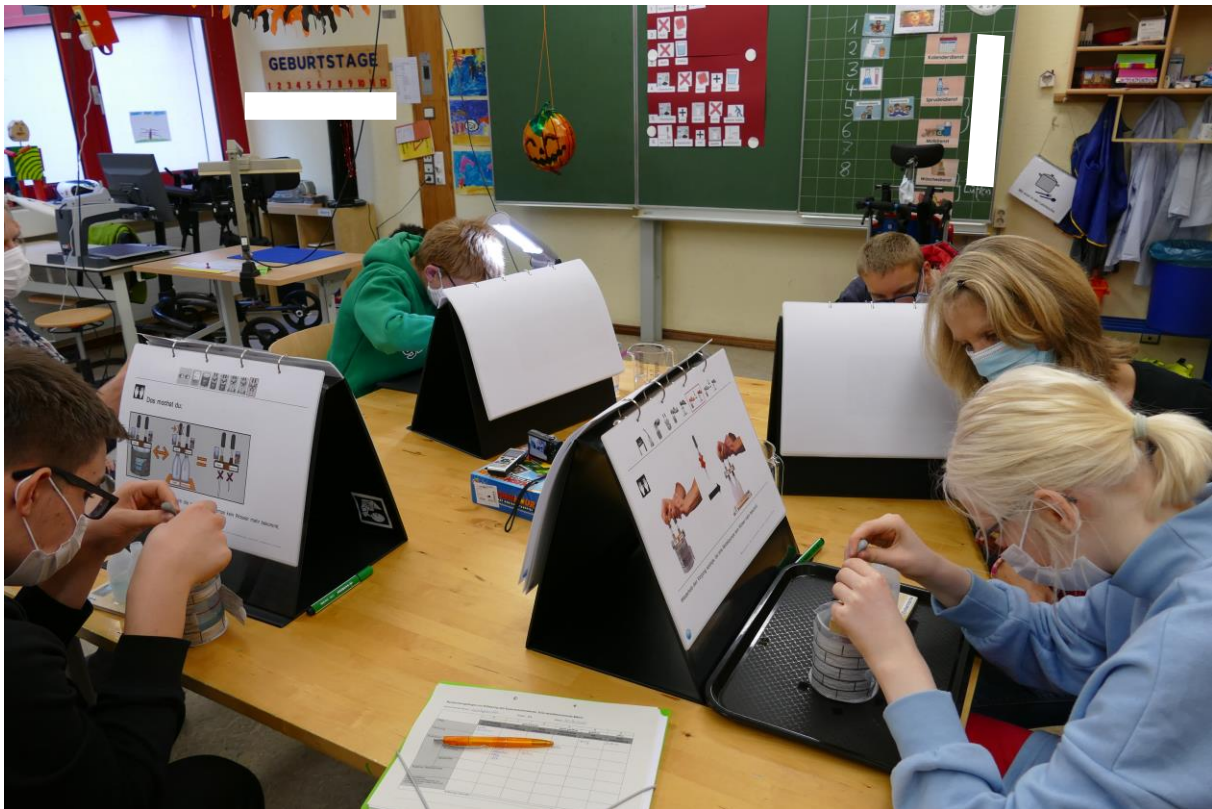
Forscherkreislauf mit richtiger Begriff-Piktogramm-Zuordnung (Lösung)



Lernstation Ölkatastrophe



Lernstation Wettlauf ums Trinkwasser



Lebenslauf

Persönliche Daten:

Vorname, Name: Lara-Sophie Klein
 E-Mail: kleinlarasophie@uni-landau.de

Studium:

01.10.2014 - 04.09.2017 Bachelor of Education Mathematik und Chemie auf
 Förderschullehramt

01.10.2017 - 26.02.2019 Master of Education Lehramt für die Förderschule mit den
 Förderschwerpunkten motorische und ganzheitliche Entwicklung

Beruflicher Werdegang:

01.05. - 31.07.2016 und
 01.10.2016 - 31.03.2019 Stipendiatin / Wissenschaftliche Hilfskraft an der Universität
 Koblenz-Landau im Fachbereich 7 - Institut für Mathematik -
 Modul 2b (Korrektur Klausuren und Tutorium in Arithmetik)

18.01.2019 - 14.01.2022 PES-Stelle als Lehrkraft an der Landesschule für Blinde und
 Sehbehinderte in Neuwied

12.08.2019 - 14.01.2022 Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Koblenz-
 Landau im Fachbereich 7 - AG Chemiedidaktik - Projekt BNEx

seit 15.01.2022 Vorbereitungsdienst am Studienseminar in Neuwied