

Universität Potsdam
Sommersemester 2021
Abgabedatum: 09. Juni 2021



Masterarbeit

Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung von experimentierbezogenen Erfahrungen angehender Physiklehrkräfte

Erstgutachter:
Dr. Peter Wulff

Zweitgutachter:
Prof. Dr. Andreas Borowski

Verfasser: Immanuel Feigel
Studiengang: Lehramt für die Sekundarstufen I und II
mit Schwerpunkt Sekundarstufe II
Physik
Mathematik

Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist dieses Werk unter einem Creative-Commons-Lizenzvertrag Namensnennung 4.0 lizenziert.
Dies gilt nicht für Zitate und Werke, die aufgrund einer anderen Erlaubnis genutzt werden.
Um die Bedingungen der Lizenz einzusehen, folgen Sie bitte dem Hyperlink:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Online veröffentlicht auf dem
Publikationsserver der Universität Potsdam:
<https://doi.org/10.25932/publishup-53772>
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-537720>

Abstract

Aufgrund der Bedeutung von Experimenten im physikalischen Erkenntnisprozess, sind diese ein wesentlicher Bestandteil des Physikunterrichts. Um den Einsatz von Experimenten im Physikunterricht zu fördern, sind kompetenzorientiertes Experimentieren und die Reflexion des Einsatzes von Experimenten wichtige Ziele in Lehrkräftebildungsprogrammen. Ablaufmodelle für kompetenzorientiertes Experimentieren unterscheiden typischerweise Phasen der Fragen- und Hypothesenentwicklung, der Planung, der Erforschung und der Schlussfolgerungen. Es ist allerdings unklar, auf welche Weise angehende Physiklehrkräfte Aspekte des kompetenzorientierten Experimentierens in ihrem Unterricht in schulpraktischen Ausbildungsphasen einsetzen, auf welche Weise sie solche Unterrichtsversuche mit Experimentierbezug reflektieren und wie strukturiert (im Sinne der Ablaufmodelle) sie dabei vorgehen.

In der vorliegenden Studie wurde deshalb untersucht, auf welche Weise Praxissemesterstudierende Experimentierprozesse in ihren Unterrichtsversuchen reflektieren. Hierfür wurde betrachtet, zu welchen Anteilen die Experimentierphasen in den Reflexionen adressiert werden. Um weiterhin herauszufinden, mit welcher Qualität die Experimentplanung reflektiert wird und inwiefern sich Vorstrukturierung für die Planungsphase zeigt, wurde diese differenzierter betrachtet. Auf Basis empirischer Vorarbeiten wurde vermutet, dass Fragenentwicklung, Hypothesenbildung und Experimentplanung seltener thematisiert werden als die anderen Teilkompetenzen und dass die Planungsphase hauptsächlich stark vorstrukturierte Elemente enthält, statt den Lernenden Freiräume für selbstständige Planungen zu lassen.

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden Kodiermanuale zur Erfassung experimentierbezogener Kompetenzen in schriftlichen Reflexionen entwickelt und validiert. Analysiert wurden 40 Reflexionstexte von 14 Studierenden des Physik-Lehramts im Praxissemester an der Universität Potsdam. Als Untersuchungsmethode wurde die qualitative Inhaltsanalyse genutzt. Die Texte wurden bezüglich der Umsetzung eines Reflexionsmodells und auf das Vorkommen der Teilkompetenzen des Experimentierzyklus untersucht.

Die Ergebnisse bestätigten das geringe Vorkommen der Fragenentwicklung und Hypothesenbildung sowie die tendenziell geschlossenen Planungsinhalte. Zudem konnte festgestellt werden, dass die Planungsphase eher oberflächlich reflektiert und vor allem Arbeitsaufträge wiedergegeben wurden. Allgemein zeigten sich hauptsächlich beschreibende Tendenzen in den Reflexionen und eher wenige Alternativen und Konsequenzen. Aus den Ergebnissen werden Implikationen für die Lehrkräftebildung im Fach Physik abgeleitet. Um die Reflexionskompetenz der angehenden Lehrkräfte zu fördern, sind Hilfestellungen während des Reflexionsprozesses und eine inhaltliche Rückmeldung notwendig. Des Weiteren sollten die angehenden Lehrkräfte für eine ausgewogenere Förderung der Teilkompetenzen in ihrem Unterricht sensibilisiert werden.

Abstract

Due to the importance of experiments in the physics-based inquiry process, they are an essential part of physics teaching. In order to promote the use of experiments in physics lessons, competence-oriented experimentation and reflection on the use of experiments are important goals in teacher training programs. Process models for competence-oriented experimentation typically distinguish between phases of question and hypothesis development, planning, exploration and conclusions. However, it is unclear in what way prospective physics teachers use aspects of competence-oriented experimentation in their lessons in school-based training phases and in what way they reflect teaching experiments with reference to experimentation and how structured (in terms of reflection models) they proceed in doing so.

The present study therefore investigated the ways in which students in their final teaching internship reflect on experimentation processes in their teaching. For this purpose, we looked at the proportions in which the experimentation phases are addressed in the reflections. In order to find out the quality with which the planning of the experiment is reflected and to what extent the planning phase is pre-structured, this was considered in a more differentiated way. On the basis of empirical preliminary work, it was assumed that question development, hypothesis formation and experiment planning are addressed less frequently than the other sub-competencies and that the planning phase mainly contains pre-structured tasks instead of leaving the learners space for exploration and planning.

To investigate the question, coding manuals for recording experiment-related competencies in written reflections were developed and validated. 40 reflection texts from 14 physics students in their practical semester at the University of Potsdam were analysed. Qualitative content analysis was used to identify categories in which the teachers reflected. The texts were examined with regard to the implementation of a reflection model and the occurrence of the competencies as defined in the experimentation cycle.

The results confirmed the low occurrence of question development and hypothesis formation as well as the tendency towards pre-structured tasks. In addition, it was found that the planning phase was reflected rather superficially and that work assignments were mainly reproductive. More generally, descriptive tendencies were found in the reflections and rather few alternatives and consequences. Implications for teacher training in physics are derived from the results. In order to promote the reflection competence of the prospective teachers, assistance during the reflection process and feedback on the contents are necessary. Furthermore, the prospective teachers should be sensitised to include all competencies as outlined in the experimentation cycle.

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation.....	4
2	Theorie	6
2.1	Experimente.....	6
2.1.1	Experimentieren im Physikunterricht.....	6
2.1.2	Experimentierzyklus.....	9
2.2	Reflexionen.....	10
2.2.1	Reflexionen in der Lehrkräftebildung	10
2.2.2	Förderung der Reflexionskompetenz	11
3	Ziel der Studie.....	13
3.1	Kontext der Studie	13
3.2	Fragestellung	14
4	Entwicklung des Kodiermanuals	16
4.1	Stichprobe.....	16
4.2	Vorgehensweise.....	16
4.3	Kodiermanual	19
5	Ergebnisse	25
5.1	Experimentierzyklus in den Reflexionen	25
5.2	Inhalt der Planungsphasen	31
5.3	Offenheitsgrade der Planungsphase.....	35
6	Diskussion.....	39
7	Limitationen und weitere Forschungsarbeit.....	44
8	Empfehlungen für die Praxis.....	46
8.1	Förderung der Reflexionskompetenz.....	46
8.2	Förderung von Hypothesenbildung und Fragenentwicklung	47
8.3	Gestaltung offener Phasen in der Experimentplanung	48
	Anhang	50
	Anhang A: Segmentierregeln	51
	Anhang B: Kodiermanual für den Experimentierzyklus	54
	Anhang C: Kodiermanual für die Planungsphase.....	63
	Anhang D: Kodiermanual für die Offenheitsgrade	68
	Literaturverzeichnis.....	75

1 Motivation

„Wohin Denken ohne Experimentieren führt, hat uns das Mittelalter gezeigt:
aber dies Jahrhundert ist bestimmt, uns sehen zu lassen, wohin Experimentieren ohne Denken führt.“

(Schopenhauer, 1851, zitiert nach Aphorismen.de, o. J.)

Auch wenn dieses Zitat von Arthur Schopenhauer bereits 170 Jahre alt ist, lässt es sich gut auf den heutigen naturwissenschaftlichen Unterricht übertragen, aus dem Experimente kaum wegzudenken sind. Die Lernenden sollen durch Experimente unter anderem naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden kennenlernen (Girwidz, 2015). Daher ist eine kompetenzorientierte Umsetzung von Unterrichtsexperimenten wichtig. Fachdidaktische Modelle stellen das Experimentieren daher häufig als einen zyklischen Prozess mit mehreren Teilkompetenzen dar (Pedaste et al., 2015). Oft enthalten die Modelle die Kompetenzen Fragen- und Hypothesenentwicklung, Planung, Erforschung und Schlussfolgerungen (Pedaste et al., 2015). Es ist wichtig, die Lernenden schrittweise zu einer selbstständigen Beherrschung dieser prozessbezogenen Kompetenzen zu befähigen (Kremer et al., 2019). Für den fachwissenschaftlichen und wissenschaftsmethodischen Kompetenzerwerb sowie die Lernqualität konnte empirisch gezeigt werden, dass die Förderung von Selbstbestimmung und der Einsatz eher offener, forschender Lerneinheiten einen positiven Einfluss haben kann (Deci & Ryan, 1993; Kremer et al., 2019). In der aktuellen Unterrichtspraxis zeigt sich jedoch tendenziell eine Vernachlässigung der Fragenentwicklung, Hypothesenbildung und Experimentplanung sowie kaum selbstständiges Experimentieren (u.a. Tesch & Duit, 2004).

Das Lehramtsstudium zielt darauf ab, die angehenden Lehrkräfte mit den nötigen Grundlagen auszustatten, um Lernprozesse im Unterricht bestmöglich zu unterstützen (Naeve-Stoß et al., 2019). Dies beinhaltet für die naturwissenschaftlichen Fächer unter anderem die Studierenden für eine kompetenzorientierte Implementierung des Experimentierzyklus zu sensibilisieren, die auch die Eigenständigkeit der Lernenden fördert. Allerdings haben Studierende und selbst erfahrene Lehrkräfte Schwierigkeiten Experimentiersituationen nach einem Modell wie dem Experimentierzyklus umzusetzen (Kremer et al., 2019; Tesch & Duit, 2004). Beispielsweise sind Experimentiersituationen im Physikunterricht häufig stark vorstrukturiert, sodass nur unzureichend Teilkompetenzen wie das Formulieren von Fragestellungen oder Hypothesen sowie die Planung eines Experimentes bei den Schülerinnen und Schülern gefördert werden können (Höttecke & Rieß, 2015; Kremer et al., 2019; Tesch & Duit, 2004).

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, inwiefern angehende Physik-Lehrkräfte sensibel für die Teilkompetenzen des Experimentierzyklus sind und die Akzentuierungen der einzelnen Phasen in ihrem Unterricht bemerken. Dazu wurden schriftliche Unterrichtsreflexionen von Praxissemesterstudierenden untersucht. Es wurde analysiert, auf welche Weise die Phasen des Experimentierzyklus reflektiert werden. In diesem Zusammenhang wurde die Planungsphase einer detaillierteren Untersuchung unterzogen, bei der auch die Offenheitsgrade der Planungsinhalte betrachtet wurden. Für diese Analysen wurde ein entsprechendes Kodiermanual entwickelt.

2 Theorie

2.1 Experimente

Experimente sind ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlichen Arbeitens und nehmen auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle ein (Tesch & Duit, 2004). Höttecke und Rieß (2015) stellen fest, dass die Wissenschaftsforschung „auf die Frage, was wir unter einem Experiment in den Naturwissenschaften verstehen können, keine eindeutige, sondern viele Antworten“ (Höttecke & Rieß, 2015, S. 136) hat. Eine typische Definition des Experimentierens formulieren Kremer et al. (2019):

„Bei einem Experiment werden zunächst die abhängige[n] Variablen als Messgröße identifiziert und unabhängige Variablen als Einflussgrößen isoliert und systematisch variiert. Alle anderen potenziell beeinflussende[n] Variablen müssen dagegen konstant gehalten bzw. kontrolliert werden. Somit kann der ursächliche Einfluss der unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable systematisch erforscht werden.“ (S. 115)

In dieser Definition steht vor allem die Untersuchung kausaler Zusammenhänge im Fokus. Für den sinnvollen Einsatz im Unterricht müssen Experimente didaktisch rekonstruiert werden (Tesch & Duit, 2004). Dies meint den Einsatz naturwissenschaftlicher Arbeitsmethoden unter Berücksichtigung lehr-lern-theoretischer Gesichtspunkte. Einerseits wird die naturwissenschaftliche Methodik auf Schulniveau vereinfacht und andererseits so stark aufgeweitet, dass die angepassten Methoden nicht mehr in der Fachmethodik vorkommen. Letzteres geschieht zum Beispiel beim Einsatz von Demonstrationsexperimenten oder wenn einzelne Abschnitte des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses isoliert herausgegriffen und thematisiert werden (Tesch & Duit, 2004).

2.1.1 Experimentieren im Physikunterricht

Girwidz (2015) unterscheidet 14 Funktionen des Experimentierens im Physikunterricht, die unter anderem die Veranschaulichung eines Phänomens, die Überprüfung von theoretischen Aussagen und Gesetzmäßigkeiten, Naturwissenschaftliches Arbeiten, die Verdeutlichung physikalischer Konzepte, Motivation, Wecken von Interesse sowie den Aufbau von Grunderfahrungen und physikalischen Vorstellungen beinhalten. Eine Delphi-Studie konnte als Ziele von Lehrpersonen beim Experimentieren die Verbindung von Theorie und Praxis, Experimentelle Fähigkeiten, Methoden wissenschaftlichen Denkens, Motivation, Entwicklung der Persönlichkeit und der sozialen Kompetenz sowie die Überprüfung von Wissen herausstellen (Tesch & Duit, 2004).

Tesch und Duit (2004) gehen davon aus, dass für das Physiklernen vor allem die Bezüge zwischen experimentellen Erfahrungen und naturwissenschaftlichen Interpretationen von großer Bedeutung sind. Weder theoretische Erklärungen noch Experimente könnten alleinstehend zu effektivem Lernen führen. Einerseits lassen sich naturwissenschaftliche Konzepte und Gesetze durch Experimente veranschaulichen, kontextualisieren und erfahrbar machen. Gleichzeitig können experimentelle Erfahrungen, bei Verknüpfung mit der physikalischen Sicht, für einen Konzeptwechsel bei den Lernenden genutzt werden. Für den Lernerfolg sei die Integration von angeleitetem Lernen einerseits und der eigenständigen Exploration, Planung, Durchführung, Auswertung und Diskussion andererseits entscheidend.

Insgesamt werden die Erwartungen an das Experimentieren in der Schule jedoch nicht erfüllt (Harlen, 1999). Eine fachdidaktische Analyse von Höttecke und Rieß (2015) zeigt, dass Physiklehrkräfte versuchen, den Umgang mit unsicherer Evidenz und das Problem der Stabilisierung experimenteller Systeme zu vermeiden. Das Stabilisierungs-Problem experimenteller Systeme bezieht sich darauf, dass ein Experiment nicht einfach beliebige Mess-Signale erzeugen soll. Stattdessen „muss das Signal mit theoretischen Hintergrundannahmen in Einklang gebracht werden“ (Höttecke & Rieß, 2015, S. 133). Zudem wird kritisiert, dass Experimentiersituationen oft stark vorstrukturiert sind (Höttecke & Rieß, 2015). Dabei zeigen Studien zum Biologieunterricht, dass ein hoher Öffnungsgrad forschender Lerneinheiten einen positiven Einfluss auf den fachwissenschaftlichen und wissenschaftsmethodischen Kompetenzerwerb haben kann (Kremer et al., 2019). Offenheit von Experimentiersituationen zeigt sich darin, dass die Lernenden dazu angeregt werden, selbst alternative Untersuchungs- und Problemlösungsmöglichkeiten zu finden. Dem gegenüber steht die direkte Instruktion durch die Lehrkraft als Kennzeichen geschlossener Phasen (Kremer et al., 2019). Eigenständiges Experimentieren der Lernenden findet jedoch im Physikunterricht kaum statt (Baumert & Köller, 2000; Fischer et al., 2014; Tesch & Duit, 2004).

Die Wichtigkeit des Öffnungsgrades von Experimentiersituationen wird deutlich, wenn man die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) berücksichtigt. Demnach sind die Bedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit besonders relevant für intrinsische und extrinsische Motivation – genauer gesagt die Erfüllung dieser drei Grundbedürfnisse. Es existieren mehrere empirische Befunde, die zeigen, dass „eine auf Selbstbestimmung beruhende Lernmotivation positive Wirkungen auf die Qualität des Lernens

hat“ (Deci & Ryan, 1993, S. 223). Gerade für extrinsisch¹ motivierte Lernprozesse, welche in der Schule den Hauptanteil ausmachen, ist eine Unterstützung des Autonomiebedürfnisses wichtig (Deci & Ryan, 1993). Es konnte sogar beobachtet werden, dass Lernende weniger initiativ sind und weniger effektiv lernen, wenn sie mit einer kontrollierenden Vorgehensweise unterrichtet werden. Dies gilt insbesondere, wenn konzeptuelle oder kreative Prozesse für das Lernen erforderlich sind (Ryan & Deci, 2000).

Gleichzeitig existieren Arbeiten, die zeigen, dass es einen Diskurs gibt, wie offen oder instruiert Experimentiersituationen im Unterricht gestaltet werden sollten (Arnold et al., 2014). Vorstrukturierung ist nicht per se negativ anzusehen und eine völlig offene Unterrichtsgestaltung nicht erstrebenswert. Kirschner et al. (2006) verdeutlichen, dass der Verzicht auf direkte Instruktionen, wie es im entdeckenden Lernen angestrebt wird, ebenfalls nicht lernförderlich und weder effektiv noch effizient ist. In diesem Zusammenhang argumentieren Kirschner et al. (2006), dass das Erlernen einer Disziplin sich deutlich vom Praktizieren dieser Disziplin unterscheidet. Aus diesem Grund sind Instruktionen und somit ein gewisses Maß an Vorstrukturierung wichtig. Dies gilt besonders für Lernende mit einem eher geringen Wissens- oder Kompetenzniveau, die noch nicht auf hilfreiche Erfahrungen im Langzeitgedächtnis zurückgreifen können (Kirschner et al., 2006). Um die Arbeitsgedächtniskapazität zu entlasten und somit langfristiges Lernen zu ermöglichen, sollte die Lehrkraft unerfahrenen Lernenden nötige Orientierungen durch direkte Instruktion geben. Dabei fordern Kirschner et al. (2006), gerade anfangs explizit zu vermitteln, was auf welche Weise zu tun ist. Der Verzicht auf Vorstrukturierung kann sogar bis hin zu Frustration und Fehlvorstellungen der Lernenden führen. Erst bei einem höheren Kompetenzniveau kann das Maß an Instruktion zurückgeschraubt werden (Kirschner et al., 2006).

Bruckermann et al. (2017) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Experimentieren ein kognitiv komplexer Problemlösungsprozess ist und deshalb unbedingt mit Scaffolding unterstützt werden sollte. Bei dieser Methode werden die kognitiven und metakognitiven Prozesse der Lernenden unterstützt und die Orientierungshilfen der Lehrkraft bei fortgeschrittenem Niveau der Lernenden reduziert. Scaffolding ist daher eine Möglichkeit, wie sowohl die Notwendigkeit der Instruktion als auch das Bedürfnis nach Autonomie

¹Deci und Ryan (1993) unterscheiden vier Typen extrinsischer Motivation mit verschiedenen Ausprägungen von Eigenständigkeit und Selbstbestimmung.

berücksichtigt werden können, um somit selbstbestimmtes und kompetenzorientiertes Lernen zu fördern (Arnold et al., 2014).

2.1.2 Experimentierzyklus

Experimentiersituationen sollten zudem so beschaffen sein, dass Theorie, experimentelles Handeln, experimentelle Instrumente und deren Konstruktion sowie die Daten und deren Analyse ständig aufeinander bezogen werden können (Höttecke & Rieß, 2015). Diese Anforderung wird von einem zyklischen Experimentierprozess erfüllt. Es gibt eine Vielzahl an Experimentiermodellen, die sich an den naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden orientieren. Diese Modelle besitzen häufig die Phasen der Fragen- und Hypothesenentwicklung, der Planung, der Erforschung und der Schlussfolgerungen und sind teils auch als Zyklen aufgebaut (Pedaste et al., 2015).

Bei ihrer Untersuchung von Physikunterricht stellten Tesch und Duit (2004) fest, dass im Mittel 28 Prozent der Unterrichtszeit für Aufbau und Durchführung von Experimenten verwendet wird. Der gleiche Anteil wird für die Nachbereitung aufgewendet. Gleichzeitig wurde beobachtet, dass nur acht Prozent der Zeit auf die Vorbereitung (Fragestellung, Hypothesen, Planung) der Experimente entfallen. Die Verhältnisse schwanken jedoch stark zwischen einzelnen Lehrpersonen. Die Analyse zeigte auch, dass Lernende in der Planung kaum Gelegenheiten bekommen, eigene Ideen einzubringen. Selten wurde eine eigenständige Planung oder Auswertung verlangt. Passend zu diesen Ergebnissen zeigen verschiedene Studien, dass Lernende große Probleme beim Formulieren von Forschungsfragen und Hypothesen sowie in der Planung von Experimenten haben (Kremer et al., 2019). In den Teilkompetenzen Fragestellung und Planung sind die Leistungen der Lernenden schwächer ausgeprägt als bei Deutung und Hypothesen (Kremer et al., 2019).

Insgesamt zeigen die Studien, dass die fachdidaktischen Erkenntnisse zum Experimentieren in der Unterrichtspraxis häufig kaum oder nur teilweise umgesetzt werden. (Baumert & Köller, 2000; Höttecke & Rieß, 2015; Kremer et al., 2019; Tesch & Duit, 2004). Es wäre allerdings wünschenswert, wenn stärker auch Phasen der Planung, Hypothesengenerierung und Fragenentwicklung im Physikunterricht unterrichtet würden. Schließlich sind dies wesentliche Phasen des Experimentierzyklus und des Erkenntnisprozesses (Klahr & Dunbar, 2002).

Allerdings ist die Frage, wie eine Veränderung des Experimentierens in der Unterrichtspraxis bewirkt werden kann, in diesem Zusammenhang noch offen. Klar ist, dass

Lehrkräfte ein entscheidender Einflussfaktor dafür sind, auf welche Weise Experimente im Physikunterricht umgesetzt werden (Tesch & Duit, 2004). Für eine Veränderung des schulischen Experimentierens ist demzufolge auch eine Sensibilität der Lehrenden für die Umsetzung der Experimentierphasen in ihrem eigenen Unterricht wichtig. Zur Förderung professioneller Kompetenzen angehender Lehrkräfte stellt die Analyse und Reflexion des eigenen Unterrichts einen wichtigen Gesichtspunkt dar (Helmke, 2015). In solchen Reflexionen sollte sich manifestieren, inwiefern die Lehrpersonen ein Bewusstsein für die verschiedenen Bestandteile des Experimentierprozesses besitzen und inwiefern sie für den tendenziell geringen Anteil der Fragenentwicklung, Hypothesenbildung und Experimentplanung im Unterricht sensibel sind. Aus diesem Grund ist es wichtig herauszufinden, in welcher Form Experimentierprozesse in Analysen des eigenen Unterrichts vorkommen.

2.2 Reflexionen

Reflexion ist ein aktiver und strukturierter Denkprozess (Aufschneiter et al., 2019; Nowak et al., 2017). Im Rahmen dieser Arbeit wird folgende normative Definition von Reflexion nach von Aufschneiter et al. (2019) verwendet:

„Reflexion ist ein Prozess des strukturierten Analysierens, in dessen Rahmen zwischen den eigenen Kenntnissen, Fähigkeiten, Einstellungen/Überzeugungen und/oder Bereitschaften und dem eigenen, situationspezifischen Denken und Verhalten (z.B. bei der Betrachtung einer Situation, der Bearbeitung einer Aufgabe oder als Schüler_in/Lehrkraft/Dozent_in im Unterricht/Seminar) eine Beziehung hergestellt wird, mit dem Ziel, die eigenen Kenntnisse, Einstellungen ... und/oder das eigene Denken und Verhalten (weiter-)zuentwickeln.“ (S. 148)

Nach dieser Definition umfasst Reflexion mehr als nur die Analyse oder Lösung eines Problems, sondern zielt auf eine persönliche Entwicklung der/des Reflektierenden ab.

2.2.1 Reflexionen in der Lehrkräftebildung

Obwohl Reflexion vielfach als Gelingensfaktor für Professionalisierung in der Lehrkräftebildung identifiziert ist, sind viele Details zu Reflexionsprozessen sowie die Wirksamkeit für die eigene Professionalisierung empirisch unklar (von Aufschneiter et al., 2019). Sowohl für den Aufbau pädagogischer Professionalität als auch für professionelles pädagogisches Handeln wird Reflexion ein großer Stellenwert zugemessen (Häcker, 2019). Reflexionskompetenz ist seit 2004 fester Bestandteil der Standards für Lehrerbildung in Deutschland (Kultusministerkonferenz, 2004). Helmke (2015) bezeichnet die

Reflexionskompetenz sogar als „eine Schlüsselbedingung für die Verbesserung des eigenen Unterrichts und damit ein zentrales und für den nachhaltigen Unterrichtserfolg unabdingbares Merkmal der Lehrperson“ (Helmke, 2015, S. 116). Die Wichtigkeit von Reflexivität liegt unter anderem darin begründet, dass eine Veränderung des Unterrichts und des Handelns von Lehrpersonen tendenziell weniger durch Vorträge oder Einsicht erreicht wird, sondern eher durch Erprobung und anschließende Reflexion (Lindner, 2008).

Korthagen (1999) beobachtete bei angehenden Lehrkräften fünf häufige Probleme beim Reflektieren: (1) Sie haben die Erwartung, von den Auszubildenden gesagt zu bekommen, welches Verhalten richtig und falsch ist. (2) Aus den Erlebnissen werden zu schnell oberflächliche Schlussfolgerungen gezogen, ohne das Geschehen in der Tiefe zu reflektieren. (3) Das eigene Handeln wird zu stark in den Fokus der Reflexion gesetzt und die Lerngruppe zu wenig beachtet. (4) Statt ein Repertoire an Lösungen zu entwickeln, geben sich angehende Lehrkräfte oft nach dem Finden einer ersten Lösungsidee zufrieden. (5) Nachdem eine Lösungsidee gefunden wurde, wird deren Umsetzung meist nicht weiter reflektiert, sondern beim nächsten Mal ein neues Problem betrachtet.

Daher muss die Lehrkräftebildung versuchen, zur Entwicklung der Reflexionskompetenz beizutragen – obgleich durch den aktuellen Forschungsstand noch nicht abgesichert ist, ob Lehrkräftebildungsprogramme tatsächlich die Reflexivität angehender Lehrpersonen fördern oder ob ein höheres Maß an Reflexivität von Lehrkräften effektiv bei den Lernenden zu besseren Lernleistungen führt (Häcker, 2019).

2.2.2 Förderung der Reflexionskompetenz

Für die Ausbildung von Lehrkräften hat Korthagen (1999) das spiralförmige ALACT-Modell entwickelt. ALACT steht für die Abkürzung der fünf Phasen: Action (Handlung), Looking back on action (Rückblick auf die Handlung), Awareness of essential aspect (Bewusstwerden zentraler Aspekte), Creating alternative methods of action (Konstruktion von Handlungsalternativen) und Trial (Umsetzungsversuch). Der Umsetzungsversuch ist als neue Handlung Ausgangspunkt eines neuen Reflexionszyklus. Als Unterstützung beim Erlernen von Reflexionskompetenz schlägt Korthagen (1999) eine Art Reflexionstagebuch vor, in dem die angehenden Lehrkräfte ihre Reflexionen schriftlich festhalten. Er räumt jedoch auch ein, dass ein solches Reflexionstagebuch keine Steigerung der Reflexivität garantieren kann.

In schriftlichen Reflexionen sind Begründungen mit verschiedenen Elementen verknüpft. Daher adaptierten Nowak et al. (2018) das ALACT-Modell für Reflexionstexte zu einem

dreidimensionalen Modell, das als Analyseinstrument für Reflexionen von Studierenden und als Lerninstrument für Reflexionskompetenz genutzt werden kann. Weitere Grundlagen für die Weiterentwicklung waren Modelle von Windt und Lenske (2016) sowie Borowski et al. (2010).

Auf der Ebene der Reflexionselemente befinden sich Rahmenbedingungen, Beschreibungen, Bewertungen, Alternativen und Konsequenzen. Die Rahmenbedingungen umfassen eine Darstellung der strukturellen Gegebenheiten, der Lernziele und des Vorwissens der Lernenden. Im Element der Beschreibung soll der tatsächliche Ablauf des Geschehens objektiv beschrieben werden, woraufhin im nächsten Schritt dessen Bewertung folgt. Bei negativen Bewertungen soll eine Alternative für die entsprechenden Handlungen dargelegt werden. Während sich diese Alternativen vor allem auf die konkrete Stunde beziehen, sind die Konsequenzen langfristige Ziele für professionelle Entwicklung der Lehrperson (Nowak et al., 2018).

Die zweite Dimension ist die Begründungsebene, auf der definiert ist, ob Sachverhalte begründet dargelegt werden oder nicht. Als drittes wird die Wissensbasis betrachtet, die Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisches Wissen und Sonstiges als Wissensgrundlagen unterscheidet (Nowak et al., 2018), das auf die etablierte Unterscheidung von Shulman (1986) zurückgeht.

In einer Studie untersuchten Nowak et al. (2018) die Strukturiertheit und Vollständigkeit von Reflexionstexten von Praxissemesterstudierenden der Physik anhand dieses Modells. Dabei wurde festgestellt, dass zwei Drittel der Reflexionen gut strukturiert waren, was bedeutet, dass die Reflexionselemente aufeinanderfolgen. Die Hälfte der Reflexionen enthielt alle Reflexionselemente, womit diese vollständig waren. In der anderen Hälfte fehlten die Konsequenzen. Während einige Studierende bereits nach der ersten Instruktion nahezu vollständige und gut strukturierte Texte schrieben, zeigte sich bei der Mehrheit der übrigen Studierenden eine positive Entwicklung in beiden Aspekten. Diese Ergebnisse interpretieren Nowak et al. (2018) als „erste[n] Hinweis darauf, dass es für Studierende möglich ist, strukturiertes und kritisches Reflektieren zu erlernen“ (Nowak et al., 2018, S. 144).

3 Ziel der Studie

Bisherige Forschungen beziehen sich vor allem darauf, wie der Erkenntnisprozess beim Experimentieren funktioniert, wie sich Experimentieren im Unterricht manifestiert und wie Reflexionskompetenz bei (angehenden) Lehrkräften entwickelt werden kann. Es ließen sich jedoch keine Studien finden, die das Vorkommen von Experimentierprozessen in Reflexionen des eigenen Unterrichts untersuchten. Die Reflexion des Experimentierprozesses ist eine wichtige Grundlage für die Unterstützung von (angehenden) Lehrpersonen in Bezug auf die Weiterentwicklung ihrer experimentellen Kompetenzen. Zudem lässt sich aus Reflexionen ableiten, inwiefern bisherige Bemühungen der Lehrkräftebildung, kompetenzorientiertes Experimentieren anzuregen, wirksam waren. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, inwiefern sich Studierende des Physiklehramts der Teilkompetenzen des Experimentierens bewusst sind und die Akzentuierungen der Experimentierphasen im eigenen Unterricht bemerken.

Das Ziel dieser Studie ist es, zu analysieren, auf welche Weise angehende Physiklehrkräfte Experimentierprozesse in ihren Selbstreflexionen zum eigenen Unterricht thematisieren. In diesem Zusammenhang wurde im Rahmen dieser Arbeit ein Kodiermanual zur experimentierbezogenen Analyse von Reflexionstexten entwickelt. Auf dieser Basis wurden schriftliche Selbstreflexionen zu schulpraktischen Erfahrungen untersucht.

3.1 Kontext der Studie

Die Studie ist im Praxissemester an der Universität Potsdam verortet. Die Masterstudierenden des Lehramts sind im Praxissemester für vier Monate jeweils vier Tage pro Woche an einer Schule. Dort hospitieren und unterrichten sie in ihren Studienfächern. Die Studierenden haben im Laufe ihres Studiums theoretisches Wissen aufgebaut, welches im Praxissemester zur praktischen Anwendung kommt. Parallel nehmen die Studierenden an Begleitseminaren in den Fachdidaktiken teil, um Unterstützung in ihrer professionellen Entwicklung zu erhalten. Im Rahmen des Begleitseminars der Physikdidaktik wird den angehenden Lehrkräften die Weiterentwicklung des ALACT-Modells von Nowak et al. (2018) vorgestellt. Mit dieser theoretischen Grundlage sollen drei schriftliche Reflexionen explizit zu einer Experimentiersituation des selbst durchgeführten Unterrichts angefertigt werden. Theoretische Modelle zu Experimentierprozessen sind den Studierenden bereits aus einem Seminar zu physikalischen Schulexperimenten im Bachelorstudium bekannt.

3.2 Fragestellung

Anhand des aktuellen Forschungsstands ergeben sich mehrere Fragestellungen für die Unterrichtsreflexionen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester:

Auf Basis der Arbeiten von Tesch und Duit (2004) kann erwartet werden, dass der Experimentierzyklus typischerweise in unterschiedlichen Anteilen in den Reflexionstexten vorkommt. Dabei sollten die Durchführung und Auswertung die größten Anteile einnehmen. Schriftliche Reflexionen stellen eine Wiedergabe von subjektiv ausgewählten Anlässen dar. Somit muss das Vorkommen der einzelnen Phasen in den Texten nicht notwendigerweise deren Verhältnis in der Unterrichtspraxis entsprechen. Daraus ergibt sich die erste Forschungsfrage mit folgenden Hypothesen:

(I) In welchem Umfang kommen die Phasen des Experimentierens in Reflexionen von Praxissemesterstudierenden zu Experimentiersituationen vor?

H1: Die Entwicklung von Fragestellungen, das Aufstellen von Hypothesen und die Planung der Experimente werden seltener thematisiert als Aufbau, Durchführung und Auswertung.

H2: Die Phasen des Experimentierens sind in den Reflexionstexten anders verteilt als in der von Tesch und Duit (2004) beobachteten Unterrichtspraxis.

Um herauszufinden, mit welcher Qualität die Phasen des Experimentierzyklus reflektiert werden, ist eine inhaltliche Differenzierung der Phasen wichtig. Für diese Arbeit wurde exemplarisch die Planungsphase ausgewählt, da für die Umsetzung dieser wichtigen Phase im Unterricht tendenziell wenig Zeit aufgewendet wird (Tesch & Duit, 2004) und eine eher starke Vorstrukturierung kritisiert wird (Höttecke & Rieß, 2015). Somit ergibt sich als zweite Fragestellung:

(II) Auf welche Weise wird die Planungsphase in den Reflexionstexten reflektiert?

Die Erforschung, welche Elemente der Planungsphase in den Reflexionen auftreten, erfolgt explorativ, weshalb keine theoriegeleitete Hypothese formuliert werden kann.

Der Öffnungsgrad des Experimentierens korreliert unter bestimmten Voraussetzungen positiv mit fachwissenschaftlichem und wissenschaftsmethodischem Kompetenzerwerb (Kremer et al., 2019). Analysen der Unterrichtspraxis ergaben, dass Experimentieren meist stark von der Lehrkraft vorstrukturiert ist und Lernende in der Planung kaum eigene Ideen einbringen können

(Höttecke & Rieß, 2015; Tesch & Duit, 2004). In diesem Zusammenhang stellt sich die dritte Forschungsfrage mit folgender Hypothese:

(III) Inwieweit zeigt sich Vorstrukturierung in den für die zweite Fragestellung erschlossenen Kategorien der Planungsphase?

H3: In den Reflexionen zeigen sich signifikant mehr geschlossene als offene Elemente in den Kategorien der Planungsphase.

4 Entwicklung des Kodiermanuals

Im folgenden Kapitel werden die Stichprobe, die Vorgehensweise für die Entwicklung des Kodiermanuals und das ausgearbeitete Manual vorgestellt.

4.1 Stichprobe

Die hier untersuchten Reflexionstexte entstanden im Wintersemester 2019/20 im Rahmen des physikdidaktischen Begleitseminars zum Praxissemester. Nach jeder Reflexion erhielten die Studierenden ein Feedback über die Anteile der Reflexionselemente Rahmenbedingungen, Beschreibung, Bewertung, Alternativen und Konsequenzen, das mit einem Algorithmus automatisch erstellt wurde. Ein inhaltliches Feedback wurde nicht gegeben. Nach dem Ausschluss von Texten, die den Unterricht einer anderen Person reflektieren oder sich nicht auf eine Experimentiersituation beziehen, wurden 40 Reflexionen von 14 verschiedenen Praxissemesterstudierenden der Sekundarstufen I und II untersucht.

4.2 Vorgehensweise

Die Texte wurden mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse angelehnt an Mayring (2000) untersucht, wobei das Vorkommen des Experimentierzyklus, die Inhalte der Planungsphase sowie deren Offenheitsgrade in den Blick genommen wurden. Die Reflexionen wurden unabhängig voneinander zum einen in Bezug auf die Reflexionselemente nach dem Modell von Nowak et al. (2018) und zum anderen bezüglich des Experimentierzyklus kodiert. Für das Reflexionsmodell konnte auf eine automatisierte Kodierung durch einen maschinellen Lernalgorithmus zurückgegriffen werden (Wulff et al., 2021). Für die experimentierbezogene Kodierung wurde ein Kodiermanual entwickelt, das auf jeder Ebene verschiedene Forschungsinteressen adressiert: (1) Experimentierzyklus, (2) Experimentplanung und (3) Offenheitsgrade der Planung. Für die Erarbeitung dieses Manuals erwies sich eine Synthese von induktiver Kategorie-Entwicklung und deduktiver Kategorie-Anwendung als hilfreich.

Zuerst wurden die Texte segmentiert. Hierfür wurden Richtlinien für eine Diskurssegmentierung von Stede et al. (2016) für die Reflexionstexte adaptiert. Die Segmentierung erfolgte auf Basis eines festen Regelsatzes, sodass auf die Bestimmung der Beurteiler-Übereinstimmung verzichtet werden konnte. Mithilfe des maschinellen Lernalgorithmus wurden den Segmenten die Reflexionselemente zugeordnet. Für die Auswertung wurden diese Zuordnungen später mit denen des Experimentierzyklus überkreuzt und ausgewertet.

Experimentierzyklus: Die Kategorien für die Ebene des Experimentierzyklus wurden mit einem zufällig gezogenen Text jeder/jedes Studierenden entwickelt. Als Grundlage für die Kategorien diente das Modell des Experimentierzyklus von Nawrath et al. (2011), das auch als Spinnennetz-Modell bekannt ist (Dickmann, 2016; Maiseyenka et al., 2013). Da das Spinnennetz-Modell für die Unterrichts-anwendung und nicht für Reflexionstexte konzipiert wurde, musste das Modell für die Texte adaptiert werden. Bei der Anpassung der Definitionen der Teilkompetenzen musste berücksichtigt werden, anhand welcher Merkmale die Teilkompetenzen in den Reflexionstexten erkennbar sind. Nach der Erarbeitung der Kategorien wurde die Übereinstimmung zweier Kodierer bei einer Stichprobe von fünf zufällig ausgewählten, zuvor noch nicht gesichteten Texten ermittelt. Beide Kodierer waren in das Manual eingearbeitet.

Planungsphase: Die Zuordnungen zur Kategorie „Experiment planen“ auf der Ebene des Experimentierzyklus bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Kategorien der Experimentplanung. Dies geschah explorativ durch Sichtung aller Planungs-Segmente. Da sich die Zahl der zu kategorisierenden Segmente im Vergleich zur Experimentierzyklus-Ebene stark verringerte, wurde die Interrater-Übereinstimmung der Planungs-Ebene für alle Texte ermittelt. Anschließend wurden die Nicht-Übereinstimmungen beider Kodierer verglichen und eine Konsenskodierung der Planungsphasen-Elemente vorgenommen, sodass die Offenheitsgrade kodiert werden konnten.

Offenheitsgrade: Für diese letzte Ebene wurden die Kategorien der Planungs-Ebene betrachtet, für die verschiedene Öffnungsgrade möglich sind. Die Operationalisierung des Offenheitsgrades geschah in Anlehnung an die Aufgabentypen von Kuhn (2010). Für die meisten Planungs-Elemente mussten diese jedoch stark angepasst werden. Nach der Ermittlung des Interrater-Koeffizienten wurde auch hier eine Konsenskodierung vorgenommen.

Aufarbeitung und iterative Kodierung der Reflexionstexte

Stichprobe: 40 Reflexionen von 14 Studierenden

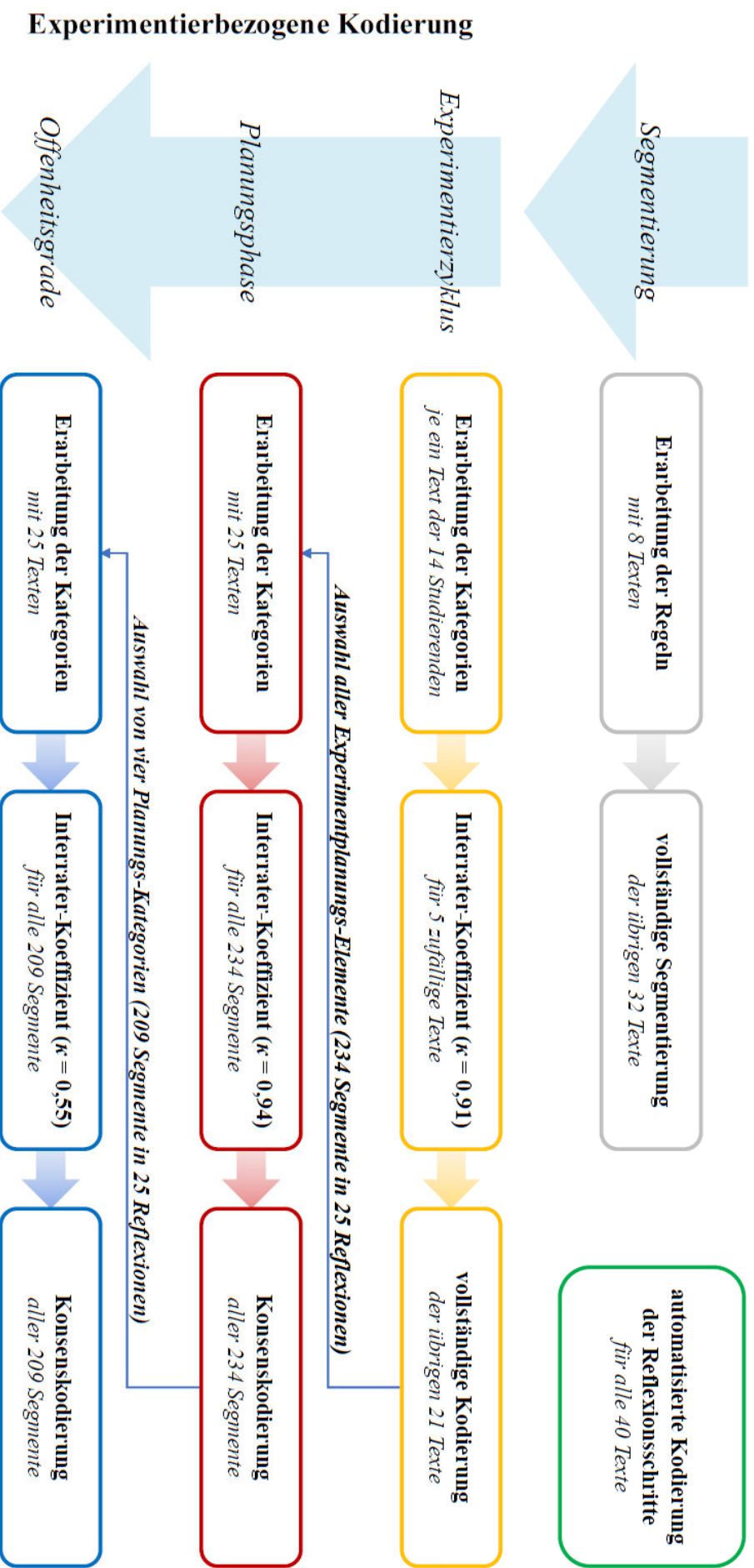


Abbildung 1: Übersicht über den Aufarbeitungs- und Kodierungsprozess der Reflexionstexte

4.3 Kodiermanual

Ausgehend von den analysierten Texten und unter Berücksichtigung der Forschungsfragen wurden für die Untersuchung spezifische Segmentierregeln und experimentier-bezogene Kodiermanuale erstellt. Die wesentlichen Aspekte und Herausforderungen der Segmentierregeln sowie der Manuale bezüglich des Experimentierzyklus, der Planungsphase und der Offenheitsgrade werden im Folgenden dargestellt.

Segmentierregeln: Eine Segmentierung der Reflexionen auf Satzebene wäre zu grob, da ein einzelner Satz unter Umständen mehreren Kategorien des Experimentierzyklus zugeordnet werden kann, wenn dieser aus entsprechenden Teilsätzen besteht. Aus diesem Grund wurde die Entscheidung für eine feinere Segmentierung getroffen, wie sie im Bereich der Text- und Computerlinguistik etabliert ist. Die ausführlichen Segmentierregeln, die sich hauptsächlich an Stede et al. (2016) orientieren, befinden sich in Anhang A. Um Absätze nach der Segmentierung besser unterscheiden zu können und den Originaltext leichter zu rekonstruieren, wird an der Stelle jedes Absatzes das Einfügen einer zusätzlichen Leerzeile verlangt. In einigen Texten werden unter anderem mehrere Lehr- oder Lernziele in einem Satz aufgezählt, die sich teilweise auf verschiedene Teilkompetenzen des Experimentierens beziehen, zum Beispiel „Das Ziel war, dass die SuS den Versuch durchführen und auswerten.“ Daher wurde entschieden, Aufzählungen zu trennen, die sich auf verschiedene Phasen des Experimentierzyklus beziehen oder durch Erweiterung eigenständige Hauptsätze ergeben können. Da Nebensätze oft genauere Erläuterungen enthalten und somit eigene Informationseinheiten sind, wurden auch diese abgetrennt. Hieraus resultiert der Nachteil, dass viele Segmente ohne Betrachtung des Kontextes wenig Sinn ergeben. Um diesem Umstand entgegenzuwirken, wird ein von Einschüben aufgetrennter Hauptsatz nach der Abtrennung des Einschubs wieder zusammengefügt. Wörtlich wiedergegebene Aufgabenstellungen, beispielsweise von Arbeitsblättern, sollten jedoch nicht getrennt werden, da diese eine einzelne Information darstellen. Die Segmentierregeln beruhen vor allem auf orthografischen Regeln und sind somit weitgehend eindeutig. Daher wurden sie nicht mit einem Interrater-Koeffizienten überprüft, da sich Nicht-Übereinstimmungen auf das Übersehen orthografischer Regeln zurückführen ließen.

Experimentierzyklus: Das Ziel dieser Ebene ist die Identifikation der Phasen des Experimentierzyklus in den Reflexionstexten zur Beantwortung der ersten Fragestellung. Als Kodierungseinheit wurde ein Segment festgelegt, welches in seinem inhaltlichen Kontext zu betrachten und genau einer Kategorie zuzuordnen ist. Die Kategorien der Experimentierzyklus-Kodierung sind am Spinnennetz-Modell von Nawrath et al. (2011) orientiert. Bei diesem

Modell handelt es sich um ein theoretisch abgeleitetes Kompetenzmodell des Experimentierens, dass sich in der Unterrichtspraxis gut bewährt hat (Maiseyenko et al., 2013; Nawrath et al., 2011). Das Experimentieren wird von Nawrath et al. (2011) in sieben Teilkompetenzen unterschieden, die voneinander abhängig sind: (1) Fragestellung entwickeln, (2) Vermutung aufstellen / Hypothesen bilden, (3) Experiment planen, (4) Versuch funktionsfähig aufbauen, (5) Beobachten / Messen / Dokumentieren, (6) Daten aufbereiten und (7) Schlüsse ziehen und diskutieren. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Teilkompetenzen sowie eine Unterteilung in jeweils drei Niveaustufen sind bei Nawrath et al. (2011, S. 47–48) nachlesbar. Das Modell eignet sich für Lehrkräfte als wichtige Planungshilfe für Experimentiersituationen und deren Diagnose (Maiseyenko et al., 2013). Die Teilkompetenzen des Spinnennetz-Modells wurden als Kategorien des Manuals übernommen. Tabelle 1 zeigt alle Kategorien dieser Kodierungsebene mit je einem Beispiel aus den Reflexionstexten. Das vollständige Kategoriensystem mit Definitionen, weiteren Ankerbeispielen aus den Reflexionen und wichtigen Kodierungsregeln befindet sich in Anhang B.

Tabelle 1: Kategorien der Experimentierzyklus-Kodierung mit je einem Beispiel

Kategorie	Beispiel
Fragestellung entwickeln	„Im Anschluss wurde mit der Frage, ob sich nur Feststoffe beim Erhitzen ausdehnen, in das Hauptthema der Stunde eingeleitet.“
Vermutungen aufstellen / Hypothesen bilden	„Die SuS sollten sich über diesen Sachverhalt Gedanken machen und eine begründete Hypothese aufschreiben.“
Experiment planen	„Beim Schülerexperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...]“
Versuch funktionsfähig aufbauen	„Dieses Experiment wurde entgegen der Arbeitsanweisung von den Schülern teilweise umgebaut.“
Beobachten / Messen / Dokumentieren	„Ich ließ den Ballon auf und ließ das Auto losfahren. Die SuS beobachteten [...]“
Daten aufbereiten	„Daraus sollte die entsprechende Gitterkonstante der Graphitfolie bestimmt werden.“
Schlüsse ziehen / diskutieren	„Die leistungsstarken SuS [...] haben die Lenzsche Regel sehr schnell in ihre Deutung einbringen können, [...]“
Nicht auf Teilkompetenzen des Experimentierzyklus bezogen	„Der Beginn des Experimentes erfolgte leicht verspätet.“

Da in den Reflexionstexten auch Aspekte des allgemeinen Unterrichtskontextes und in einigen Fällen fast vollständige Stundenverläufe beschrieben sind, wurde eine achte Kategorie

„Nicht auf Teilkompetenzen des Experimentierzyklus bezogen“ (kurz: „keine Teilkompetenz des EZ“) ergänzt. Alle Reflexionsschritte wurden der Kategorie zugeordnet, auf die sich beziehen. Problematisch gestaltete sich der Umgang mit allgemein gehaltenen Verwendungen der Begriffe „Experimentieren“ und „Protokoll“. Häufig ist auch aus dem Zusammenhang nicht klar, ob die Praxissemesterstudierenden mit dem Begriff „Experimentieren“ nur die Durchführung meinen oder bereits den funktionsfähigen Aufbau oder weitere Teilkompetenzen einschließen. Zudem wird bei dieser allgemeinen Formulierung nicht deutlich, inwiefern hier bewusst Prozesse des Messens, Beobachtens und Dokumentierens reflektiert werden. Bei Protokollen stellt sich ein ähnliches Problem dar, da diese von der Entwicklung der Fragestellung bis zur Diskussion der Ergebnisse prinzipiell alle Schritte des Experimentierzyklus enthalten können. In vielen Fällen gehen die Studierenden jedoch nicht darauf ein, welche Aspekte die Protokolle enthalten sollen beziehungsweise was protokolliert wurde. Daher wurden unspezifische Erwähnungen von Protokollen oder des Experimentierens ebenfalls der Kategorie „Keine Teilkompetenz des EZ“ zugeordnet. Lehr- und Lernziele zählen zu der entsprechenden Kategorie, auf die sich die Ziele beziehen. Sie können so bei einer Differenzierung innerhalb der Phasen betrachtet werden, die im Rahmen dieser Arbeit für die Planungs-Ebene vorgenommen wird. Des Weiteren ist die Unterscheidung zwischen intendierten Verläufen und stattgefundenen Handlungen wichtig. Die teilweise konkreten Anweisungen in den Texten, was die Lernenden in den einzelnen Phasen machen sollen oder was zu deren Unterstützung geschehen soll, verdeutlichen von der Lehrkraft ausgehende Planungen des Experimentierprozesses. Diese wurden daher der Kategorie „Experiment planen“ zugeordnet. Die allgemeine Unterrichtsplanung ist jedoch keine Experimentplanung, da nur Phasen des Unterrichts den sieben Teilkompetenzen zugeordnet werden. Die Beschreibungen der tatsächlich stattgefundenen (und nicht nur intendierten) Handlungen zählen in die Kategorien, auf die Bezug genommen wird.

Zur Prüfung der Intercoder-Reliabilität wurde Cohens Kappa ermittelt. Bei der Kodierung des Experimentierzyklus von fünf zufällig ausgewählten, zuvor noch nicht untersuchten Texten, zeigte sich eine fast vollkommene Übereinstimmung² zwischen zwei Kodierern ($\kappa = 0,91$).

Planungsphase: Die Kodierung der Planungsphase erfolgte im Hinblick auf das Ziel, herauszufinden, welche Aspekte die Studierenden in ihren Reflexionen bei der

² Landis und Koch (1977) bewerten $0,81 \leq \kappa \leq 1,00$ als fast vollkommene Übereinstimmung, $0,61 \leq \kappa \leq 0,80$ als beachtliche Übereinstimmung und $0,41 \leq \kappa \leq 0,60$ als moderate Übereinstimmung.

Experimentplanung schildern. Mithilfe dieser Einteilung soll die zweite Fragestellung beantwortet werden. Die Basis bildeten alle Elemente, die auf der Experimentierzyklus-Ebene der Kategorie „Experiment planen“ zugeordnet wurden. Als Kodierungseinheit wurde ein Segment festgelegt, das in seinem inhaltlichen Kontext zu betrachten ist. Mehrfachkodierungen wurden nicht zugelassen. Da bisherige Studien keine Hinweise lieferten, welche Aspekte in der Reflexion der Planungsphase erwartbar sind, wurden die Kategorien durch eine Sichtung aller Planungs-Elemente erschlossen. Dabei stellte sich heraus, dass sich die vorkommenden Aspekte der Planungsphase in folgende Kategorien einteilen lassen: (1) Arbeitsaufträge, (2) Arbeitsphasen der Lernenden, (3) Materialbereitstellungen, (4) Präsentationen der Lehrkraft, (5) Unterrichtsgespräche und (6) Zusammenfassungen. Da die Texte keine Lehr- und Lernziele für die Planung enthielten, gibt es keine Kategorie für diese Ziele im Manual. Alle Reflexionsschritte wurden wieder der Kategorie zugeordnet, auf die sich beziehen. In Tabelle 2 befinden sich alle Kategorien mit je einem Beispiel. Das vollständige entwickelte Manual mit Definitionen der Kategorien, Ankerbeispielen und Kodierungsregeln befindet sich in Anhang C.

Tabelle 2: Kategorien der Kodierung der Experimentplanung mit je einem Beispiel

Kategorie	Beispiel
Arbeitsaufträge	„Danach gab ich die Anweisung den ersten Schaltkreis zu bauen, [...]“
Arbeitsphasen der Lernenden	„Beim Schülerexperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...]“
Materialbereitstellungen	„Die Materialien lagen auf einem separaten fahrbaren Experimentier-wagen und wurden von mir den einzelnen Gruppen zugeordnet.“
Präsentationen der Lehrkraft	„Bei diesem Experiment habe ich nochmals explizit auf die Gefahren beim Arbeiten mit Hochspannung hingewiesen.“
Unterrichtsgespräche	„Im Unterrichtsgespräch wurde daraufhin erfragt, was ich nun tun könne, um diese Blattfeder möglichst stark auszulenken.“
Zusammenfassungen	„Durch die Vorbereitung des Experimentes könnte in der Folgestunde dann das Experiment problemarm durchgeführt werden.“

Zur Prüfung der Reliabilität wurde die Interrater-Übereinstimmung für alle Elemente dieser Kodierungsebene bestimmt. Hier zeigte sich eine ebenfalls eine fast vollkommene Übereinstimmung ($\kappa = 0,94$).

Offenheitsgrade: Das Ziel dieser Ebene ist die Unterscheidung der Elemente der Planungs-Kategorien bezüglich ihrer Offenheit beziehungsweise Vorstrukturierung, um die dritte Fragestellung zu beantworten. Die Kodierungen der Planungsphase waren die Grundlage für die Entwicklung des Manuals. Als Kodierungseinheit wurde weiterhin ein Segment festgelegt. Die Aufgabentypen von Kuhn (2010) dienten als grobe Vorlage der Kategorien. Für die Arbeitsaufträge konnten sie fast direkt übertragen werden. Da die Reflexionstexte nicht genügend Details für eine differenziertere Analyse lieferten, wurde die Ausprägung des Offenheitsgrades jedoch nur in zwei Stufen unterteilt. Die Aufgabentypen „offen“ und „halboffen“ nach Kuhn (2010) wurden zur Kategorie „Offen“ zusammengefasst, während „geschlossene“ Aufgaben die Kategorie „Geschlossen“ bildeten. Es waren nur kleine Ergänzungen um Aufträge wie das Lesen eines Buchabschnittes nötig. Für die anderen Kategorien der Planungsphase eigneten sich die Kriterien der Aufgabentypen nicht als Definitions-Merkmale. Für Arbeitsphasen der Lernenden, Materialbereitstellung und Unterrichtsgespräche wurden die Definitionen von offenen und geschlossenen Elementen daher entsprechend angepasst. Eine genauere Betrachtung der Präsentationen der Lehrperson entfiel, da diese im Stil eines Lehrervortrags immer starke Vorstrukturierung implizieren. Zudem wurden die Zusammenfassungen nicht weiter untersucht, da deren Unterscheidung nach Offenheitsgraden nicht sinnvoll erschien. Des Weiteren zeigte sich, dass die Studierenden viele Aspekte in ihren Reflexionstexten derart undetailliert erwähnen, dass keine Entscheidung über den Offenheitsgrad getroffen werden kann. Daher wurde jeweils die Kategorie „Unklar“ ergänzt. Die Kategorien mit je einem Beispiel sind in Tabelle 3 dargestellt. Das vollständige Kategoriensystem mit allen Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierungsregeln befindet sich in Anhang D.

Tabelle 3: Kategorien der Kodierung der Offenheitsgrade mit je einem Beispiel

Kategorie	Beispiel
Offene Arbeitsaufträge	„Dabei war der Arbeitsauftrag der SchülerInnen, die Flüssigkeiten in den Säulen zu Beobachten.“
Geschlossene Arbeitsaufträge	„Danach gab ich die Anweisung den ersten Schaltkreis zu bauen, der dem Schaltplan entspricht, welcher sich an der Tafel befindet.“
Unklare Arbeitsaufträge	„Auf diesem Bogen war ein Arbeitsauftrag vermerkt, der auch nochmals erläutert wurde.“
Offene Arbeitsphasen der Lernenden	„Beim Schülerexperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...].“

Geschlossene Arbeitsphasen der Lernenden	„[Der Versuchsaufbau wurde] in den Hefter übernommen.“
Unklare Arbeitsphasen der Lernenden	„Am Ende hatten aber alle Schüler die Vorbereitung zufriedenstellend absolviert.“
Offene Materialbereitstellungen	„Dazu lagen auf dem Lehrertisch einige Hilfekarten bereit.“
Geschlossene Materialbereitstellungen	„Die Materialien lagen auf einem separaten fahrbaren Experimentier-wagen und wurden von mir den einzelnen Gruppen zugeordnet.“
Unklare Materialbereitstellungen	„Für das Experiment war ein Arbeitsblatt vorgesehen, welches die SuS die gesamte Unterrichtsstunde lang anleiten sollte.“
Offene Unterrichtsgespräche	Offene Unterrichtsgespräche kamen nicht in den Texten vor.
Geschlossene Unterrichtsgespräche	„[...] Nachdem sich alle SuS um den Lehrertisch versammelt hatten, stellte ich gezielte Fragen. Z. B., wie es denn gelingen könnte die negativen Ladungsträger [...] fließen zu lassen. Einige Schüler meldeten sich und meinten, dass es einer Verbindung bedarf. Ich hakte nach, was es denn für eine Verbindung sein könnte. [...]“
Unklare Unterrichtsgespräche	„Zusätzlich wurde der Versuchsaufbau besprochen [...].“

Für die Kodierung aller Offenheitsgrade betrug die Interrater-Reliabilität $\kappa = 0,55$ und nahm für die einzelnen Kategorien folgende Werte an: Arbeitsaufträge ($\kappa = 0,36$), Arbeitsphasen der Lernenden ($\kappa = 0,49$), Materialbereitstellungen ($\kappa = 0,46$), Unterrichtsgespräche ($\kappa = 0,87$). Für die Auswertung wurde daher eine Konsenskodierung vorgenommen. Die konträr kodierten Segmente, bei denen eine Person auf „Offen“ und eine auf „Geschlossen“ entschied, wurden diskutiert und eine Konsensentscheidung über den Offenheitsgrad getroffen. Wenn einer der beiden Kodierer einem Segment die Kategorie „Unklar“ zuordnete, wurde diese Kodierung übernommen.

5 Ergebnisse

5.1 Experimentierzyklus in den Reflexionen

Alle Phasen des Experimentierzyklus (kurz: EZ) konnten in den 40 Reflexionstexten der Praxissemesterstudierenden identifiziert werden. Jedoch stellten sich deutliche Unterschiede heraus, wie häufig die Teilkompetenzen auftreten. Abbildung 2 zeigt die Anzahl der Texte, die mindestens ein Segment der jeweiligen Kategorie des Experimentierzyklus enthalten.

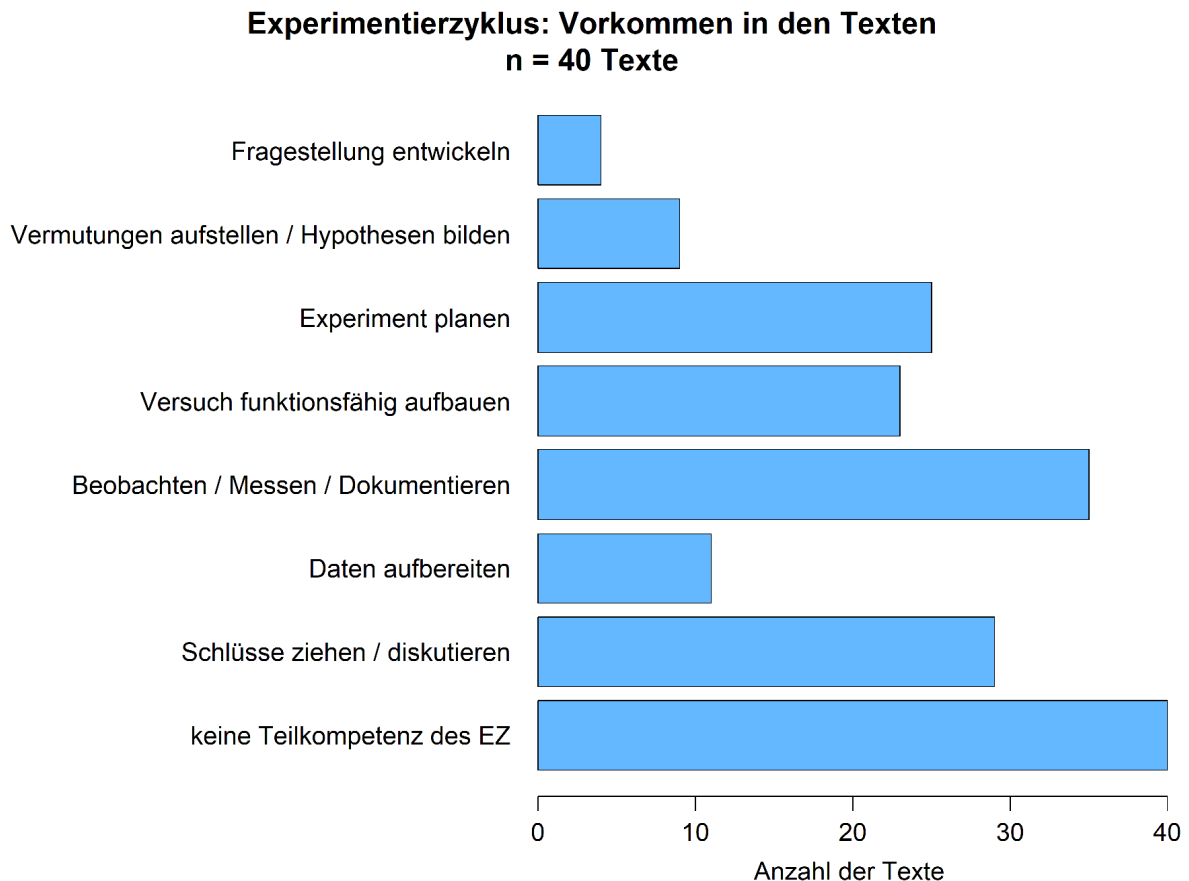


Abbildung 2: Anzahl der Texte, in denen mindestens ein Segment der jeweiligen Experimentierzyklus-Kategorie vorkommt

Es stellte sich heraus, dass in allen Texten Inhalte vorkamen, die keiner Teilkompetenz des Experimentierzyklus zugeordnet werden können. Auf die Phase „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ wird in nur fünf Texten kein Bezug genommen. Über das Diskutieren und Ziehen von Schlüssen wird in fast 75% der Texte geschrieben, während auch die Kategorien „Experiment planen“ und „Versuch funktionsfähig aufbauen“ in mehr als der Hälfte der Reflexionen vorkommen. Gleichzeitig wurde deutlich, dass die Entwicklung der Fragestellung, die Hypothesenbildung und die Datenaufbereitung in nur wenigen Reflexionstexten thematisiert werden.

Die Betrachtung aller Segmente und deren Kodierungen zeigt, wie stark die Kategorie „Keine Teilkompetenz des Experimentierzyklus“ die Reflexionen dominiert. Rund 60% der Segmente zählen in diese Kategorie (siehe Abb. 3). Neben dem Unterrichtskontext, der nicht zum Experimentierprozess gehört, ließen sich zwei weitere typische Inhaltsmuster beobachten, die keiner Teilkompetenz zugeordnet werden konnten: Einerseits fokussieren die Studierenden häufig nicht nur die Experimentiersituation, sondern schildern auch allgemeinere Aspekte wie Begrüßung, Organisatorisches und ähnliches. Des Weiteren verwendeten sie „Protokolle“ und „Experimentieren“ oft unspezifisch. Hier ist ein Bezug zum Experimentierprozess als Ganzes zwar offensichtlich, es bleibt jedoch unklar, mit welchen Teilkompetenzen die Studierenden diese Begriffe verbinden, wie in Kapitel 4.3 bereits ausführlicher erläutert wurde. Die einzelnen Phasen des Experimentierzyklus machten bei den Segmenten jeweils einen Anteil von etwa 10% oder weniger aus. Die Betrachtung der Segmentanzahl bestätigt, dass Entwicklung der Fragestellung (0,6%), Hypothesenbildung (2,0%) und Datenaufbereitung (2,5%) kaum reflektiert werden. Durchführung (11,5%), Diskussion (9,6%) und Planung (9,3%) sind mit ähnlichen Anteilen die am häufigsten thematisierten Teilkompetenzen.

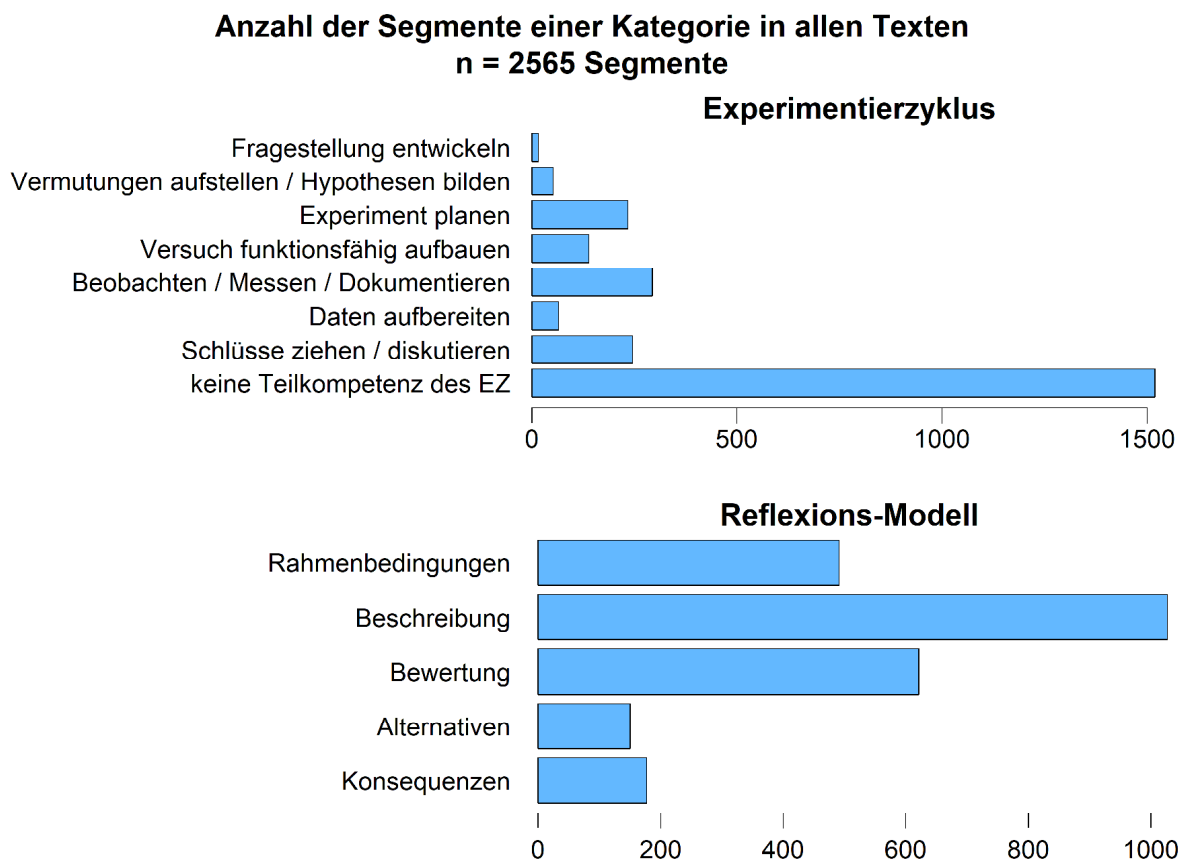


Abbildung 3: Anzahl der Segmente für Experimentierzyklus und Reflexionsschritte

Für die Reflexionsschritte stellte sich heraus, dass die angehenden Lehrkräfte in den Texten überwiegend beschreibend und bewertend schreiben (siehe Abb. 3). Die Beschreibungen machten 42% der Segmente aus, die Rahmenbedingungen 20% und die Bewertungen 25%. Der Anteil an Konsequenzen (7%) und Alternativen (6%) ist hingegen sehr gering.

In einer Studie fanden Tesch und Duit (2004) heraus, dass 12,5% der Zeit des Experimentierens im Unterricht für die Vorbereitung aufgewendet werden und jeweils 43,75% für Umsetzung und Auswertung. Die Vorbereitung beinhaltet von den Kompetenzen des Spinnennetz-Modells die Fragenentwicklung, die Hypothesenbildung und die Experimentplanung. Die Umsetzung umfasst Aufbau und Durchführung, während Datenaufbereitung und Diskussion zur Auswertung zählen. Ein χ^2 -Anpassungstest zeigte, dass sich die Verteilung der entsprechend zusammengefassten Teilkompetenzen in den Reflexionstexten signifikant von den eben beschriebenen Unterrichtsanteilen beim Experimentieren unterscheidet ($p < 0,001$).

Auch wenn die große Mehrheit der Textinhalte zu keiner Teilkompetenz des Experimentierzyklus gehört, wird diese Kategorie für die weitere Darstellung der Ergebnisse nicht mehr betrachtet, da der Fokus der Studie auf den Teilkompetenzen des Experimentierprozesses liegt.

Weiterhin wurden die Reflexionsschritte für die einzelnen Teilkompetenzen des Experimentierens differenziert untersucht. In Abbildung 4 ist deutlich zu sehen, dass alle Kategorien von Beschreibungen dominiert werden. Diese machen jeweils mindestens die Hälfte der Segmente jeder Teilkompetenz aus, wobei die Anteile zwischen 47% und 90% liegen. Das Vorkommen von Rahmenbedingungen, Bewertungen, Alternativen und Konsequenzen variiert noch stärker. So werden überhaupt keine Konsequenzen für die Entwicklung der Fragestellung und die Hypothesenbildung formuliert, während Alternativen und Konsequenzen am ehesten für den Versuchsaufbau und die Auswertung betrachtet werden.

Experimentierzyklus: Relative Verteilung der Reflexionsmodell-Schritte

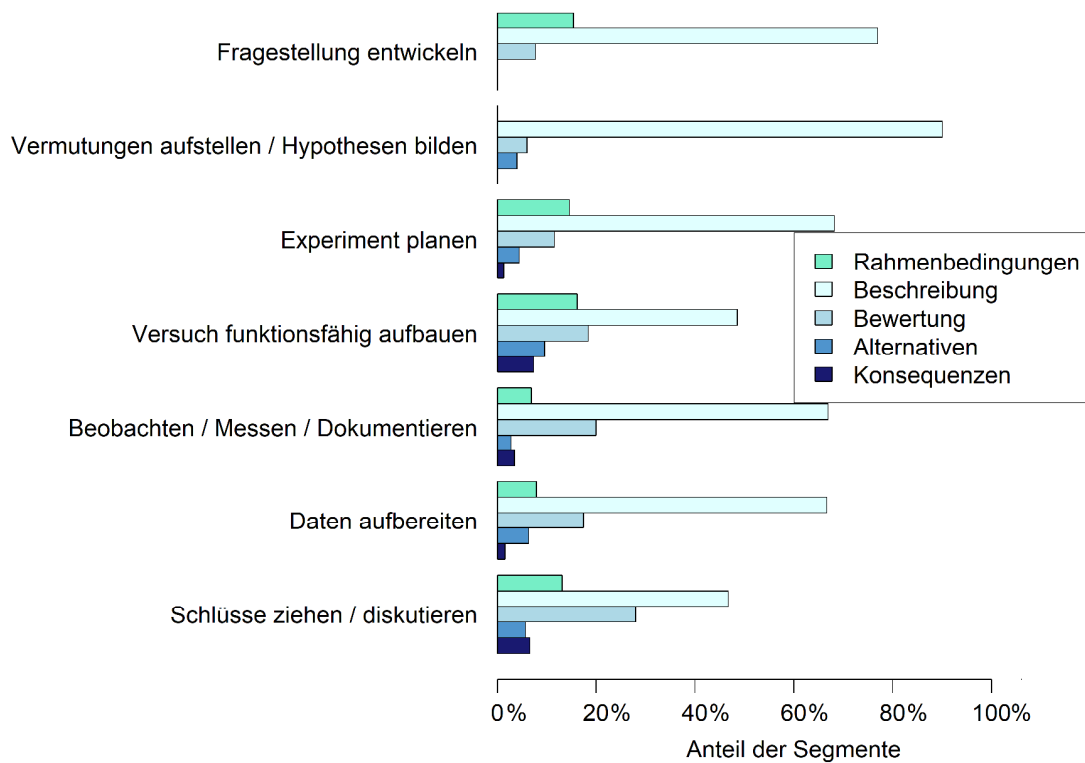


Abbildung 4: Prozentuale Verteilung der Reflexionsschritte in jeder Teilkompetenz des Experimentierens

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Verhältnisse sind in Abbildung 5 die relativen Abweichungen zum mittleren Anteil der Reflexionsschritte in allen Kategorien dargestellt. Der mittlere Anteil eines Reflexionsschritts ergibt sich aus dem Durchschnitt seiner Prozentsätze in den sieben Kategorien. Die jeweiligen Differenzen zu diesem Durchschnittswert wurden dann ins Verhältnis zum mittleren Anteil gesetzt. Eine Abweichung von Null bedeutet also, dass der Anteil eines Reflexionsschritts genau dem Durchschnittswert entspricht. Liegt eine Abweichung von Eins vor, ist der Anteil des Reflexionselements für diese Teilkompetenz doppelt so groß wie im Mittel aller Phasen. Eine Abweichung von Minuseins signalisiert, dass der Reflexionsschritt in der entsprechenden Kategorie gar nicht auftritt.

Experimentierzyklus: relative Abweichungen der Reflexionsmodell-Schritte

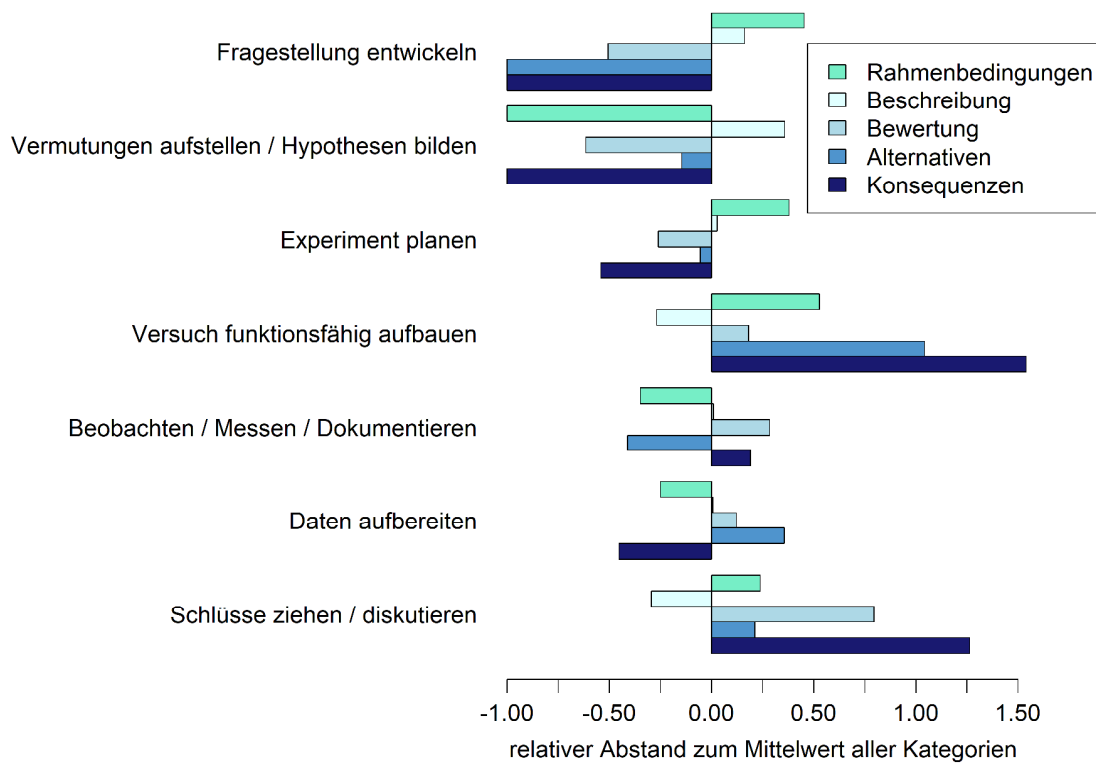


Abbildung 5: relative Abweichungen zum mittleren Anteil der Reflexionsschritte in allen Teilkompetenzen

Somit verdeutlicht Abbildung 5, dass für die Entwicklung von Fragestellungen keine Alternativen und Konsequenzen dargestellt werden. Ebenso wird nochmals ersichtlich, dass auch für die Hypothesenbildung keine Konsequenzen gezogen werden. Des Weiteren zeigt sich für beide Kompetenzen ein deutlich unterdurchschnittlicher Anteil an Bewertungen. Folglich erweisen sich diese beiden Kategorien als diejenigen mit dem größten Beschreibungsanteil. Auch für Experimentplanung und Datenaufbereitung kommen vergleichsweise wenige Konsequenzen vor. Für das Aufbauen des Versuchs und die Diskussion werden mehr als doppelt so viele Konsequenzen gezogen wie im Durchschnitt. Zudem weisen die Reflexionen zum Versuchsaufbau etwa doppelt so viele Alternativen auf wie der Durchschnitt. Weiterhin wird nur das Diskutieren und Ziehen von Schlüssen überdurchschnittlich häufig bewertet. Diese Betrachtungen sollten jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Praxissemesterstudierenden in allen Kategorien überwiegend beschreiben und allgemein kaum Alternativen und Konsequenzen diskutieren.

Zum Vorkommen des Experimentierzyklus wurde abschließend für jede Teilkompetenz analysiert, wie viele Segmente ihr in jedem Reflexionstext angehören. Abbildung 6 stellt die Verteilung der Segmenthäufigkeiten dar.

Experimentierzyklus: Segmenthäufigkeiten pro Text

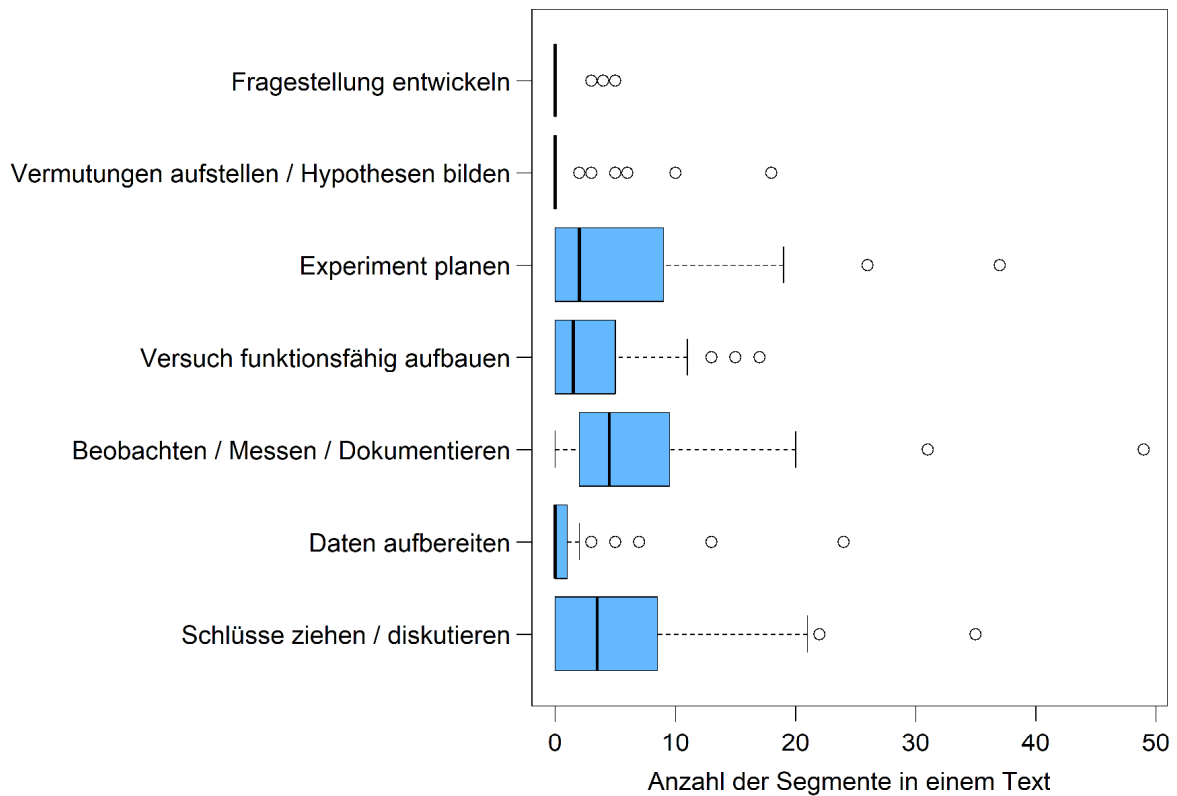


Abbildung 6: Verteilung der Segmenthäufigkeiten pro Text für die Phasen des Spinnennetz-Modells

Es ist ersichtlich, dass die Häufigkeit der einzelnen Teilkompetenzen in den Texten stark variiert. Bei allen Teilkompetenzen ist jedoch ersichtlich, dass das dritte Quartil der Verteilung unterhalb von zehn Segmenten liegt. Ausführliche Betrachtungen einer Experimentierphase sind also eher selten. Auch in dieser Abbildung wird noch einmal deutlich, wie selten Fragenentwicklung, Hypothesenbildung und Datenaufbereitung thematisiert werden, da deren dritte Quartile noch bei null oder nur knapp darüber liegen und eher vereinzelte Texte auf diese Phasen eingehen. Eine Analyse mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors-Tests zeigte, dass die Anzahl der Segmente pro Text für keine der Kategorien normalverteilt ist (jeweils $p < 0,001$).

Hypothesenbildung und Entwicklung der Fragestellung sind eng miteinander verbunden und zu beiden Teilkompetenzen treten sehr selten Bezüge auf. Für die folgende statistische Analyse wurden daher die Anzahlen der Segmente beider Kategorien in jedem Text addiert. Mithilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurde abgesichert, dass Hypothesenbildung und Fragestellung im Durchschnitt signifikant³ seltener in den Reflexionstexten der

³ Das Bonferroni-korrigierte Signifikanz-Niveau für die Vergleiche der einzelnen Phasen beträgt $\alpha = 0,01$.

Studierenden vorkommen als Planung der Experimente ($p = 0,003$; $r = -0,33$)⁴, funktionsfähiges Aufbauen ($p = 0,004$; $r = -0,32$), Beobachtung, Messung und Dokumentation ($p < 0,001$; $r = -0,46$) sowie Schlüsse ziehen und diskutieren ($p < 0,001$; $r = -0,46$). Lediglich zur mittleren Häufigkeit der Datenaufbereitung war in den Reflexionen kein statistisch signifikanter Unterschied festzustellen ($p = 0,868$). Des Weiteren wurde die Planungsphase im Mittel signifikant häufiger betrachtet als die Datenaufbereitung ($p = 0,001$; $r = 0,36$). Gegenüber Versuchsaufbau ($p = 0,158$), Durchführung ($p = 0,314$) und Diskussion ($p = 0,777$) zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied. In diesem Zusammenhang sollte trotzdem beachtet werden, dass alle Teilkompetenzen des Experimentierzyklus zusammengenommen seltener in den Reflexionen vorkommen als Segmente, die keiner Teilkompetenz zugehörig sind ($p = 0,016$; $r = -0,27$).

5.2 Inhalt der Planungsphasen

Die Planungsphase trat mit 234 Segmenten in 25 Texten auf. Eine differenziertere Analyse der reflektierten Inhalte kann einen Aufschluss über die Qualität der Reflexionen zur Experimentplanung geben.

Ein geringer Anteil der Planungssegmente (3%) sind eher allgemein gehaltene Zusammenfassungen. Fast alle Inhalte ließen sich den Kategorien Arbeitsaufträge, Arbeitsphasen der Lernenden, Materialbereitstellungen, Präsentationen der Lehrkraft und Unterrichtsgespräche zuordnen. Es fiel auf, dass die Studierenden in den untersuchten Reflexionen keine Lehr- oder Lernziele zur Planung von Experimenten formulierten. Den größten Teil der Planungsphase machen Arbeitsaufträge aus – sowohl in der Segmentzahl (31%) als auch in der Anzahl der Texte, die mindestens ein Segment der entsprechenden Kategorien enthalten. Arbeitsaufträge sind Bestandteil von etwa einem Dreiviertel der Texte, die die Planungsphase reflektieren. Alle anderen Kategorien treten in weniger als der Hälfte der Reflexionen mit Bezug zur Experimentplanung auf. Für Materialbereitstellung, Arbeitsphasen der Lernenden und Unterrichtsgespräche zeigten sich in der Segmentzahl noch ein relativ häufiges Vorkommen (15% bis 25%). Präsentationen der Lehrkraft spielen wie die Zusammenfassungen eine eher untergeordnete Rolle. Die Gesamtzahl der zugeordneten Segmente und die Anzahl der Texte, in denen mindestens ein Segment der jeweiligen Kategorie vorkommt, sind in Abbildung 7 dargestellt.

⁴ Gignac und Szodorai (2016) interpretieren $r = 0,1$ als kleine, $r = 0,2$ als mittlere und $r = 0,3$ als große Effektstärke.

Planungsphase: Vorkommen der Kategorien

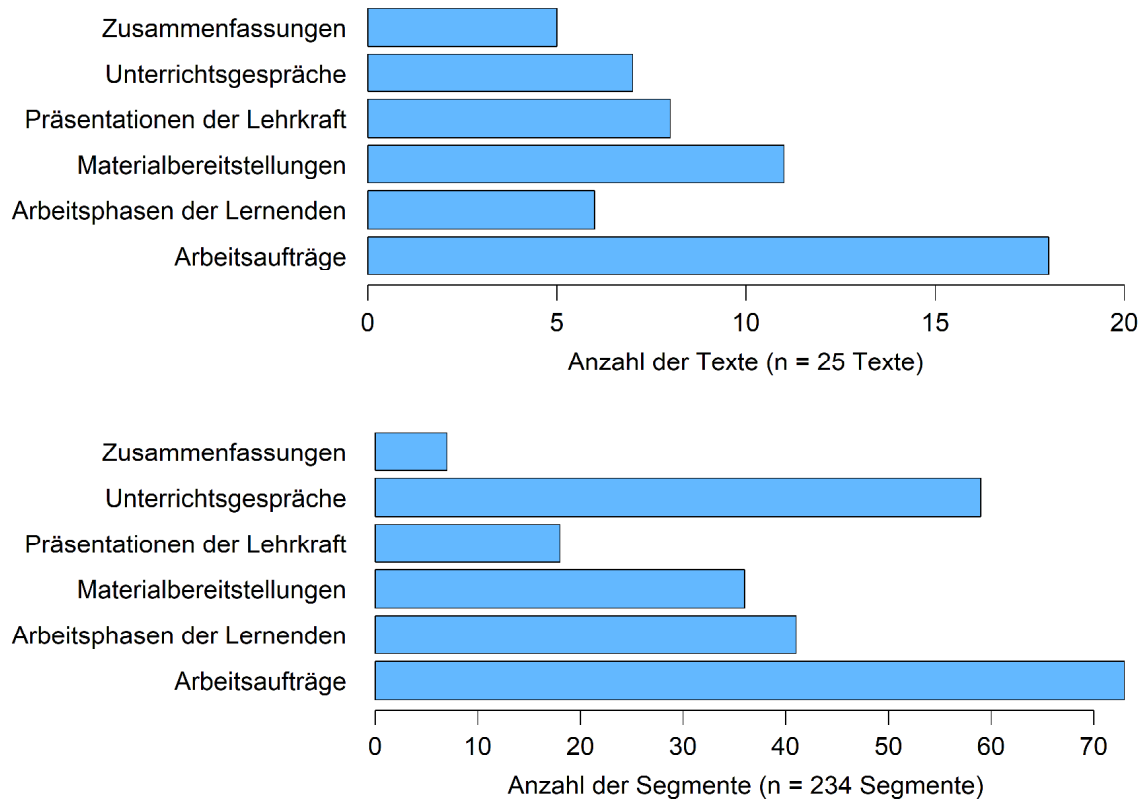


Abbildung 7: Anzahl der Texte und Segmente für die Aspekte der Planungsphase

Für die Unterrichtsgespräche und die Arbeitsphasen der Lernenden zeigt sich ein kleines Paradox: Obwohl diese Kategorien in weniger Texten als die Materialbereitstellungen und die Präsentationen der Lehrkraft enthalten sind, liegen bei den Segmenten umgekehrte Verhältnisse vor. Das zeigt, dass Arbeitsphasen und Unterrichtsgespräche tendenziell ausführlicher thematisiert wurden, sofern sie in einer Reflexion vorkamen, was jeweils nur in etwa einem Viertel der Texte der Fall war. Die Praxissemesterstudierenden schildern insgesamt also selten Arbeitsphasen der Lernenden - den Teil, in dem die (aktive) Experimentplanung durch die Lernenden stattfindet.

Die Analyse der Segmenthäufigkeiten pro Text gibt einen genaueren Aufschluss darüber, wie die reflektierten Inhalte der Experimentplanung in den Texten vorkommen. Diese Verteilung ist in Abbildung 8 veranschaulicht. Besonders auffällig ist, dass mehr als die Hälfte der Segmente zu Unterrichtsgesprächen aus einem Reflexionstext stammen, in dem ein Unterrichtsgespräch besonders ausführlich beschrieben wurde. Ansonsten wurden die einzelnen Teilbereiche der Planungsphase so gut wie nie mit mehr als zehn Segmenten thematisiert. Allgemein weisen die dritten Quartile aller Kategorien darauf hin, dass ein Aspekt sogar eher selten mit mehr als drei Segmenten in einer Reflexion erwähnt wird. Weiterhin

wiesen die Arbeitsaufträge den einzigen von Null verschiedenen und somit größten Median auf, was deren vergleichsweise häufiges Vorkommen in den Reflexionen nochmals herausstellt.

Planungsphase: Segmenthäufigkeiten pro Text

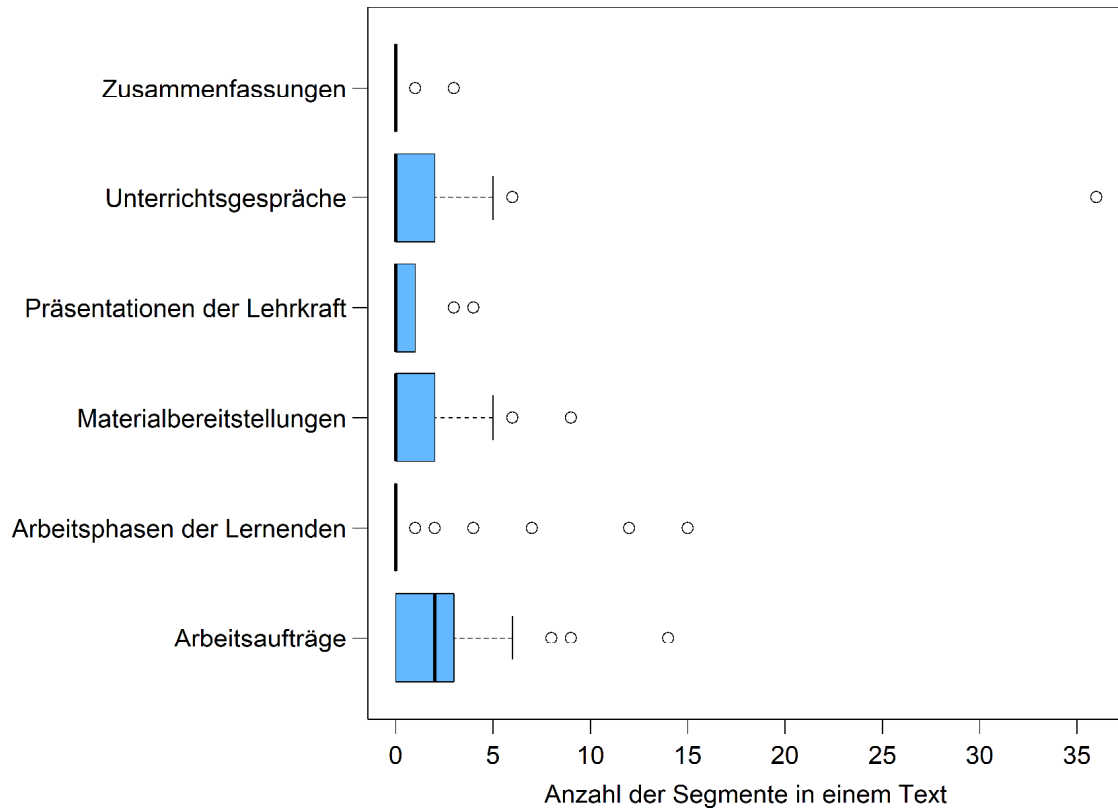


Abbildung 8: Verteilung der Segmenthäufigkeiten pro Text für die Aspekte der Experimentplanung

Durch den Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors-Test stellte sich heraus, dass die Segmentzahlen pro Text in keiner der sechs Kategorien normalverteilt sind (jeweils $p < 0,001$). Die Durchführung des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests ergab, dass Arbeitsaufträge im Mittel signifikant⁵ häufiger vorkommen als Zusammenfassungen und Präsentationen der Lehrkraft. Dabei zeigten sich große Effektstärken (siehe Tabelle 4). Für das häufigere Vorkommen gegenüber Arbeitsphasen der Lernenden, Materialbereitstellungen und Unterrichtsgesprächen ergaben sich nur marginale Signifikanzen, sodass diese Aussagen nicht statistisch abgesichert werden konnten.

⁵ Das Bonferroni-korrigierte Signifikanz-Niveau für die Vergleiche mit den anderen Kategorien beträgt $\alpha = 0,01$.

Tabelle 4: *p*-Werte und Effektstärken für das häufigere Vorkommen von Arbeitsaufträgen in den Reflexionen. Das Signifikanz-Niveau beträgt aufgrund der Bonferroni-Korrektur $\alpha = 0,01$.

Arbeitsaufträge treten häufiger als ...	<i>p</i>	<i>r</i>
Arbeitsphasen der Lernenden	0,023	-0,32
Materialbereitstellungen	0,023	-0,32
Präsentationen der Lehrkraft	0,001	-0,46
Unterrichtsgespräche	0,035	-0,30
Zusammenfassungen	< 0,001	-0,49

Für die Inhalte der Planungsphase offenbart die Analyse der Reflexionsschritte eine deutliche Heterogenität zwischen den Teilbereichen (siehe Abb. 9). Die Anteile der Reflexionsschritte sind in den einzelnen Kategorien sehr unterschiedlich. Da die Zusammenfassungen nur sieben Segmente beinhalten, werden deren Reflexionsschritte im Folgenden nicht mit den anderen Kategorien verglichen. Der Vollständigkeit halber sind sie in den Diagrammen trotzdem mit dargestellt.

Planungsphase: Relative Verteilung der Reflexionsmodell-Schritte

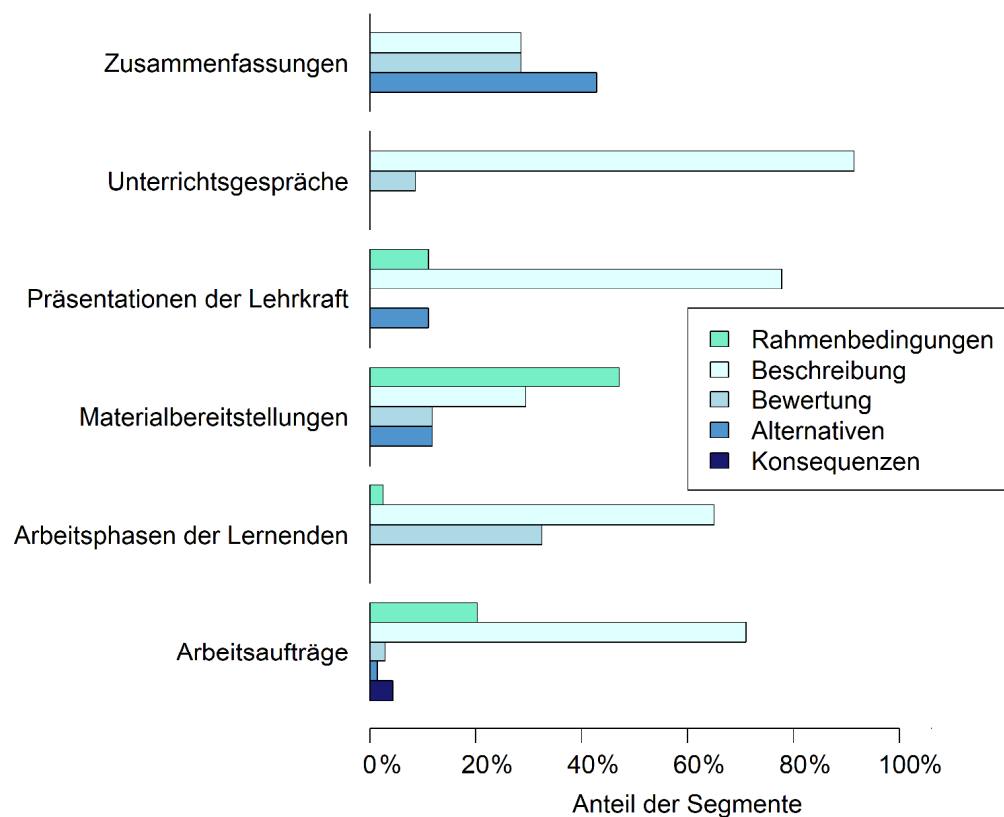


Abbildung 9: Prozentuale Verteilung der Reflexionsschritte in jeder Kategorie der Experimentplanung

Bevor auf die Unterschiede eingegangen wird, sei die Gemeinsamkeit erwähnt, dass Unterrichtsgespräche, Präsentationen der Lehrkraft, Arbeitsphasen der Lernenden und Arbeitsaufträge überwiegend aus Beschreibungen bestehen. Die Materialbereitstellungen werden hauptsächlich in den Rahmenbedingungen geschildert, die ebenfalls einen beschreibenden Charakter haben. Nimmt man die trotzdem nicht zu vernachlässigenden Beschreibungen hinzu, ist auch diese Kategorie der Planungs-Ebene vor allem von beschreibenden Elementen geprägt. Die Summe aus Rahmenbedingungen und Beschreibungen ergibt für die Teilbereiche folgende Anteile beschreibender Elemente: Unterrichtsgespräche (91%), Arbeitsaufträge (91%), Präsentationen der Lehrkraft (89%), Materialbereitstellung (76%), Arbeitsphasen der Lernenden (68%).

Des Weiteren wird eine Reihe von Unterschieden deutlich: Konsequenzen werden ausschließlich für Arbeitsaufträge gezogen und treten auch dort sehr selten auf (4%). Angesichts des insgesamt geringen Anteils an Konsequenzen in der Planungsphase, was sich bereits in den Untersuchungen der Experimentierzyklus-Ebene zeigte, ist dies nicht besonders überraschend. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Arbeitsphasen der Lernenden noch am ehesten bewertet werden (32%), wobei zu bemängeln ist, dass die Studierenden hieraus keine Alternativen und Konsequenzen ableiten. Die größten Anteile an Alternativen befinden sich bei den Präsentationen der Lehrkraft (11%) und den Materialbereitstellungen (12%). Jedoch fehlen für die Präsentation sämtliche Bewertungen, auf die die Alternativen eigentlich aufbauen sollten. Zudem werden aus den Alternativen in beiden Fällen keine Konsequenzen gezogen. Bezüglich dieser Punkte bleibt zu beachten, dass die nicht-beschreibenden Anteile in allen Kategorien sehr gering ausgeprägt sind. Die einzige Ausnahme sind die Bewertungen der Arbeitsphasen.

Insgesamt zeigt die Analyse, neben dem besonders häufigen Vorkommen von Arbeitsaufträgen, ein unausgewogenes und unvollständiges Durchlaufen der Reflexionsschritte für die Inhalte der Experimentplanung.

5.3 Offenheitsgrade der Planungsphase

Für die dritte Fragestellung wurden die Offenheitsgrade der Unterrichtsgespräche, Materialbereitstellungen, Arbeitsphasen der Lernenden und Arbeitsaufträge untersucht. In diesem Zusammenhang wurden die Präsentationen der Lehrperson nicht detaillierter betrachtet, da diese prinzipiell eine starke Vorstrukturierung und somit Geschlossenheit implizieren. In

Abbildung 10 befindet sich eine Übersicht über die Häufigkeiten der Segmente sowie die Anzahl der Reflexionstexte mit mindestens einem Segment des jeweiligen Offenheitsgrades.

Es stellte sich heraus, dass offene Planungsinhalte nur in einem Drittel der Texte vorkommen, während sich die geschlossenen Elemente auf fast doppelt so viele Texte verteilen. Auch für die Segmentzahl zeigt sich ein großer Anteil geschlossener Inhalte (53% aller Segmente). Auffällig ist in diesem Zusammenhang der große Anteil an unklaren Elementen. Die Analyse der Offenheitsgrade ergab, dass viele Schilderungen der Studierenden so kurz und undetailliert sind, dass nicht nachvollziehbar ist, welcher Öffnungsgrad vorliegt. Dies betraf 31% der untersuchten Segmente. In diesen Fällen ist es meist allgemein nicht möglich, einen Einblick in die beschriebene Situation zu erhalten, da es sich häufig um kurze Erwähnungen statt gründlicher Beschreibungen handelt. Es entfallen demnach nur noch ein Sechstel der Segmente auf offene Planungsinhalte.

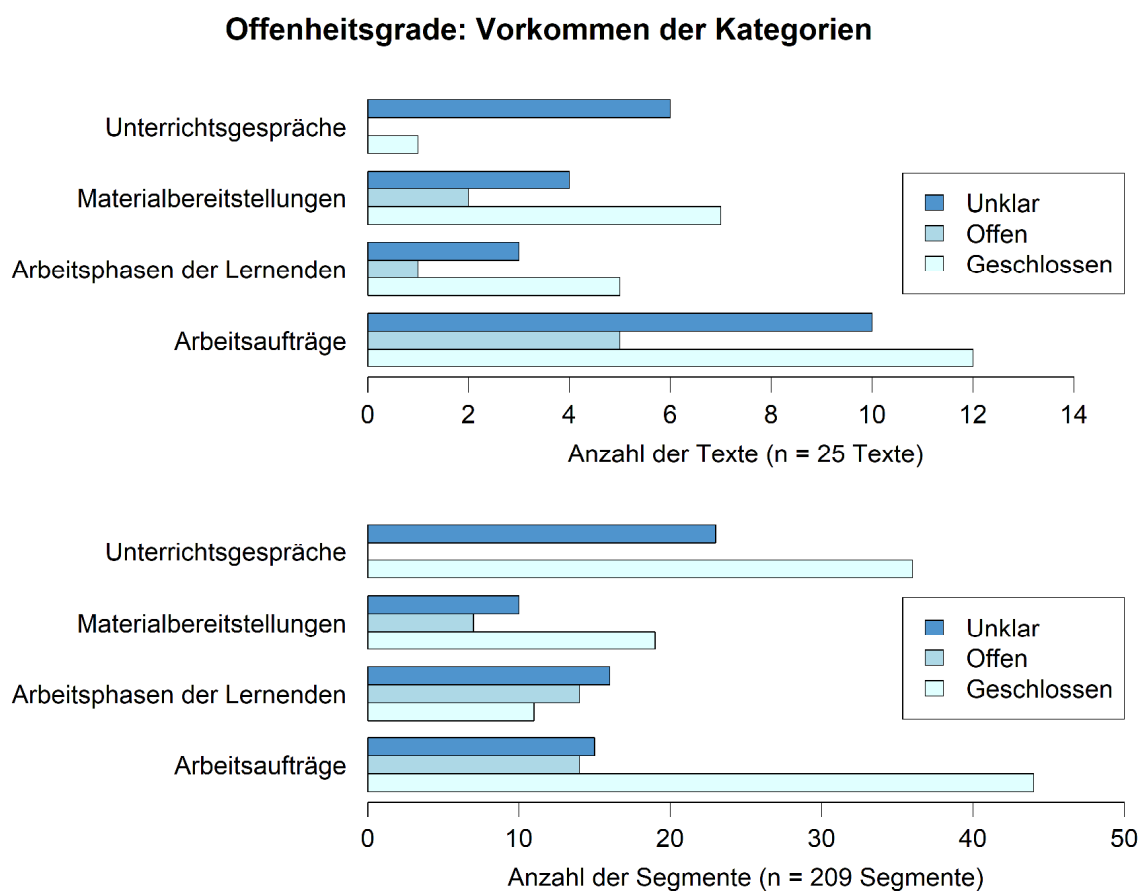


Abbildung 10: Anzahl der Texte und Segmente mit offenen und geschlossenen Planungsinhalten

Um die Planungsinhalte untereinander besser zu vergleichen, sind in Abbildung 10 die relativen Häufigkeiten der Offenheitsgrade in den vier Planungs-Kategorien dargestellt.

Die Unterrichtsgespräche sind der einzige Planungsinhalt, für den gar keine offenen Elemente in den Reflexionen gefunden wurden. Hier dominieren die unklaren Inhalte besonders stark, was in den Anteilen der Texte deutlich wird. Das umgekehrte Verhältnis bei den Segmenten der Unterrichtsgespräche resultiert daraus, dass der einzige Text mit einem geschlossenen Unterrichtsgespräch dieses besonders ausführlich schildert. Auch die Arbeitsaufträge und Materialbereitstellungen besitzen jeweils einen ähnlich hohen Anteil an geschlossenen, offenen und unklaren Segmenten. Einzig die Arbeitsphase der Lernenden hat eine fast ausgeglichene Verteilung von offenen, geschlossenen und unklaren Segmenten. Diese resultiert jedoch, wie bei den Unterrichtsgesprächen, aus der detaillierteren Beschreibung der einzigen offenen Arbeitsphase. Vor allem die beschriebenen Arbeitsaufträge erwiesen sich häufig als stark vorstrukturierte Vorgaben zum Vorgehen während des weiteren Experimentierens, die wenig Freiheit für eigene Ideen der Lernenden lassen. Ähnliches gilt für die Materialbereitstellungen, bei denen die Lernenden in den geschilderten Situationen eher selten Wahlfreiheiten für die Verwendung bekamen.

Offenheitsgrade: Relative Häufigkeiten der Kategorien

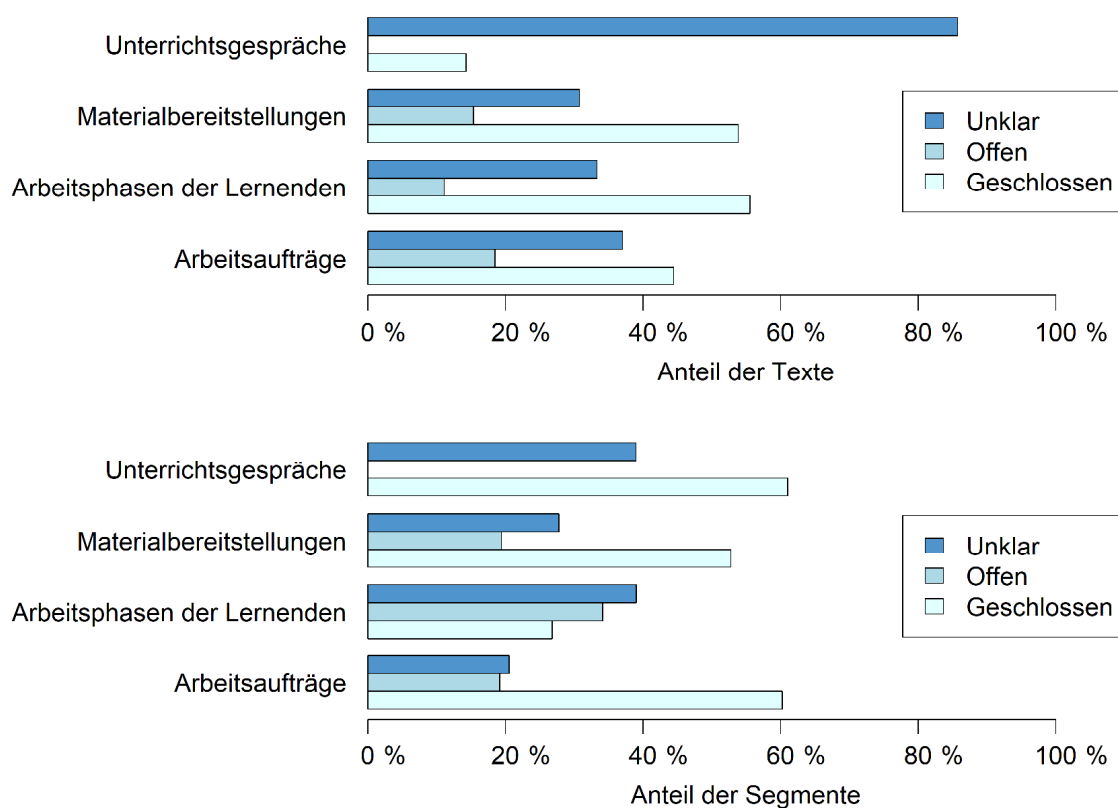


Abbildung 11: Anteile der Texte und Segmente mit offenen und geschlossenen Planungsinhalten

Die Verteilungen der Segmentzahlen pro Text befinden sich in Abbildung 12. Hier ist die Besonderheit der beiden einzigen Reflexionstexte mit einem geschlossenen

Unterrichtsgespräch und einer offenen Arbeitsphasen gut erkennbar. Auch hier zeigt sich erneut, dass die einzelnen Inhalte – bis auf wenige Ausnahmen – meist in nur wenigen Segmenten thematisiert werden. Die größten Mediane weisen unklare Unterrichtsgespräche, geschlossene Materialbereitstellungen, geschlossene Arbeitsphasen sowie geschlossene und unklare Arbeitsaufträge auf. Für offene Inhalte zeigen sich nur vereinzelte Vorkommen in den Texten.

Offenheitsgrade: Segmenthäufigkeiten pro Text

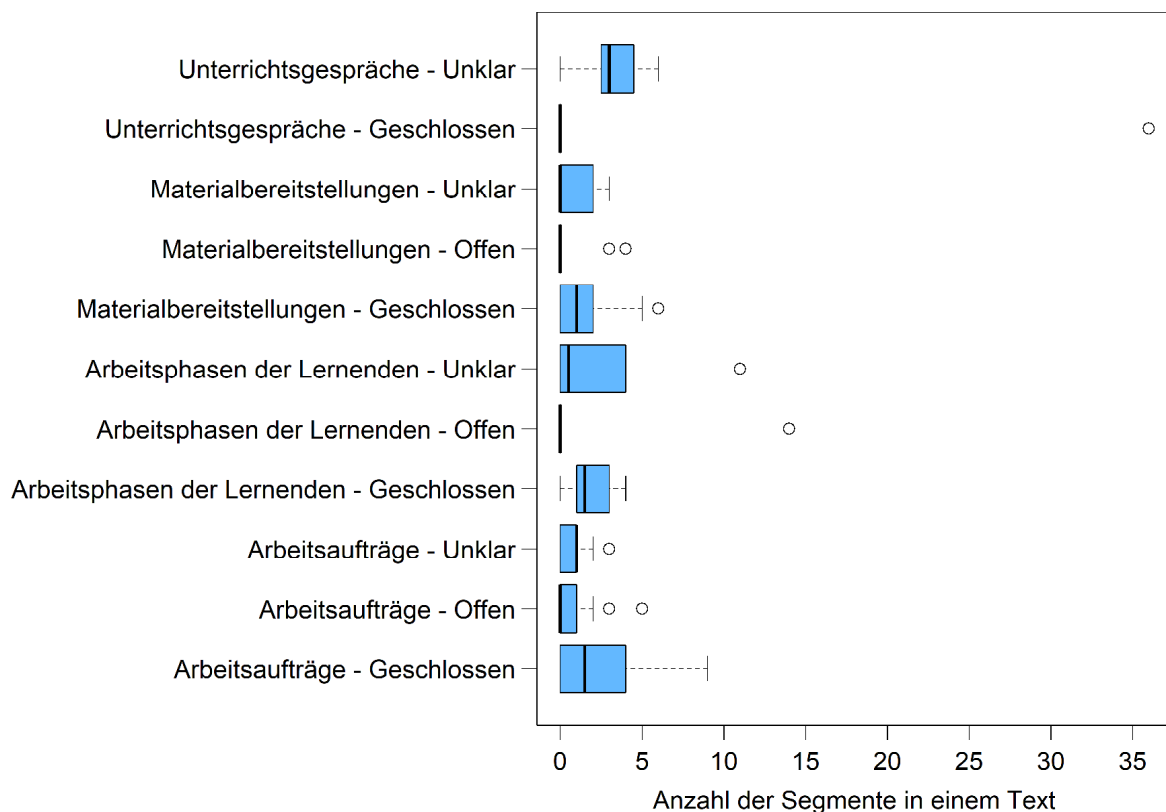


Abbildung 12: Verteilung der Segmenthäufigkeiten pro Text für die Offenheitsgrade der Planungsinhalte

Diese Abbildung verdeutlicht bereits, dass im Mittel mehr geschlossene als offene Planungsinhalte in den Reflexionen vorkamen. Das geht aus dem Vergleich der Verteilungen der offenen und geschlossenen Segmente jeder Planungskategorie hervor. Für eine statistische Absicherung dieser Beobachtung wurden die offenen Segmente jedes Textes addiert und ebenso die geschlossenen. Zu letzteren wurden auch die Segmente der Präsentationen der Lehrkraft hinzugezählt, da dies ebenfalls geschlossene Planungsinhalte sind. Der Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors-Test lieferte das Ergebnis, dass weder die geschlossenen noch die offenen Elemente normalverteilt sind (jeweils $p < 0,001$). Daraufhin wurde mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ein signifikant größerer Anteil geschlossener Elemente ($p < 0,001$, $r = -0,47$) in den Reflexionsinhalten der Experimentplanung festgestellt.

6 Diskussion

Experimente sind für die Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht von wichtiger Bedeutung (Tesch & Duit, 2004) und zugleich ein komplexer Problemlösungsprozess, bei dem die Lernenden passende Hilfestellungen benötigen (Bruckermann et al., 2017). In der Unterrichtspraxis zeigt sich jedoch meist eine so starke Vorstrukturierung, dass eigenständiges Experimentieren der Lernenden kaum gefördert wird (u.a. Tesch & Duit, 2004). Für kompetenzorientiertes Experimentieren eignet sich unter anderem der Experimentierzyklus von Nawrath et al. (2011), der die Prozesse Fragenentwicklung, Hypothesenbildung, Experimentplanung, funktionsfähiges Aufbauen, Durchführung, Datenaufbereitung und Diskussion beinhaltet. Im Schulunterricht sind die Anteile der Teilkompetenzen Fragenentwicklung, Hypothesenbildung und Experimentplanung jedoch sehr gering ausgeprägt (Tesch & Duit, 2004). In der vorliegenden Studie sollte geprüft werden, inwiefern angehende Physiklehrkräfte Experimentierprozesse in ihren Selbstreflexionen zum eigenen Unterricht reflektieren.

Die Analyse der Reflexionen der Praxissemesterstudierenden hinsichtlich der Elemente des Reflexionsmodells von Nowak et al. (2018) ergab zunächst, dass der Hauptteil der Texte aus Beschreibungen bestand und eher wenig Alternativen und Konsequenzen betrachtet wurden. Dies deckt sich unter anderem mit Forschungsergebnissen von Hatton und Smith (1995), Poldner et al. (2014) und Kost (2019). Dass die Studierenden viel beschreiben, ist die Grundlage für eine gut nachvollziehbare schriftliche Reflexion und in diesem Sinne bis zu einem gewissen Grad wichtig. Gleichzeitig sehen Poldner et al. (2014) Alternativen und Konsequenzen als höherwertige Denkprozesse und wichtige argumentative Auseinandersetzungen mit der reflektierten Situation. Sie werten deren geringe Anteile als Indiz, dass angehende Lehrkräfte den komplexeren Argumentationsebenen in ihren Reflexionen tendenziell weniger Aufmerksamkeit widmen.

Die erste Forschungsfrage befasste sich damit, in welchem Umfang die Phasen des Experimentierzyklus reflektiert werden. Die Auswertung dieser Forschungsfrage ergab, dass sich die meisten Inhalte auf keine experimentelle Teilkompetenz beziehen. Aufgrund der geforderten Schilderungen des Unterrichtskontextes konnte erwartet werden, dass diese Kategorie in allen Reflexionen vorkommt. Die große Häufigkeit kam jedoch vor allem durch nicht auf das Experiment bezogene Sachverhalte sowie verallgemeinerte Verwendungen von „Experimentieren“ oder „Protokollen“ zustande. Die signifikante und deutliche Dominanz der Kategorie „keine Teilkompetenz des Experimentierzyklus“ – trotz explizitem Auftrag, eine

Experimentiersituation zu reflektieren – legt daher Folgendes nahe: Zum einen fällt es den Praxissemesterstudierenden teilweise schwer, sich in ihren Reflexionen auf die wesentlichen Aspekte der Experimentiersituation zu fokussieren. Des Weiteren besteht die Tendenz, dass die angehenden Physiklehrkräfte allgemeine Begriffe verwenden, die zwar einen Bezug zu Experimentierprozessen aufweisen, diese jedoch regelmäßig bezüglich der Phasen des Experimentierzyklus nicht differenzieren.

Bezüglich des Vorkommens der Teilkompetenzen des Experimentierens in den Reflexionen, bestand die Vermutung, dass die Entwicklung der Fragestellung, die Hypothesenbildung und das Planen von Experimenten seltener thematisiert werden als die anderen Teilkompetenzen. Diese Hypothese konnte nur zum Teil bestätigt werden. Für das Vorkommen von Fragenentwicklung und Hypothesenbildung zeigte sich, dass diese signifikant seltener reflektiert werden als die anderen Kategorien, mit Ausnahme der Datenaufbereitung. Die Unterschiede im Vorkommen von Fragestellung und Hypothesenbildung gegenüber Experimentplanung, Aufbau, Durchführung und Diskussion wiesen jeweils große Effektstärken auf. Dies passt auch zu den Beobachtungen von Tesch und Duit (2004), in denen beide Teilkompetenzen kaum Unterrichtszeit einnehmen. Überraschend war hingegen die Häufigkeit, mit der die Experimentplanung in den Reflexionen enthalten war. Sie wurde zwar signifikant häufiger thematisiert als die Datenaufbereitung, die Unterschiede zu Durchführung, Diskussion und Aufbau waren jedoch nicht mehr signifikant. Aufgrund der tendenziell deutlich geringeren Beachtung im Unterricht (Tesch & Duit, 2004) wurde erwartet, dass die Planung auch in den Reflexionen eine untergeordnete Rolle spielt, was sich nicht bestätigte.

Die zweite Forschungshypothese bezog sich auf die Anteile von Vorbereitung, Umsetzung und Nachbereitung im Vergleich zwischen den Reflexionen und Beobachtungen von Tesch und Duit (2004) zur Unterrichtspraxis. Die Vermutung war, dass die Verhältnisse der Phasen in den Reflexionen nicht ähnlich zu deren empirisch beobachteter Verteilung im Schulunterricht sind, was bestätigt werden konnte. Dies kann allgemein zwei Ursachen haben: (1) Die Praxissemesterstudierenden in der vorliegenden Studie setzten die Phasen des Experimentierens tatsächlich ausgewogener um, als dies bei erfahreneren Physiklehrkräften beobachtet wurde. (2) In den hier betrachteten Reflexionen führt die subjektive Auswahl der Reflexionsanlässe zu einer verzerrten Abbildung der tatsächlichen Unterrichtsverhältnisse. Bisher liegen keine Studien vor, die nahelegen, dass angehende Physiklehrkräfte den Experimentierzyklus passgenau umsetzen. Des Weiteren ist klar, dass Reflexionsanlässe subjektiv ausgewählt werden, was den beobachteten Unterschied bereits erklären könnte. Aus

diesem Grund unterstützen die Befunde die zweite Forschungshypothese, dass die Phasen des Experimentierens in den Reflexionstexten anders verteilt sind als in der Unterrichtspraxis. Dieser Sachverhalt legt nahe, dass aus den Reflexionen nur begrenzt Rückschlüsse auf den tatsächlich stattgefundenen Unterricht gezogen werden können – vor allem, wenn die einzelnen Kategorien inhaltlich nicht differenzierter betrachtet werden.

Da die Reflexionsanlässe von den Studierenden selbst ausgewählt wurden⁶, sind jedoch Erkenntnisse darüber möglich, welche Wichtigkeit die angehenden Lehrkräfte den einzelnen Teilkompetenzen zuweisen und für welche Prozesse sie sensitiv sind. Dass die Entwicklung der Fragestellung und die Hypothesenbildung in so geringem Maß in den Reflexionen auftreten, lässt darauf schließen, dass die Praxissemesterstudierenden diesen beiden Aspekten beim Experimentieren eine tendenziell untergeordnete Bedeutung beimessen. Im Zusammenhang mit der betrachteten Theorie (siehe Kapitel 2.1.2) ist das problematisch: Die Findung der Fragestellung sowie die Hypothesenbildung stellen nicht nur wesentliche Bestandteile des Experimentierzyklus sowie des Erkenntnisgewinnungsprozesses dar, sondern Lernende benötigen auch in diesen Phasen in besonderer Weise Unterstützung (Kremer et al., 2019). Die Vernachlässigung dieser beiden Phasen ist problematisch, da auf diese Weise kein authentisches Bild über naturwissenschaftliches Arbeiten vermittelt werden kann, was jedoch eines der Ziele des Experimentierens im Physikunterricht ist (Girwidz, 2015). Ein stärkeres Bewusstsein für die Wichtigkeit der Teilkompetenzen lässt sich für Durchführung, Diskussion, und Aufbau annehmen. Dem ersten Anschein nach könnte man dies auch für die Phase der Experimentplanung vermuten, welche häufiger als erwartet in den untersuchten Reflexionen vorkam. Eine differenzierte Analyse der Planungsinhalte ergab jedoch, dass die Qualität der Reflexion der Experimentplanung eher gering ist. Diese Erkenntnis konnte durch die Untersuchung der zweiten Fragestellung gewonnen werden, in deren Rahmen analysiert wurde, auf welche Weise die Studierenden die Planungsphase reflektieren.

In diesem Zusammenhang wurde zuerst untersucht, in welche Teilbereiche sich die Inhalte der Planungsreflexionen einteilen lassen. Die reflektierten Inhalte der Planungsphase bestanden allgemein aus Arbeitsaufträgen, Unterrichtsgesprächen, Arbeitsphasen der Lernenden, Materialbereitstellungen und Präsentationen der Lehrkraft. Bei dieser Untersuchung stellte sich heraus, dass in keinem Text Lehr- oder Lernziele für das Planen von Experimenten formuliert wurden. Dies legt den Schluss nah, dass der Fokus der Studierenden beim Experimentieren

⁶ Die einzige inhaltliche Einschränkung war die Aufforderung, eine Experimentiersituation zu reflektieren. Diesbezüglich wurden jedoch keine spezifischeren Vorgaben gemacht.

kaum auf der Förderung der Planungskompetenz der Lernenden liegt. Diese Deutung lässt sich auch mit der Beobachtung in Einklang bringen, dass nur etwa ein Sechstel der reflektierten Planungsinhalte auf aktive Arbeitsphasen der Lernenden bezogen sind.

Um zu überprüfen, wie umfangreich die einzelnen Teilbereiche vorkommen, wurde deren Segmenthäufigkeit in allen Texten untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass die einzelnen Planungsaspekte in den meisten Texten mit jeweils höchstens drei Segmenten thematisiert wurden. Dies zeigt, dass die Praxissemesterstudierenden die entsprechenden Inhalte tendenziell eher kurz und wenig detailliert erwähnen. Am häufigsten wurden Arbeitsaufträge thematisiert. In diesem Zusammenhang legen die Analysen den Schluss nahe, dass Arbeitsphasen und Unterrichtsgespräche tendenziell ausführlicher thematisiert werden, sofern sie in einem Text vorkommen, was aber eher selten der Fall ist. Darin, dass die beiden aktiven Teilbereiche der Planungsphase weniger als die Hälfte der Planungsreflexion ausmachen, zeigt sich eine gewisse Parallele zu der kaum selbstständigen Experimentplanung der Lernenden (Tesch & Duit, 2004).

Des Weiteren wurde untersucht, wie sich die Reflexionsschritte in jedem Aspekt der Planungsphase widerspiegeln, da das vollständige Durchlaufen aller Reflexionsschritte ein wichtiges Merkmal einer qualitativ hochwertigen Reflexion ist. Bei der Analyse der Reflexionsschritte für Arbeitsaufträge, Unterrichtsgespräche, Arbeitsphasen der Lernenden, Materialbereitstellungen und Präsentationen der Lehrkraft zeigte sich ein unausgewogenes und meist unvollständiges Durchlaufen der Reflexionsschritte für die einzelnen Inhalte der Experimentplanung. Das legt nahe, dass die Praxissemesterstudierenden die Planungsphase und deren Inhalte eher oberflächlich und tendenziell wenig hochwertig reflektieren. Dies fügt sich in das Bild bisheriger empirischer Befunde zur allgemeinen Reflexionsqualität angehender Lehrkräfte ein (Hatton & Smith, 1995; Kost, 2019; Poldner et al., 2014).

Für die dritte Forschungsfrage wurde die Vorstrukturierung der Arbeitsaufträge, Arbeitsphasen, Unterrichtsgespräche und Materialbereitstellungen analysiert. Die Hypothese war, dass sich in den Reflexionen der angehenden Lehrkräfte signifikant mehr geschlossene, direkt instruierende als offene, autonomiefördernde Inhalte finden lassen. Diese Annahme wurde mit zugleich großer Effektstärke bestätigt. In diesem Zusammenhang stellten sich die stärksten Geschlossenheitstendenzen für die Arbeitsaufträge und Materialbereitstellungen heraus. Die Arbeitsaufträge beinhalteten vor allem konkrete Vorgaben für Versuchsaufbau, Messungen oder Dokumentation. Auf diese Weise lassen sich Experimentplanungen zwar zeitlich effektiv umsetzen, eine eigenständige Planung und der damit verbundene Kompetenzerwerb werden den Lernenden so jedoch nicht ausreichend ermöglicht (Kremer et

al., 2019). Stattdessen wird mit einer zu starken Vorstrukturierung häufig die eigentliche Planung des Versuchs vorweggenommen. Das Experimentieren wird dann unter Umständen zu einer Abarbeitung der Planungs-Überlegungen der Lehrkraft. In den Reflexionen der Praxissemesterstudierenden ließen sich zudem kaum Hinweise auf Umsetzungen von oder Überlegungen zu Scaffolding in der Planungsphase identifizieren, wobei Scaffolding ein wichtiger Aspekt für die Förderung einer aktiven, selbstständigen Planung der Lernenden ist (Arnold et al., 2014; Bruckermann et al., 2017; Kremer et al., 2019). Es wurden kaum Überlegungen zu angemessen unterstützenden und zugleich autonomiefördernden Planungsinstruktionen gemacht. Stattdessen waren eher kontrollierende Elemente vorhanden, die zwar klare Strukturen für den Experimentierprozess vorgaben, aber keine Möglichkeiten für eigenständige Planungen der Versuche eröffneten. Diese Ergebnisse aus der Untersuchung der Offenheitsgrade und Vorstrukturierung lassen vermuten, dass die Praxissemesterstudierenden eher wenig darauf achten, den Lernenden Gelegenheiten für selbstständige Experimentplanungen zu geben. Dies steht im Einklang mit bisherigen Studien, die zeigen, dass eigenständiges Experimentieren der Lernenden im Unterricht kaum stattfindet (Baumert & Köller, 2000; Fischer et al., 2014; Tesch & Duit, 2004).

Gleichzeitig wurde durch die Analyse der Offenheitsgrade eine starke Tendenz der Studierenden zu oberflächlichen und schwer nachvollziehbaren Schilderungen in ihren Texten erkennbar. Dies zeigte sich daran, dass für fast ein Drittel der untersuchten Elemente nicht beurteilt werden konnte, ob diese eher offen oder eher geschlossen sind. Auch diese Tatsache spricht für eine tendenziell eher oberflächliche Reflexion der Experimentplanung.

In dieser Studie wurde untersucht, in welchem Umfang und auf welche Weise Praxissemesterstudierende Experimentierprozesse in ihrem eigenen Unterricht reflektieren. Dabei stellte sich heraus, dass die angehenden Physiklehrkräfte den Fokus zu Experimenten in ihren schriftlichen Unterrichtsreflexionen eher auf Routinen wie Aufbau, Durchführung und Auswertung legten. Hypothesenbildung und Fragenentwicklung wurden so gut wie nicht thematisiert. Für die Planungsphase zeigte sich eine eher starke Vorstrukturierung der Inhalte und kaum Raum für selbstständige Experimentplanung der Lernenden.

7 Limitationen und weitere Forschungsarbeit

Limitationen ergeben sich sowohl aus dem Studiendesign, der Stichprobe und den Instruktionen zur Reflexion als auch aus dem Schreibverhalten der Praxissemesterstudierenden.

Eine Limitation der Studie ist, dass nur angehende Lehrkräfte der Universität Potsdam untersucht wurden. Somit ist die Verallgemeinerbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Kontexte nicht abgesichert. Nichtsdestotrotz wird angenommen, dass die beobachteten Tendenzen nicht nur spezifisch für Potsdamer Studierende sind, da sie bisherige Forschungsergebnisse eher bestätigen und die meisten Effekte groß waren. Für eine bessere Generalisierbarkeit sollten künftige Studien auch untersuchen, auf welche Weise die Studierenden anderer Universitäten Experimentierprozesse reflektieren.

Eine weitere Einschränkung ist, dass die Stichprobe lediglich aus Reflexionen eines einzigen Semesters bestand. Die Ergebnisse stellen eine Momentaufnahme der Potsdamer Praxissemesterstudierenden des Wintersemesters 2019/20 dar. Die Reflexionen sind unweigerlich von theoretischen Vorkenntnissen und praktischen Vorerfahrungen der angehenden Lehrkräfte beeinflusst. Möglicherweise verändern sich einige Tendenzen für andere Jahrgänge, da die Lehre der Universität einer fortlaufenden Entwicklung unterliegt. Ein Unterschied in der physikdidaktischen Lehre ist beispielsweise, dass neben dem automatisierten Feedback zur Umsetzung der Reflexionsschritte in anderen Semestern auch inhaltliche Rückmeldungen zu den Reflexionen manuell erstellt wurden. Für diese Studie wurde jedoch bewusst ein Semester ohne inhaltliche Interventionen ausgewählt, um zu analysieren, wie die Studierenden den Experimentierprozess „von sich aus“ reflektieren.

Des Weiteren sollte bei der Bewertung der Ergebnisse beachtet werden, dass es im Begleitseminar zum Praxissemester, in dessen Rahmen die untersuchten Reflexionstexte erstellt wurden, nur eine Einführung in das Reflexionsmodell gab. Die Thematisierung des Experimentierzyklus im Bachelorstudium lag bereits mehrere Semester zurück und ist den Studierenden daher unter Umständen nicht genauso präsent wie das Reflexionsmodell. Eine Studie von Kost (2019) zeigte, dass bereits kleine theoretische Einhilfen zu deutlich modellkonformeren Umsetzungen von Reflexionen führen können. Es ist daher möglich, dass die angehenden Lehrkräfte die experimentellen Teilkompetenzen qualitativ besser reflektiert hätten, wenn im Rahmen des Begleitseminars explizit auf dieses Modell eingegangen worden wäre.

Aus den zum Teil oberflächlichen Schilderungen der Studierenden resultiert eine weitere Limitation. Diese betrifft vor allem die Zuordnung zu den Offenheitsgraden. Durch den begrenzten Einblick, den die Reflexionstexte in die reale Unterrichtssituation gewährten, konnte der Offenheitsgrad der Planungselemente nur in zwei Stufen differenziert werden. In der Realität zeigen sich statt dieser Zweiteilung jedoch auch Ausprägungsgrade zwischen den Extremen „offen“ und „geschlossen“. Auch für die weiteren Kodierungsebenen stellten die undetaillierten Schilderungen eine Herausforderung dar. Jedoch war der Einfluss schwächer als für die Offenheitsgrade, da die vergleichsweise größeren Einteilungen meist trotzdem eine Zuordnung zuließen.

Wichtige Erkenntnisse über die Planungsphase konnten erst durch ihre umfassende Betrachtung gewonnen werden. Deshalb könnte in künftigen Studien auch eine differenzierte Analyse der anderen Phasen von Interesse sein, um folgende Fragen zu beantworten: Welche Lehr- und Lernziele legen die Studierenden für diese Phasen fest? Was wird in Durchführung, Aufbau und Diskussion fokussiert? Wie offen oder geschlossen sind diese reflektierten Inhalte gestaltet? Weiterhin zeigte sich, dass auch die Inhalte, die keiner Teilkompetenz des Experimentierzyklus zugeordnet wurden, keineswegs irrelevant für weitere Analysen sind. Diese Kategorie enthält noch immer allgemeinere Lehr- und Lernziele, Gedanken zur Unterrichtsplanung sowie stark verallgemeinerte Bezüge zu Experimenten oder Protokollen. Aus diesen Gründen verspricht die detaillierte Untersuchung der anderen Kategorien weitere Erkenntnisse darüber, wie angehende Physiklehrkräfte Experimentiersituationen reflektieren.

8 Empfehlungen für die Praxis

Im Rahmen dieser Studie wurden unter anderem folgende Tendenzen gefunden: (1) Die untersuchten Reflexionen der Praxissemesterstudierenden waren hauptsächlich von beschreibender Natur. Alternativen und Konsequenzen, die als komplexere Formen der Auseinandersetzung gesehen werden können, wurden selten betrachtet. Zudem hatten einige Studierende Probleme, sich auf die Aspekte zu fokussieren, die für das Experimentieren und den Lernprozess wesentlich sind. (2) Die Phasen Fragenentwicklung und Hypothesenbildung werden kaum reflektiert und es liegt nahe, dass diese Phasen auch im Unterricht eher vernachlässigt werden. (3) Soweit sich aus den Texten schließen lässt, gestalten die angehenden Lehrkräfte die Experimentplanung stark vorstrukturiert und geben den Lernenden zu wenige Gelegenheiten für eine eigenständige Versuchsplanung.

Nachfolgend werden einige Vorschläge unterbreitet, wie diesen Tendenzen in der Lehrkräftebildung und der Unterrichtspraxis entgegengewirkt werden könnte.

8.1 Förderung der Reflexionskompetenz

Eine aus dieser Studie resultierende offene Frage ist, wie die Reflexionskompetenz der Praxissemesterstudierenden allgemein und speziell für Experimentiersituationen gefördert werden kann. Nowak et al. (2018) konnten bei Rückmeldungen zu den Anteilen der Reflexionsschritte Entwicklungstendenzen hin zu vollständigeren Reflexionen beobachten, in denen alle fünf Schritte (Rahmenbedingungen, Beschreibung, Bewertung, Alternativen und Konsequenzen) vorkamen. Des Weiteren sollten angehende Lehrkräfte sowohl zu den strukturellen als auch zu den inhaltlichen Aspekten ihrer Reflexionen eine Rückmeldung erhalten (Mientus et al., im Druck). Dies legen auch die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Texte nahe, um die Reflexionskompetenz von Studierenden weiter zu fördern.

Inhaltliche Rückmeldungen könnten so aussehen, dass die angehenden Lehrpersonen auf Stellen hingewiesen werden, an denen detailliertere Ausführungen notwendig sind. Bei nur oberflächlich abgehandelten Reflexionsanlässen sollte eine Anregung zur Vertiefung des Anlasses erfolgen. Weiterhin sollten Hinweise auf relevante Anlässe für das Experimentieren und Physiklernen gegeben werden. Möglicherweise muss mit den Praxissemesterstudierenden sogar expliziter thematisiert werden, was typische Reflexionsanlässe mit Relevanz für den Lernprozess sind, um diese an Beispielen zu verdeutlichen. Vermutlich würde es die Qualität der Reflexionen steigern, wenn strukturelle Rückmeldungen nicht nur darauf eingehen, ob insgesamt alle Reflexionsschritte vorhanden sind, sondern auch, inwiefern diese konsequent für

jeden einzelnen Reflexionsanlass umgesetzt werden. Kost (2019) stellte in einer Studie fest, dass bereits kleinere Eingaben durch die Dozierenden genügen, um Studierende dazu zu motivieren, höherwertige Auseinandersetzungsformen wie Ursachendeutungen, Alternativen und Konsequenzen einzubeziehen. Hieraus kann weiterhin der Vorschlag abgeleitet werden, dass auch der Experimentierprozess in Begleitseminaren zum Praxissemester nochmals thematisiert werden sollte, um die experimentenspezifische Reflexion zu fördern.

In einer Untersuchung zur Förderung von Reflexionskompetenz von Lai und Calandra (2007) stellte sich heraus, dass sowohl angehende Lehrkräfte als auch deren Auszubildende zusätzlich folgende drei Hilfsmittel als besonders förderlich empfanden: (1) unterstützende Fragen während des Reflexionsprozesses, (2) visuelle Darstellungen des Schreibprozesses sowie (3) die Diskussion von Negativ- und Positivbeispielen. In den Begleitseminaren zum Praxissemester könnten Positiv- und Negativbeispiele aus vorherigen Semestern gemeinsam diskutiert werden. Darüber hinaus sollte auf eine visuelle Darstellung der Reflexions- und Experimentiermodelle geachtet werden. Für experimentierbezogene Unterrichtsreflexionen könnten sich zudem folgende Fragen zur Unterstützung der Praxissemesterstudierenden während des Schreibprozesses eignen: Haben Sie sich auf für die Experimentiersituation und das Physiklernen relevante Inhalte fokussiert? Haben Sie verdeutlicht, auf welche experimentellen Teilkompetenzen sich Ihre Reflexionsanlässe beziehen? Haben Sie daran gedacht, jeden beschriebenen Reflexionsanlass zu bewerten und dazu Alternativen und Konsequenzen abzuleiten? Haben Sie Beschreibung und Bewertung voneinander getrennt?

8.2 Förderung von Hypothesenbildung und Fragenentwicklung

Um die angehenden Lehrkräfte für eine Ausgewogenheit der experimentellen Teilkompetenzen in ihrem Unterricht zu sensibilisieren, eignet sich womöglich ein bisher noch nicht thematisierter Aspekt des Spinnennetz-Modells. Nawrath et al. (2011) entwickelten dieses nicht nur für die Planung kompetenzorientierten Experimentierens, sondern auch für die Unterrichtsanalyse. Für jede Teilkompetenz kann in drei Abstufungen unterschieden werden, welche Wichtigkeit diese Phase bei einem Experiment hat: „unwichtig“, „spielt eine Rolle“ und „sehr wichtig“ (Nawrath et al., 2011). Über mehrere Stunden gesehen, lässt sich durch die Ermittlung der Durchschnittswerte feststellen, welche Teilkompetenzen bei den Lernenden besonders stark und welche eher weniger gefördert wurden. Diese Methode könnte den angehenden Lehrpersonen zur Selbstüberprüfung vorgestellt werden. Möglicherweise ist es in diesem Zusammenhang förderlich, wenn die Studierenden nicht immer nur eine einzelne Experimentiersituation reflektieren, sondern auch dazu angehalten werden, mithilfe des

Spinnennetz-Modells den Schwerpunkt ihrer Experimente über mehrere Wochen zu beobachten und zu reflektieren.

8.3 Gestaltung offener Phasen in der Experimentplanung

Die Unterrichtsmethode des forschenden Experimentierens, bei dem weitgehend offene Lerngelegenheiten eingesetzt werden, fördert unter geeigneten Bedingungen nachweisbar die Fähigkeit der Lernenden, Experimente (zunehmend) selbstständig zu planen (Kremer et al., 2019). Für die Wirksamkeit offener Experimentiergelegenheiten ist geeignetes Scaffolding eine unbedingt notwendige Unterstützung (Arnold et al., 2014; Bruckermann et al., 2017). Andernfalls kann eine Überlastung des Arbeitsgedächtnis den Lerneffekt gegenüber eher direkten Instruktionen sogar mindern (Kirschner et al., 2006). Im Folgenden werden daher Empfehlungen ausgesprochen, wie offen gestaltete, lernförderliche Planungsphasen aussehen könnten, die den Lernenden einerseits Freiraum für Autonomieerlebnisse und Kreativität lassen und zugleich durch Scaffolding das notwendige Maß an Orientierung bieten.

Ein Hinweis auf die Teilkompetenzen des Experimentierens von Nawrath et al. (2011) und eine Reflexion der Förderung dieser Kompetenzen (siehe Kapitel 8.2) könnte bereits helfen, dass Lehrkräfte die Experimentplanung offener gestalten. Wenn den Lernenden mehr Möglichkeiten eingeräumt werden, Experimente selbstständig zu planen, impliziert dies automatisch mehr Offenheit als bei zum Teil vorschreibenden Experimentieranweisungen, welche die eigentliche Planung vorwegnehmen.

Für Aufgabenstellungen zur Planung von Experimenten könnten zum Beispiel Vorgaben gemacht werden, welche Aspekte im Experiment enthalten sein müssen, ohne bereits eine Art Anleitung zu Aufbau und Durchführung zu formulieren. Den Lernenden sollte für die detaillierte Planung ein gewisser Freiraum überlassen werden, wie sie diese Vorgaben konkret umsetzen. Eine solche Instruktion hätte die nötige Offenheit, um den Lernenden einen gewissen Raum für eigene Ideen zu geben, um somit selbstbestimmtes und kompetenzorientiertes Lernen zu fördern. Nichtsdestotrotz sollte es Unterstützungsangebote für solche offenen Arbeitsphasen der Lernenden geben.

Sowohl Arnold et al. (2014) als auch Bruckermann et al. (2017) empfehlen Hinweiskarten als Orientierungshilfe im Unterricht. Diese können die Lernenden während der Experimentplanung bei Bedarf selbstständig nutzen. Die Hilfestellungen können von der Wiederholung von Definitionen, über Hinweise, welche Aspekte in der Planung zu beachten sind, bis hin zu fertigen Lösungsvorschlägen unterschiedlich stark strukturiert sein. Aus diesem

Angebot wählen Lernende die Unterstützungen, die zu ihrem individuellen Leistungsniveau passen und planen somit ihren Fähigkeiten entsprechend selbständig. Mit wachsender Kompetenz der Lernenden werden die Unterstützungen schrittweise reduziert (Kirschner et al., 2006). Solche Hilfskarten sind auch Teil einer autonomiefördernden Materialbereitstellung, da den Lernenden selbst überlassen bleibt, welche dieser Unterstützungen sie wann nutzen. Für offene Materialbereitstellungen sollte zudem bedacht werden, den Lernenden eine Auswahl an zu nutzenden Geräten oder Materialien zu geben, sodass diese selbst entscheiden können, womit sie einen Versuch umsetzen. Selbstverständlich sollte von der Lehrperson bereits eine sinnvolle Vorauswahl getroffen werden, um die Lernenden nicht zu überfordern. Entsprechende Hilfskarten könnten die Lernenden bei Bedarf bei der Auswahl geeigneter Materialien unterstützen.

Für den Teilbereich der Unterrichtsgespräche könnte mehr Offenheit dadurch umgesetzt werden, dass die Lehrkraft eine zunehmend moderierende Rolle einnimmt, während die Lernenden immer mehr miteinander diskutieren. Diese Rolle ermöglicht es der Lehrkraft, das Gespräch im Sinne von Scaffolding durch Hinweise zu unterstützen, wenn die Lernenden allein keine zielführenden Ideen haben oder die Diskussion in eine falsche Richtung verlaufen sollte. Eine konkrete Umsetzungsmöglichkeit wäre, die Aufgaben (z.B. Aufbau, Zeitnahme, Experimentierende, Dokumentation, ...) in jeder Experimentiergruppe auf die Lernenden aufzuteilen. Die Verantwortlichen der einzelnen Aufgaben könnten dann überlegen, wie das Experiment für eine gute Realisierung der jeweiligen Aspekte geplant werden müsste. Dies könnte auch in der Form umgesetzt werden, dass die Verantwortlichen einer Aufgabe aus allen Experimentiergruppen gemeinsam Strategien erarbeiten und diese dann an ihre ursprünglichen Gruppen weitergeben.

Anhang

In den nachfolgenden Anhängen A bis D sind die Segmentierregeln und Kodiermanuale dargestellt, die für die Untersuchung der Fragestellungen dieser Studie entwickelt und genutzt wurden. Die einzelnen Manuale bauen aufeinander auf. Die Segmentierung und Kodierung sollten daher in folgender Reihenfolge durchgeführt werden, wobei die Kodierungseinheit jeweils ein Segment ist:

1. Segmentierung der Texte (Anhang A)
2. Kodierung des Experimentierzyklus (Anhang B)
3. Kodierung der Planungsphase (Anhang C)
4. Kodierung der Offenheitsgrade (Anhang D)
5. Kodierung der Reflexionsschritte (unabhängig durch Lernalgorithmus)

Anhang A: Segmentierregeln

Absätze:

- An Stellen, in denen im Originaltext ein Absatz ist, wird eine zusätzliche Leerzeile eingefügt, um die Absätze später besser zu erkennen.

Hauptsätze:

- trennen (vor dem Verbindungswort wie „und“/„oder“/„sowie“/„bzw.“/„aber“/...)
Beispiel: „Ein Schüler meldete sich, aber ich wartete auf weitere Meldungen.“
→ *Ein Schüler meldete sich,*
aber ich wartete auf weitere Meldungen.
- Aufzählungen
 - nicht trennen, wenn es eine Aufzählung innerhalb des Hauptsatzes ist.
Beispiel: „In der Aufgabe ging es um Autos und Pferde.“
→ *wird nicht getrennt*
 - trennen, wenn beide einzelnen Segmente (umformuliert) mit einem jeweils eigenen Verb zu einem Hauptsatz werden könnten (Trennung vor dem „und“, aber nach einem Komma bei Aufzählung von mehr als zwei Handlungen).
Beispiel: „Die SuS sollten das Experiment planen, durchführen und auswerten.“
→ *Die SuS sollten das Experiment planen,*
durchführen
und auswerten.

Nebensätze:

- Nebensätze werden abgetrennt (Trennung nach dem Komma).
 - typische Identifikation durch „dass“/„ob“/„weil“/„um“/„damit“/...
Beispiel: „Ich zeigte der Klasse, dass der Stromkreis geschlossen war.“
→ *Ich zeigte der Klasse,*
dass der Stromkreis geschlossen war.
- Einschubsätze „xxx,yyy,xxx“ werden getrennt, die Satzteile „xxxxx“ werden dann zusammengebracht.
 - Kennzeichnung: Die Auslassung eines Einschubs wird mit leerer eckiger Doppelklammer [[]] gekennzeichnet und der Einschub als nächstes Segment in doppelten eckigen Klammern wieder eingefügt. Die Kommas, die ausschließlich

der Abgrenzung des Einschubs dienen, werden zum abgetrennten Einschub gesetzt.

Beispiel: „Der Lehrer, der in Berlin wohnte, kam zur Schule.“

→ *Der Lehrer [[]] kam zur Schule.*

[[, der in Berlin wohnte,]]

- mehrere Einschübe in einem Satz: Ausgelassene Einschübe werden in ihrer ursprünglichen Reihenfolge als Segmente unter den zusammengefügte Satz gesetzt.

Beispiel: „Die Aufgabe, die vor dem Experiment, das die Klasse durchführen sollte, gestellt wurde, wurde von der Schülerin, die oft stört, nicht gelöst.“

→ *Die Aufgabe [[]] wurde von der Schülerin [[]] nicht gelöst.*

[[, die vor dem Experiment [[]] gestellt wurde,]]

[[, das die Klasse durchführen sollte,]]

[[, die oft stört,]]

- **Aufzählungen**

- nicht trennen: Aufzählungen von Inhalten werden auch bei einem „und“ nicht getrennt.

Beispiel: „..., der mit einem Kraftpfeil und der Masse m beschriftet war.“

→ *nicht trennen*

- Ausnahme: Aufzählungen von Inhalten, die zu verschiedenen Phasen des Experimentierzyklus gehören, werden getrennt. Dies sind Aufzählungen von Formulierungen wie Durchführung, Auswertung, Analyse, Planung, Beobachtung, Hypothesenbildung, Experimentieren, Protokollieren, Messen, ... (Trennung vor dem „und“, aber nach einem Komma bei Aufzählung von mehr als zwei Handlungen).

Beispiel: „Das Ziel war, dass die SuS sich im Experimentieren und im Verfassen von Protokollen üben.“

→ *Das Ziel war,*

dass die SuS sich im Experimentieren

und im Verfassen von Protokollen üben.

Weitere Regeln:

- Reflexionsinformationen werden abgetrennt.
- Quellen in Klammern () werden abgetrennt und ggf. wie Einschübe behandelt.
- Spezifizierende Infos in () werden nicht abgetrennt.

Beispiel: „... das Auto (rot) ...“

→ *wird nicht getrennt*

- Weiterführende Infos in () werden abgetrennt und wie Einschübe behandelt; die Klammern werden wie die Kommas bei Einschüben behandelt.

Beispiel: „... das Auto (welches die schnellere Fahrt vorführen konnte) ...“

→ *... das Auto [[]] ...*

[[(welches die schnellere Fahrt vorführen konnte)]]

- Die direkte Wiedergabe einer (ausformulierten) Aufgabenstellung wird, wenn möglich, nicht getrennt (manchmal sind sehr lange Aufgaben mit Aufzählungspunkten bereits getrennt und bleiben dann einzeln).

Beispiel: „Untersuche die Fallbewegung eines Fallkegels und skizziere einen Graphen der Bewegung in einem v-t-Diagramm.“

→ *wird nicht getrennt*

- direkte Rede: Behandlung wie normale Sätze
- Doppelpunkte: Trennung nach dem Doppelpunkt
- falsch gesetzte Kommas oder Kann-Kommas: keine Trennung
- fehlende Kommas: Trennung an der Stelle, an der das Komma stehen müsste, sofern eine der obigen Regeln dies verlangt.

Anhang B: Kodiermanual für den Experimentierzyklus

Alle Reflexionselemente (Rahmenbedingungen, Beschreibung, Bewertung, Alternativen, Konsequenzen) sind der entsprechenden Kategorie zuzuordnen, auf die sie sich beziehen.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
Fragestellung entwickeln	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung einer Fragestellung an ein Phänomen mit den Lernenden • Vorgabe einer Fragestellung an ein Phänomen durch die Lehrkraft • gezieltes Aufwerfen eines Problems, dass dann experimentell untersucht werden soll • Lehr- und Lernziele für das Entwickeln einer Fragestellung 	<ul style="list-style-type: none"> • „Anfänglich in der Stunde kamen wir bereits auf fallende Regentropfen zu sprechen und ob diese eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ausführen.“ • „Im Anschluss wurde mit der Frage, ob sich nur Feststoffe beim Erhitzen ausdehnen, in das Hauptthema der Stunde eingeleitet.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung von Vorwissen ist noch nicht automatisch die Entwicklung der Fragestellung.
Vermutungen aufstellen / Hypothesen bilden	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufstellen von Vermutungen bzw. Hypothesen, was beim Experiment passieren wird oder beobachtet wird • Erfragen von Vermutungen bzw. Hypothesen durch die Lehrkraft • Benennung von Vermutungen bzw. Hypothesen über mögliche Abhängigkeiten etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • „Im nächsten Schritt wurde das Aufstellen von Hypothesen geübt, sodass viele Möglichkeiten für das Protokoll gesammelt wurden.“ • „Die SuS sollten sich über diesen Sachverhalt Gedanken machen und eine begründete Hypothese aufschreiben.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeint ist das Aufstellen von Hypothesen, die experimentell geprüft werden können bzw. sollen, und nicht jede beliebige Form eines fragenden Unterrichtsgesprächs.

	<ul style="list-style-type: none"> • Begründungen dieser Vermutungen bzw. Hypothesen • Lehr- und Lernziele für die Hypothesenbildung bzw. das Aufstellen von Vermutungen 	<ul style="list-style-type: none"> • „Es traute sich immer noch keiner eine Vermutung zu äußern.“ 	
<p>Experiment planen</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überlegungen, wie das Experiment konstruiert werden soll (Geräte, Material, Skizzen, ...) • Überlegungen, was gemessen werden soll • Überlegungen, wie gemessen und dokumentiert werden soll • Zeigen eines beispielhaften Aufbaus • Sicherheitshinweise • Bereitstellen bzw. Austeilen des Materials für das Experiment • Beschreibungen, wie das Experiment ablaufen soll (intendierter Verlauf) • Arbeitsaufträge und Vorgaben, wie Aufbau und Durchführung ablaufen sollen (intendiert; z.B. was gemessen werden soll, Anzahl der Messungen, ob und was dokumentiert werden soll, vorgeschriebener Aufbau, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> • „Beim Schülereperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...]“ • „Die SuS erhielten die Aufgabe für 5 verschiedene Pendellängen bei der selben Masse und für 5 verschiedene Massen bei der selben Pendellänge für 10 Perioden die Zeit zu stoppen und zu notieren.“ • „Im Anschluss sollten die Schüler mit Hilfe eines Textes aus ihrem Buch, den Ablauf und das Benötigte Material des Experimentes selbst erarbeiten.“ • „Zu Beginn der Stunde wurde im Klassengespräch erarbeitet, welche Kategorien in einem Protokoll vorkommen und welche formellen Aspekte ich von einem Protokoll erwarte.“ • „Die Materialien lagen auf einem separaten fahrbaren Experimentier- 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Planung der Unterrichtsstunde (das beinhaltet auch die Auswahl des Experiments und Vorbereitungen vor der Stunde) ist nicht einbegriffen, sondern fällt in den Bereich „keine Teilkompetenz des EZ“. • Es ist egal, ob die Überlegungen von den Lernenden gemacht werden oder von der Lehrkraft (gef. als Vorgabe). • Das Zeigen des Aufbaus meint nur die Präsentation eines fertigen Aufbaus. Wird während der Stunde

	<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsblätter und ähnliches (z.B. vorgefertigte Protokollbögen), die konkret für Planung, Dokumentation, Auswertung etc. des Experiments helfen (evtl. mit Arbeitsaufträgen, Informationen etc.) • Hausaufgaben zur Planung des Experiments (Material mitbringen, Experiment vorbereiten, ...) • Lehr- und Lernziele für die Planung des Experiments 	<p>wagen und wurden von mir den einzelnen Gruppen zugeordnet.“</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Ein möglicher Experimentieraufbau wurde vorher gezeigt, sodass sich an der Stelle nicht extra etwas ausgedacht werden musste.“ 	<p>aktiv aufgebaut, gehört dies in den Bereich „Versuch funktionstüchtig aufbauen“.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Beschreibungen der intendierten Abläufe sind von den Beschreibungen der geschienenen Abläufe zu unterscheiden, da letztere oft Umsetzungen sind, die nicht mehr zur Planung zählen.
<p>Versuch funktionstüchtig aufbauen</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • aktiver Aufbau des Experiments im Unterricht • Umsetzung von Planungen bzw. Vorgaben zum Aufbau • Testen der Funktionsweise des Experiments oder einzelner Geräte im Unterricht • Veränderungen am Experiment-Aufbau während der Durchführung • Beschreibung des Versuchsaufbaus oder Nennen der Gerätschaften 	<ul style="list-style-type: none"> • „Die Schaltung ist relativ komplex und Schüler neigen zum übermäßigen Gebrauch von Kabeln.“ • „Dieses Experiment wurde entgegen der Arbeitsanweisung von den Schülern teilweise umgebaut.“ • „Den Spannungsgenerator habe ich so positioniert, dass die Anzeige für alle Sus gut sichtbar war.“ • „Auch habe ich erfahren, wie wichtig es ist, etwas mehr Material vorbereitet zu haben, denn beim Einspannen des Erlemerkolbens ist er leicht 	<ul style="list-style-type: none"> • Es ist egal, ob die Handlungen von den Lernenden durchgeführt werden oder von der Lehrkraft. • Der aktive Aufbau oder Test der Funktion soll im Unterricht stattfinden. Der Aufbau eines Experiments oder Test der Funktion durch die Lehrkraft vor der Stunde, z.B. in einem Vorbereitungsraum, ist Unterrichtsvorbereitung

	<ul style="list-style-type: none"> • Schilderung von Problemen bei der Versuchsanordnung (z.B. schlechte Sichtbarkeit) • Bewertungen zur Versuchsanordnung (z.B. gute Sichtbarkeit) • Verbesserungen bzw. Veränderungen für den Aufbau • Lehr- und Lernziele für das Aufbauen eines Experiments 	<p>gesprungen, weshalb er undicht war und ich ihn austauschen musste.“</p>	<p>und gehört zu „keine Teilkompetenz des EZ“.</p>
<p>Beobachten / Messen / Dokumentieren</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung von Messungen bzw. des Experiments allgemein • Schilderungen, was beim Experiment beobachtet wurde • Dokumentation von Messwerten bzw. Beobachtungen • Schilderungen des Verhaltens der Lernenden während des Beobachtens, Messens und Dokumentierens • Schilderungen der Arbeitsatmosphäre während des Beobachtens, Messens und Dokumentierens • Eingriffe der Lehrkraft während der Durchführung des Experiments 	<ul style="list-style-type: none"> • „Ich blieb den Ballon auf und ließ das Auto losfahren. Die SuS beobachteten [...].“ • „Da einige Schüler mit diesem [Basketball] allerdings nicht im Sinne der Arbeitsanweisung umgingen wurde dieser Ball im Verlaufe der Experimentierzeit aus dem Experiment entfernt.“ • „Hier fiel auf, dass einige Gruppen sehr viel langsamer arbeiteten als andere. Hier wurde es sehr unruhig in der Klasse.“ • „Eine weitere Alternative wäre es gewesen, dass Experiment abzubrechen, [...].“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Sofern nicht weiter spezifiziert, ist es egal, ob die Handlungen von den Lernenden durchgeführt werden oder von der Lehrkraft. • Protokolle zählen nur in diese Kategorie, wenn es sich ausdrücklich um die Anfertigung von Messprotokollen handelt. • Vergleich, Diskussion und Gegenüberstellung von Beobachtungen und Messungen zählt nicht mehr in die Phase

	<ul style="list-style-type: none"> Lehr- und Lernziele, die das Messen, das Beobachten oder die Aufzeichnung von Messwerten betreffen. 	<ul style="list-style-type: none"> „Alle Gruppen, mit Ausnahme von Einer, haben eigene Messwerte.“ 	<ul style="list-style-type: none"> „Beobachten / Messen / Dokumentieren“. Wird lediglich von „Experimentieren“ in einem nicht weiter spezifizierten Sinn geschrieben (also ohne klaren Bezug zum Beobachten, Messen oder Dokumentieren), ist dies zu allgemein und ist der Kategorie „keine Teilkompetenz des EZ“ zuzuordnen.
Daten aufbereiten	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zusammentragen, Vergleichen oder Ergänzen der Beobachtungen und Messwerte Berechnungen mit den Messwerten Graphische oder Tabellarische Darstellung der Messwerte (digital oder analog) Suchen von Zusammenhängen Arbeiten mit Hilfsmitteln wie vorgefertigten Tabellen, Protokollen 	<ul style="list-style-type: none"> „Im Anschluss wurde die Ergebnisse verglichen [...].“ „Zunächst betrachteten wir die Abhängigkeit und erkannten, dass im mittleren Bereich eine lineare Abhängigkeit vorlag.“ „Leider konnte ich die Werte mit dem Messprogramm nicht direkt darstellen, weshalb ich in der Pause einige aufgenommene Werte in meinen PC eintragen musste, um sie grafisch darzustellen.“ 	<ul style="list-style-type: none"> Es ist egal, ob die Handlungen von den Lernenden durchgeführt werden oder von der Lehrkraft. Anforderung an Protokolle und Tabellen für diese Kategorie: Spezifischer Bezug zur Datenaufbereitung (z.B. Berechnungen oder Tabellen zur Darstellung; alles, was

	<p>etc. für die Aufbereitung (nicht Dokumentation) der Daten</p> <ul style="list-style-type: none"> Lehr- und Lernziele für die Datenaufbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> „Daraus sollte die entsprechende Gitterkonstante der Graphitfolie bestimmt werden.“ 	<p>über das Dokumentieren der direkt gemessenen „Rohdaten“ hinausgeht).</p> <ul style="list-style-type: none"> Wird ein Zusammenhang zweier Variablen untersucht oder festgestellt, ist auf „Daten aufbereiten“ zu entscheiden, wenn der Untersuchungsprozess im Fokus ist. Wird (daraus) eine Gesetzmäßigkeit formuliert, zählt dies zu „Schlüsse ziehen / diskutieren“. Alle Reflexionselemente für die Phase der Datenaufbereitung sind einbegriffen.
<p>Schlüsse ziehen / diskutieren</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Auswertung des Experiments, sofern diese nicht explizit auf Aspekte der Phase „Daten aufbereiten“ bezogen ist Überprüfung und ggf. Überarbeitung der Hypothesen nach dem Experiment 	<ul style="list-style-type: none"> „Abschließend wurde ein Merksatz vorgegeben, um fehlende Zeit einzusparen.“ „Dabei sollten sie zu der Erkenntnis gelangen, von welchen Größen die 	<ul style="list-style-type: none"> Es ist egal, ob die Handlungen von den Lernenden durchgeführt werden oder von der Lehrkraft. Erst, wenn eine Gesetzmäßigkeit (im

	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretation der Daten und Ergebnisse in Bezug auf die Fragestellung • Begründungen bzw. Erklärungen für das Beobachtete und Gemessene • Entwicklung und Begründung eigener Positionen zu den Ergebnissen • Festhalten von Schlussfolgerungen, Erkenntnissen, Gesetzmäßigkeiten, Merksätzen etc. (mündlich oder schriftlich) • Untersuchung von Fehlern (z.B. Messfehler, Planungsfehler, ...) sowie Problemlösungsvorschläge dazu • Lehr- und Lernziele für das Ziehen von Schlussfolgerungen und die Diskussion der Ergebnisse 	<p>Periodendauer eines Fadenpendels abhängig ist.“</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Als Konsequenz für spätere Jahre würde ich mitnehmen, dass es besonders wichtig ist in diesem Thema [Radioaktivität] dafür zu sorgen, dass die Schüler zwar Respekt vor der Strahlung haben, aber man keine Angst vor allem radioaktiven haben. Sondern es als etwas natürliches sehen.“ • „Die leistungsstarken SuS [...] haben die Lenzsche Regel sehr schnell in ihre Deutung einbringen können, [...].“ • „Auf diese Fehlerquellen gingen wir dann bei der Auswertung ein.“ 	<p>Sinne einer Erkenntnis) formuliert wird, zählt dies zu „Schlüsse ziehen / diskutieren“. Beim (vorangehenden) Prozess, entsprechende Zusammenhänge zu untersuchen und ggf. festzustellen, ist auf „Daten aufbereiten“ zu entscheiden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Untersuchung von Fehlern mit ggf. Lösungsvorschlägen bezieht sich in dieser Kategorie auf die Analyse während des Unterrichts, also mit den Lernenden. Die Analyse der Experimentier-situation im Rahmen der Reflexionselemente, wie Bewertung und Alternativen, ist den Kategorien normal zuzuordnen.
--	---	---	--

<p>Nicht auf Teilkompetenzen des Experimentierzyklus bezogen (kurz: keine Teilkompetenz des EZ)</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Überschriften und Teilüberschriften zur Gliederung oder Ähnlichem • Quellenangaben • Unterrichtsreihe, Thema, Klassenstufe sowie räumliche und zeitliche Rahmenbedingungen • organisatorische Inhalte (z.B. Gruppeneinteilung, Verzögerungen im Zeitplan, ...) • grobe Bewertung der Gesamt-Stunde • Benennung des Experiments • Planung und Vorbereitung des Unterrichts (z.B. Erstellen und Drucken von Arbeitsblättern, Testen bzw. Üben des Aufbaus und der Durchführung des Experiments, Vorbereitungszeit der Lehrkraft, Begründung der Auswahl des Experiments, ...) • Aufbau des Experiments durch Lehrkraft in der Vorstunde oder während der Stundenvorbereitung 	<ul style="list-style-type: none"> • „Der Beginn des Experimentes erfolgte leicht verspätet.“ • „Die Stunde begann so, wie im Verlaufsplan beschrieben.“ • „Die Doppelstunde in der 10. Klasse stand unter dem Motto ‚Der Forschung ganz nah!‘.“ • „Als Demonstrationsexperiment wurde zum einen ein Probekörper, ein Styroporkügelchen, in die Umgebung der aufgeladenen Konduktorkugel eines Bandgenerators gebracht und anschließend das Verhalten von Papierwimpeln am Bandgenerator untersucht.“ • „Als Konsequenz sehe ich die stärkere Beachtung der Lerngruppe bei der Auswahl der Methoden zur Stoff Vermittlung.“ • „Auf diese Weise zieht sich leider die Unterrichtsreihe in die Länge.“ • „Dieses [Arbeitsblatt] sollte vor der Unterrichtsstunde ausgedruckt werden, was aufgrund technischer Probleme leider nicht möglich war.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei starkem Zweifel an der Kategorie oder wenn für eine Zuordnung zu viel interpretiert werden müsste (zu allgemeine oder unspezifische Aussagen), wird auf „keine Teilkompetenz des EZ“ entschieden. • Bei Protokollen ist darauf zu achten, dass Messprotokolle in die Kategorie „Beobachten / Messen / Dokumentieren“ zählen.
---	---	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • allgemein gefasste Verwendung der Begriffe Experimentieren bzw. Experiment • allgemeine Erwähnung von Protokollen bzw. Protokollieren ohne spezifisches Eingehen auf eine der Phasen des Experimentierzyklus • Wiederholung des Vorwissens • Aufgaben oder Vergleichen von Hausaufgaben, sofern diese nicht eine der sieben Teilkompetenzen des Experimentierens betreffen • Aussagen, die sich auf keine Phase des Experimentierzyklus beziehen • Lehr- und Lernziele, die keine Phase des Experimentierzyklus betreffen 	<ul style="list-style-type: none"> • „Das Ziel war, dass die SuS sich im Experimentieren und im Verfassen von Protokollen üben.“ • „Die aufgetauchten Fragen wollte ich in der nächsten Stunde nochmal aufgreifen um das Thema ‚Nature of Science‘ noch etwas abzurunden.“ • „Wenn ich jedoch das inhaltliche Ziel der Erkenntnisgewinnung verfolgen will, muss ich dabei kleinschrittiger vorgehen.“ 	
--	--	--	--

Anhang C: Kodiermanual für die Planungsphase

Alle Reflexionselemente (Rahmenbedingungen, Beschreibung, Bewertung, Alternativen, Konsequenzen) sind der entsprechenden Kategorie zuzuordnen, auf die sie sich beziehen.

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
<p>Arbeitsaufträge</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierungen oder Erwähnungen physikdidaktischer Arbeitsaufträge 	<ul style="list-style-type: none"> • „Danach gab ich die Anweisung den ersten Schaltkreis zu bauen, [...]“ • „Es sollte beobachtet werden was passiert, wenn eine und später mehrere Glühlampen in Reihe geschaltet sind [...]“ • „Anschließend präsentierte ich die Aufgabe, welche grob lautete: ,Untersuche die Fallbewegung eines Fallkegels und skizziere einen Graphen der Bewegung in einem v-t-Diagramm.‘“ • „Sie sollten für fünf verschiedene Fadenlängen jeweils drei Mal die Zeit für zehn Sekunden messen [...]“ • „Im Anschluss sollten die Schüler mit Hilfe eines Textes aus ihrem Buch, den Ablauf und das Benötigte Material des Experimentes selbst erarbeiten.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Zu dieser Kategorie zählen nur Arbeitsaufträge, die einen physikdidaktischen Zweck verfolgen. Anforderungen wie Materialien zu holen, ein Fenster zu schließen etc. sind nicht einbezogen. • Die Arbeitsaufträge können sowohl wörtlich wiedergegeben werden (z.B. auf einem Arbeitsblatt) als auch im Fließtext lediglich erwähnt werden. • Wichtig ist die Unterscheidung zwischen intendierter und umgesetzter Handlung: Wird eine Intention

		<ul style="list-style-type: none"> • „Vor dem eigentlichen Experimentieren gab es eine konkrete Aufgabe durch die Lehrperson und eine kurze Einführung in das Experiment ‚Fadenpendel‘.“ 	<p>formuliert („Die Lernenden sollen ...“), handelt es sich um einen Arbeitsauftrag. Wird eine stattgefundenene Handlung thematisiert („Die Lernenden haben ...“), handelt es sich um eine Arbeitsphase.</p>
<p>Arbeitsphasen der Lernenden</p>	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • selbstständige Ausarbeitungen von Planungsaspekten durch die Lernenden allein oder in Gruppen • Übernehmen von Tafelbildern, Informationen aus einem Buch etc. • Lesen und (aktive) Bearbeitung von Arbeitsaufträgen 	<ul style="list-style-type: none"> • „Im Anschluss erarbeiteten die Schüler mit Hilfe eines Textes aus ihrem Buch, den Ablauf und das Benötigte Material des Experimentes selbst.“ • „Beim Schülerexperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...].“ • „Am Anfang stellten die SuS zahlreiche Fragen, ob alle Materialien genutzt werden müssen und inwiefern sich ein Luftballon selbst aufblasen kann.“ • „[Der Versuchsaufbau wurde] in den Hefter übernommen.“ • „[...] jedoch wurden die Arbeitsaufträge nicht aufmerksam 	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidend ist die aktive Handlung der Lernenden. • Die Arbeitsphase kann auch von bereitgestelltem Material angeleitet werden. • Wichtig ist die Unterscheidung zwischen intendierter und umgesetzter Handlung: Wird eine Intention formuliert („Die Lernenden sollen ...“), handelt es sich um einen Arbeitsauftrag. Wird eine stattgefundenene Handlung thematisiert („Die

		durchgelesen, wodurch Missverständnisse hätten verhindert werden können.“	Lernenden haben ...“), handelt es sich um eine Arbeitsphase.
Materialbereitstellungen	Dies beinhaltet: <ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellung von Arbeitsblättern, Protokollen, Materialien für das Experiment etc. • Bezüge zu den bereitgestellten Materialien 	<ul style="list-style-type: none"> • „Die Materialien lagen auf einem separaten fahrbaren Experimentierwagen und wurden von mir den einzelnen Gruppen zugeordnet.“ • „Durch das vorbereitete Protokoll sollten die SuS bei der Durchführung des Experimentes entlastet werden [...].“ • „Dazu wurde ein Protokollbogen ausgegeben, der sehr stark strukturiert war.“ • „Dazu lagen auf dem Lehrertisch einige Hilfefkarten bereit.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Vor allem bei Arbeitsblättern ist zu beachten, ob hierbei das Material an sich oder der Arbeitsauftrag darauf im Fokus steht. Anhand dessen ist auf eine Zuordnung zu den Kategorien „Materialbereitstellungen“ oder „Arbeitsaufträge“ zu entscheiden.
Präsentationen der Lehrkraft	Dies beinhaltet: <ul style="list-style-type: none"> • Präsentationen von Beiträgen der Lehrperson zur Experimentplanung (z.B. Präsentation eines Aufbaus, einer Skizze, einer geeigneten Dokumentationsweise etc.) • Erklärungen bzw. Erläuterungen, die von der Lehrperson vorgetragen werden 	<ul style="list-style-type: none"> • „Nach einer kurzen Wiederholung [...] zeigte ich die an der Tischkante montierte Blattfeder und einen Federkraftmesser.“ • „Außerdem wäre es sinnvoll, wenn der Fernzugriff demonstriert werden könnte mit Handy und Smartboard.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Präsentationen haben die Form eines Lehrervortrags, können aber auch in Form von Videos, PowerPoint-Präsentationen etc. geschehen. • Ein entscheidender Unterschied zum Unterrichtsgespräch ist

		<ul style="list-style-type: none"> • „Ich zeigte den SuS, was ich mitgebracht hatte und was ich machen werde.“ • „Dieser [Bau der Handyschaukel] wurde durch eine Videoanleitung und anschließend durch eine Bilderabfolge veranschaulicht.“ • „Bei diesem Experiment habe ich nochmals explizit auf die Gefahren beim Arbeiten mit Hochspannung hingewiesen.“ 	<p>die deutlich höhere Passivität der Lernenden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wird ein Arbeitsauftrag vorgestellt, wird das Segment der Kategorie „Arbeitsaufträge“ zugeordnet.
Unterrichtsgespräche	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Situationen, die in Form eines Unterrichtsgesprächs ablaufen 	<ul style="list-style-type: none"> • „Im Unterrichtsgespräch wurde daraufhin erfragt, was ich nun tun könne, um diese Blattfeder möglichst stark auszulenken.“ • „Deswegen wurde in Folge dessen das Amperemeter sowie der Aufbau des Experimentes mit den SuS besprochen.“ • „Im Anschluss wurde dies [das erarbeitete Material] verglichen.“ • „Beim Rungehen wurde durch ein L-S-Gespräch die Thematik des thermischen Verhaltens von Gasen [...] von den Lernenden erläutert, [...]“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Ein entscheidender Unterschied zur Präsentation der Lehrkraft ist die deutlich höhere Aktivität der Lernenden.

		<ul style="list-style-type: none"> • „Nachdem sich alle SuS um den Lehrertisch versammelt hatten, stellte ich gezielte Fragen.“ 	
Zusammenfassungen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierungen mit allgemeinem Bezug auf die Planungsphase • Formulierungen ohne spezifizierten Bezug auf die Kategorien der Planungsphase 	<ul style="list-style-type: none"> • „Durch die Vorbereitung des Experimentes könnte in der Folgestunde dann das Experiment problemarm durchgeführt werden.“ • „Da lediglich ein Transfer von bereits bekanntem Wissen stattfinden sollte, hätte die Zeit effizienter genutzt werden, wenn das Vorgehen gemeinsam erarbeitet worden wäre.“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Auch Konsequenzen sind der Kategorie zuzuordnen, auf die sie sich beziehen. • Wenn für eine Zuordnung zu den anderen Kategorien zu viel interpretiert werden müsste (zu allgemeine oder unspezifische Aussagen), wird auf „Zusammenfassung“ entschieden.

Anhang D: Kodiermanual für die Offenheitsgrade

Alle Reflexionselemente (Rahmenbedingungen, Beschreibung, Bewertung, Alternativen, Konsequenzen) sind der entsprechenden Kategorie zuzuordnen, auf die sie sich beziehen.

Arbeitsaufträge

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
Offen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsaufträge, in denen höchstens einer der Aspekte Ausgangslage, Ziel und Lösungsweg vorgegeben ist <p>Typische Aufträge:</p> <ul style="list-style-type: none"> „Beobachtet mal ...“ ohne klare Vorgabe eines zu beobachtenden Aspekts 	<ul style="list-style-type: none"> „Untersuche die Fallbewegung eines Fallkegels und skizziere einen Graphen der Bewegung in einem v-t-Diagramm.“ „Dabei war der Arbeitsauftrag der SchülerInnen, die Flüssigkeiten in den Säulen zu Beobachten.“ 	<ul style="list-style-type: none"> Ausgangslage: z.B. zu verwendende Materialien, Aufbau etc. Ziel: z.B. was mit dem Experiment gezeigt werden soll Lösungsweg: z.B. die Verfahrungsweise für die Messungen, der Beobachtungsfokus etc.
Geschlossen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsaufträge, in denen mindestens zwei der Aspekte Ausgangslage, Ziel und Lösungsweg vorgegeben sind <p>Typische Aufträge:</p>	<ul style="list-style-type: none"> „Danach gab ich die Anweisung den ersten Schaltkreis zu bauen, der dem Schaltplan entspricht, welcher sich an der Tafel befindet.“ „Im Anschluss sollten die Schüler mit Hilfe eines Textes aus ihrem Buch, den 	<ul style="list-style-type: none"> Bei starker Unsicherheit bezüglich des Offenheitsgrades ist auf „Unklar“ zu entscheiden.

	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgaben für Bau oder Skizze mit „wohldefiniertem“ Ziel (Auftrag zum „Nachbauen“) • Vorgabe der Quellen zur Informationsbeschaffung • vorgegebene Durchführungsweise (Beobachtung, Messung, Dokumentation) eines Experiments (Auftrag zum Abarbeiten einer Art „Algorithmus“) 	<p>Ablauf und das Benötigte Material des Experimentes selbst erarbeiten.“</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Die SuS sollten in Dreiergruppen nun für die nächsten 20 Minuten, mittels ihrer eigenen Smartphones und einer vorgegeben Simulation, die Beeinflussung der verschiedenen Parameter prüfen, indem sie die Schwingungsdauer für 10 Schwingungen missten und die Parameter durch Vorgaben der Lehrkraft variierten.“ 	
Unklar	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsaufträge, die zu undetailliert beschrieben sind, um über deren Offenheitsgrad zu entscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> • „Auf diesem Bogen war ein Arbeitsauftrag vermerkt, der auch nochmals erläutert wurde.“ • „Vor dem eigentlichen Experimentieren gab es eine konkrete Aufgabe durch die Lehrperson und eine kurze Einführung in das Experiment ‚Fadenpendel‘.“ • „Nachdem der Arbeitsauftrag bekannt gegeben wurde, [...]“ 	

Arbeitsphasen der Lernenden

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
Offen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsphasen, in denen nur das Ziel oder die Ausgangslage vorgegeben ist selbstständige Informationsbeschaffung der Lernenden aus selbst ausgewählten Quellen Arbeitsphasen, in denen eigene Gedanken und Ideen der Lernenden erforderlich sind und individuelle Methoden möglich sind 	<ul style="list-style-type: none"> „Beim Schülerexperiment mussten die Lernenden das Experiment eigenständig planen [...]“ „Am Anfang stellten die SuS zahlreiche Fragen, ob alle Materialien genutzt werden müssen [...]“ 	<ul style="list-style-type: none"> Betrachtet wird der Offenheitsgrad der inhaltlichen Dimension und nicht der formalen Dimension (z.B. Zeitvorgaben) Ausgangslage: z.B. zu verwendende Materialien, Aufbau etc. Ziel: z.B. was mit dem Experiment gezeigt werden soll
Geschlossen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsphasen, in denen der Lösungsweg vorgegeben ist, also was in welcher Art und Weise und Häufigkeit etc. zu tun ist (Prinzip „Malen nach Zahlen“) vorgeschriebene Quellen bei Erarbeitungsphasen Lesen von Arbeitsaufträgen 	<ul style="list-style-type: none"> „[Der Versuchsaufbau wurde] in den Hefter übernommen.“ „Es zeigte sich, dass ein Großteil der SuS die Anleitung nicht vollständig gelesen hatten bzw. erst gar nicht beachtet hatten.“ 	<ul style="list-style-type: none"> Lösungsweg: z.B. die Verfahrensweise für die Messungen, der Beobachtungsfokus etc. Bei starker Unsicherheit bezüglich des Offenheitsgrades ist auf „Unklar“ zu entscheiden.

Unklar	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Arbeitsphasen der Lernenden, die zu undetailliert beschrieben sind, um über deren Offenheitsgrad zu entscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> „Am Ende hatten aber alle Schüler die Vorbereitung zufriedenstellend absolviert.“ „Für den Arbeitsauftrag der Durchführung und des Protokollieren hatten die Lernenden insgesamt 30 Minuten Zeit.“ „Auch die Schüler müssen eine große Anzahl an Vorbereitungsfragen (Dauer 30-60min) beantworten, [...]“ 	
--------	---	---	--

Materialbereitstellungen

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
Offen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Situationen, in denen die Lernenden frei auswählen können, welches Material Sie nutzen wollen 	<ul style="list-style-type: none"> „Dazu lagen auf dem Lehrertisch einige Hilfekarten bereit.“ „Um diese Aussage in Bezug auf das themische Verhalten von Gasen zu untersuchen wurden ihnen folgende Materialien zur Verfügung gestellt: [...]“ 	<ul style="list-style-type: none"> Bei starker Unsicherheit bezüglich des Offenheitsgrades ist auf „Unklar“ zu entscheiden.
Geschlossen	Dies beinhaltet:	<ul style="list-style-type: none"> „Die Materialien lagen auf einem separaten fahrbaren Experimentier- 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Materialbereitstellung ohne echte Auswahlmöglichkeiten für die Lernenden • feste Materialzuteilungen 	<p>wagen und wurden von mir den einzelnen Gruppen zugeordnet.“</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Dazu wurde ein Protokollbogen ausgegeben, der sehr stark strukturiert war.“ • „Das Material, dass von den SuS zu verwenden war, lag auf dem Lehrerpult bereit.“ • „Erstens wollten wir herausfinden, in wie weit die Schüler mit den vorgefertigten/mitgelieferten Protokollen zu recht kommen, bzw. wie man diese noch umändern sollte.“ • „Außerdem gab es diese Anleitung nicht für jede/n SchülerIn, sondern immer nur zwei je vierer Gruppe.“ 	
Unklar	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materialbereitstellungen, die undetailliert beschrieben sind, um über deren Offenheitsgrad zu entscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> • „Für das Experiment war ein Arbeitsblatt vorgesehen, welches die SuS die gesamte Unterrichtsstunde lang anleiten sollte.“ • „Die Anleitungen, welche bei der Durchführung der Experimente und dem Ausfüllen der Protokollvorlage helfen sollten, stellten sich im Verlauf der Stunde als eine weitere Schwierigkeit heraus.“ 	

Unterrichtsgespräche

Kategorie	Definition	Ankerbeispiele	Kodierungsregeln
Offen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Unterrichtsgespräche, in denen die Lehrperson vor allem eine moderierende Rolle einnimmt und die Lernenden hauptsächlich untereinander im Gespräch sind 	<ul style="list-style-type: none"> Offene Unterrichtsgespräche waren nicht in den Texten identifizierbar. 	<ul style="list-style-type: none"> Bei starker Unsicherheit bezüglich des Offenheitsgrades ist auf „Unklar“ zu entscheiden.
Geschlossen	<p>Dies beinhaltet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Stark von der Lehrkraft gesteuerte Dialoge zwischen Lehrperson und Klasse; z.B. Sokratisches „Ausfragen“ oder das Klären von Rückfragen 	<ul style="list-style-type: none"> „[...] Nachdem sich alle SuS um den Lehrertisch versammelt hatten, stellte ich gezielte Fragen. Z. B., wie es denn gelingen könnte die negativen Ladungsträger [...] fließen zu lassen. Einige Schüler meldeten sich und meinten, dass es einer Verbindung bedarf. Ich hakte nach, was es denn für eine Verbindung sein könnte. [...]“ „[...] Als nächsten Schritt, fragte ich nach der Sinnhaftigkeit beide Pole einfach durch einen Draht zu verbinden. Einige SuS konnten hier sofort einhaken. [...]“ 	
Unklar	Dies beinhaltet:	<ul style="list-style-type: none"> „Im Unterrichtsgespräch wurde daraufhin erfragt, was ich nun tun 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Unterrichtsgespräche, die zu undetailliert beschrieben sind, um über deren Offenheitsgrad zu entscheiden 	<p>könne, um diese Blattfeder möglichst stark auszulenken.“</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Zusätzlich wurde der Versuchsaufbau besprochen [...]“ • „Zu Beginn der Stunde wurde im Klassengespräch erarbeitet, welche Kategorien in einem Protokoll vorkommen und welche formellen Aspekte ich von einem Protokoll erwarte.“ 	
--	--	--	--

Literaturverzeichnis

- Aphorismen.de. (o. J.). <https://www.aphorismen.de/zitat/5736>
- Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Aufschneiter, C. von, Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, 2, 144–159. <https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144>
- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 271–316). Leske + Budrich.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN): Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341–349.
- Bruckermann, T., Aschermann, E., Bresges, A. & Schlüter, K. (2017). Metacognitive and multimedia support of experiments in inquiry learning for science teacher preparation. *International Journal of Science Education*, 39(6), 701–722. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1301691>
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39(2), 223–238.
- Dickmann, M. (2016). *Messung von Experimentierfähigkeiten: Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 210*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K. & Viiri, J. (2014). *Quality of Instruction in Physics: Comparing Finland, Switzerland and Germany* (1. Aufl.). Waxmann Verlag GmbH.
- Gignac, G. E. & Szodorai, E. T. (2016). Effect size guidelines for individual differences researchers. *Personality and Individual Differences*, 102, 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.06.069>
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 193–246). Springer Spektrum.
- Häcker, T. (2019). Reflexive Professionalisierung. Anmerkungen zu dem ambitionierten Anspruch, die Reflexionskompetenz angehender Lehrkräfte umfassend zu fördern. In M. Degeling, N. Franken, S. Freund, S. Greiten, D. Neuhaus & J. Schellenbach-Zell (Hrsg.), *Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung: Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (S. 81–96). Verlag Julius Klinkhardt.
- Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science: A review of research*. Scottish Council for Research in Education.
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33–49. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U)

- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. Aufl.). Klett Kallmeyer.
- Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21, 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Klahr, D. & Dunbar, K. (2002). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes* (1. Aufl.). A Bradford book. MIT Press.
- Korthagen, F. A. J. (1999). Linking Reflection and Technical Competence: the logbook as an instrument in teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 22(2-3), 191–207.
- Kost, D. (2019). *Reflexionsprozesse von Studierenden des Physiklehramts* [Dissertation]. Justus-Liebig-Universität Gießen.
- Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (1. Aufl., S. 113–128). Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_7
- Kuhn, J. (2010). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht* (1. Aufl.). Vieweg + Teubner.
- Kultusministerkonferenz. (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Sekretariat der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf
- Lai, G. & Calandra, B. (2007). Using online scaffolds to enhance preservice teachers' reflective journal writing: A qualitative analysis. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 3(3), 66–81.
- 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>
- Lindner, M. (2008). Lehrerfortbildung heute - Sind Lehrkräfte Fortbildungsresistent? Erfahrungen aus den Programmen SINUS und CHiK als Modelle für Lehrerfortbildung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(3), 164–168.
- Maiseyenko, V., Schecker, H. & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts: Symbiotische Kooperation bei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 12(1), 1–17.
- Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [Online Journal]*, 1(2), Art. 20. <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1089/2384>
- Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (im Druck). ReFeed: computerunterstütztes Feedback zu Reflexionstexten: Ein Lehrkonzept zur Förderung

- der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte an der Universität Potsdam. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht*. Waxmann Verlag GmbH.
- Naeve-Stoß, N., Jenert, T. & Brahm, T. (2019). Fachbezogene Reflexion in der beruflichen Lehrer*innenbildung. *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online, Ausgabe 37*, 1–20. http://www.bwpat.de/ausgabe37/naeve-stoss_etal_bwpat37.pdf
- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60(6), 42–49.
- Nowak, A., Liepertz, S. & Borowski, A. (2017). Stärkung der Reflexionskompetenz im Praxissemester Physik. In C. Maurer (Vorsitz), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung in Zürich 2016*. Symposium im Rahmen der Tagung von Universität Regensburg.
- Nowak, A., Liepertz, S. & Borowski, A. (2018). Reflexionskompetenz von Praxissemesterstudierenden im Fach Physik. In C. Maurer (Vorsitz), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung in Regensburg 2017*. Symposium im Rahmen der Tagung von Universität Regensburg.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P. R.-J., van Tartwijk, J. & Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. *European Journal of Teacher Education*, 37(3), 348–373. <https://doi.org/10.1080/02619768.2014.892479>
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Stede, M., Mamprin, S. & Peldszus, A. (2016). Diskurssegmentierung. In M. Stede (Hrsg.), *Handbuch Textannotation: Potsdamer Kommentarkorpus 2.0* (S. 23–44). Universitätsverlag Potsdam.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Windt, A. & Lenske, G. (2016). Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst. In C. Maurer (Vorsitz), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung in Berlin 2015*. Symposium im Rahmen der Tagung von Universität Regensburg.
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Nowak, A., Becker, L., Robalino, H., Stede, M. & Borowski, A. (2021). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>