

Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)
im Fach Chemie
Spezialisierung: Didaktik der Chemie

eingereicht an der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
von

Raphael Weiß

Berlin, 2024

Erste Gutachterin: Prof. Dr. Dr. Ilka Parchmann

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Burkhard Priemer

Tag der mündlichen Prüfung: 28.02.2025

Zusammenfassung

Über das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht lassen sich nicht nur naturwissenschaftliche Unterrichtsziele erreichen, sondern die Fähigkeit zu evidenzbasiertem Argumentieren stellt selbst eine Schlüsselkompetenz naturwissenschaftlicher Bildung dar. Denn durch die evidenzbasierte Auseinandersetzung mit experimentellen Ergebnissen, Behauptungen und Erklärungen ist das Argumentieren nicht nur mit dem Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte und Kompetenzen verbunden, sondern auch mit der Förderung eines wissenschaftlichen Denkens (*scientific reasoning*) im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Um das dafür notwendige Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu etablieren, kommt Lehrkräften bei der konkreten Schaffung von Argumentationsanlässen eine zentrale Rolle zu. Bisherige Fördermaßnahmen zeigen jedoch, dass (angehende) Lehrkräfte Schwierigkeiten bei der Implementation von Argumentationen im Unterricht haben. Da sie den naturwissenschaftlichen Unterricht maßgeblich gestalten, untersucht diese Arbeit die professionelle Handlungskompetenz angehender Lehrkräfte, Argumentationsanlässe zu erkennen und in Unterrichtssituationen adäquat zu adressieren. Damit sind die situationsspezifischen Fähigkeiten einer Lehrkraft gemeint, ihr fachdidaktisches Wissen über Argumentationsanlässe in Unterrichtssituationen anzuwenden, um somit Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu initiieren. Die vorliegende Arbeit dokumentiert die Entwicklung und Erprobung eines vignettenbasierten Trainings zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen in drei aufeinander aufbauenden qualitativen Studien, denen methodologisch eine fachdidaktische Entwicklungsforschung zugrunde liegt.

In der ersten Studie, einem systematischen Review, werden die bisherigen theoretischen Befunde aus der Lehrkräftebildung zum Argumentieren systematisch aufbereitet und unter einem Modell professioneller Handlungskompetenz eingeordnet (Studie 1), um die Schwierigkeiten von Lehrkräften bei der Umsetzung von Argumentationen im Unterricht besser einordnen zu können. Dabei werden unter anderem relevante situationsspezifische Kompetenzen, wie z. B. die professionelle Wahrnehmung von Argumentationen, als bislang wenig explizit betrachtetes Forschungsfeld identifiziert. Um zu diesem Forschungsfeld beizutragen, wurde entschieden, die professionelle Wahrnehmung von Grundbedingungen einer Argumentation im Unterricht, sogenannte Argumentationsanlässe, zu fokussieren. Unter Argumentationsanlässen werden strittige, fachlich-relevante Unterrichtssituationen verstanden, die naturwissenschaftliche Argumentationen aufseiten der Lernenden (zumindest theoretisch) ermöglichen. Dieses Verständnis eröffnet einen unterrichtsbasierten Zugang zu Argumentationsanlässen, der den Rahmen für die zweite Studie bildet. Darin steht die Entwicklung und Validierung eines Kategoriensystems zur professionellen Wahrnehmung von Argumentations-

anlässen aus dem Chemie- und Physikunterricht im Zentrum (Studie 2). Es wurden Videos aus dem Chemie- und Physikunterricht der Sekundarstufe I im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse auf potenzielle Argumentationsanlässe gesichtet, beschrieben und klassifiziert. Flankiert wurde dies durch die Entwicklung und empirische, fallbasierte Erprobung einer vignettenbasierten Praxisaktivität mit vier Expert:innen aus der Naturwissenschaftsdidaktik. Dies geschah unter Verwendung des Kategoriensystems als unterstützendes Instrument zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen. Durch die qualitative Analyse der Antworten eines mehrstufigen Expertenratings konnten sowohl das Kategoriensystem als auch die Praxisaktivität validiert werden.

Um erste Hinweise darauf zu erhalten, wie Studierende mit der Praxisaktivität und dem Kategoriensystem Argumentationsanlässe professionell wahrnehmen, wurde eine fallbasierte Erprobung mit acht Physiklehramtsstudierenden durchgeführt (Studie 3). Hierbei wurden die Antworten der Physiklehramtsstudierenden aus der Praxisaktivität in den Schritten Identifikation, Beschreibung, Begründung und Vorhersage qualitativ ausgewertet und von drei naturwissenschaftsdidaktischen Expert:innen bewertet. Aus der Analyse dieser Antworten lassen sich erste Hypothesen zum Umgang mit der Praxisaktivität (inklusive Kategoriensystem) sowie zum Fähigkeitsstand der angehenden Lehrkräfte in ihrer professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen formulieren.

Insgesamt tragen die Ergebnisse der Studien somit im engeren Sinne zu einem besseren Verständnis der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen von angehenden Lehrkräften und im weiteren Sinne zur Förderung dieser Kompetenz in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung bei.

Abstract

Not only can argumentation in science classrooms help achieve the goals of science education, but the ability to argue based on evidence is itself a key competence of deep scientific literacy. The evidence-based evaluation of experimental results, claims, and explanations means that argumentation is linked not only to the acquisition of scientific concepts and skills but also to the promotion of scientific reasoning in science lessons.

To establish argumentation in science classrooms, teachers play a central role in creating concrete opportunities for argumentation. However, previous development programs show that (prospective) teachers struggle to facilitate argumentation in science classrooms. As they play a key role in orchestrating science lessons, this thesis examines the professional competence of prospective teachers to recognize and appropriately address argumentation opportunities in classroom situations. This refers to a teacher's situation-specific skill in applying their pedagogical content knowledge of argumentation opportunities to classroom situations to facilitate argumentation. This paper documents the development and testing of a vignette-based training program to promote a professional vision of argumentation opportunities in three successive qualitative studies, methodologically based on design-based research.

In the first study, a systematic review, previous theoretical findings from teacher training on argumentation are systematically processed and classified using a model of professional competence (Study 1) to better locate the difficulties teachers experience in implementing argumentation in science teaching. Among other things, relevant situation-specific skills, such as the professional vision of argumentation, are identified as an area of research that has received little explicit attention. To contribute to this field of research, it was decided to focus on the professional vision of the basic conditions of argumentation in the classroom, the so-called argumentation opportunities. Argumentation opportunities are understood as controversial, subject-relevant classroom situations that (at least theoretically) enable students to engage in scientific argumentation. This view opens up a classroom-based approach to argumentation opportunities that provides the framework for the following study (Study 2). This second study focuses on the development and validation of a category system for the professional vision of argumentation opportunities in chemistry and physics classrooms. Videos of chemistry and physics lessons at the lower secondary level were viewed, described, and classified for potential argumentation opportunities using qualitative content analysis. This was accompanied by the development and empirical, case-based testing of a vignette-based practice activity with four science education experts. The category system was used as a support tool for the professional vision of argumentation opportunities.

Abstract

Both the category system and the practice activity were validated by the qualitative analysis of a multi-stage expert rating. A case study with eight pre-service physics teachers (Study 3) was conducted to obtain first insights into their professional vision of argumentation opportunities using the practice activity and the category system. The responses of the pre-service physics teachers from the practice activity were qualitatively evaluated in the steps of identification, description, justification, and prediction and assessed by three science education experts. Based on the analysis of these responses, initial hypotheses can be formulated about the handling of the practice activity (including the category system) and the level of the pre-service teachers' ability in their professional vision of argumentation opportunities.

Overall, the results of the studies contribute to a better understanding of (prospective) teachers' professional vision of argumentation and, in a broader sense, to the promotion of this competence in science teacher education.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Abstract	iii
1 Einleitung und Motivation	1
2 Theoretischer Hintergrund und Rahmung	5
2.1 Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	5
2.1.1 Funktionen, Ziele und Bedingungen des Argumentierens	5
2.1.2 Wissen und Fähigkeiten von Lehrkräften zum Argumentieren	7
2.1.3 Implementationsschwierigkeiten von Lehrkräften nach Fördermaßnahmen	8
2.2 Professionelle Wahrnehmung als Teil professioneller Handlungskompetenz . .	10
2.2.1 Entwicklung professioneller Handlungskompetenz	10
2.2.2 Professionelle Wahrnehmung als Teil situationsspezifischer Handlungs-	
kompetenz	12
2.2.3 Allgemeine Befunde zur Ausprägung der professionellen Wahrnehmung	
bei (angehenden) Lehrkräften	13
2.3 Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen . .	15
2.4 Forschungsziele und resultierende Forschungsfragen	16
3 Forschungsdesign	19
3.1 Fachdidaktische Entwicklungsforschung	19
3.2 Konzeption der eigenen Forschungsarbeit als fachdidaktische Entwicklungsfor-	
schung	19
3.3 Konzeption der Studien 1 – 3	22
3.3.1 Studie 1	22
3.3.2 Studie 2	22
3.3.3 Studie 3	23
4 Professional Development Programs to Improve Science Teachers' Argumenta-	
tion Skills – A Systematic Review (Studie 1)	25
4.1 Introduction	26
4.2 Theoretical Background	27
4.2.1 Professional Competence	27

4.2.2	Development of Professional Competence	28
4.2.3	Scientific Argumentation as Professional Competence	29
4.2.4	Previous Reviews of PDPs on Argumentation and the Need for a New One	30
4.3	Research Objectives (RO)	33
4.4	Methods	33
4.4.1	Operationalization of Research Objectives and Category Development	33
4.4.2	Study Selection	37
4.4.3	Search Criteria	37
4.4.4	Search Procedure	37
4.4.5	Study Analysis / Inter coding	40
4.5	Results	42
4.5.1	Results for RO 1.1	42
4.5.2	Results for RO 1.2	43
4.5.3	Results for RO 1.3	44
4.6	Discussion	46
4.6.1	Variety of Designs of PDPs on Argumentation and Accompanying Re- search	47
4.6.2	The Visibility of Underlying Theoretical Frameworks of PDPs on Ar- gumentation	49
4.6.3	PDP Characteristics That Lead to Positive Effects of PDPs	50
4.6.4	Limitations	52
4.7	Conclusions	53
5	Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Phy- sikunterricht – Entwicklung Kategoriensystem und vignettenbasierte Praxisakti- vität (Studie 2)	55
5.1	Einleitung	56
5.2	Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	57
5.3	Argumentieren im Kontext professioneller Kompetenzen von Lehrkräften	57
5.4	Professionelle Wahrnehmung und Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	59
5.4.1	Professionelle Wahrnehmung als Teil professioneller Kompetenz	59
5.4.2	Konstrukt der professionellen Wahrnehmung	59
5.4.3	Professionelle Wahrnehmung von Argumentationen und Argumentati- onsanlässen	60
5.5	Forschungsfragen (FF)	62
5.6	Beschreibung Argumentationsanlässe - Entwicklung Kategoriensystem	64
5.6.1	Methode	64
5.6.2	Ergebnis	64

5.7	Adaption und Operationalisierung der professionellen Wahrnehmung für Argumentationsanlässe	68
5.7.1	Methode	68
5.7.2	Ergebnis	68
5.8	Entwicklung einer Praxisaktivität zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen	68
5.8.1	Methode	68
5.8.2	Ergebnis	71
5.9	Diskussion	71
5.9.1	Zum Kategoriensystem (FF 2.1)	71
5.9.2	Zur Praxisaktivität (FF 2.2)	72
5.10	Fazit	73
6	Pre-Service Teachers' Professional Vision of Argumentation Opportunities in Their Analysis of Videotaped Science Classroom Episodes (Studie 3)	75
6.1	Introduction	76
6.2	Theory	77
6.2.1	Learning Opportunities for PSTs' Professional Development in Argumentation	77
6.2.2	Professional Vision Regarding Argumentation in the Science Classroom	78
6.2.3	Professional Vision of Argumentation Opportunities	78
6.3	Research Questions	80
6.4	Methods	80
6.4.1	Practice Activity	80
6.4.2	Data Collection, Sample Population, and Use of a Course as an Intervention	82
6.4.3	Data Analysis	83
6.5	Results	85
6.5.1	PSTs' professional vision of argumentation opportunities using the practice activity (RQ 3.1)	85
6.5.2	Potential influences on PSTs' professional vision in the practice activity (RQ 3.2)	91
6.5.3	Changes in PSTs' level of professional vision of argumentation opportunities (RQ 3.3)	92
6.6	Discussion	93
6.6.1	Level and Development of Professional Vision when Engaging in the Practice Activity (RQ 3.1 and RQ 3.3)	93
6.6.2	Hypotheses for Influences on Differences in Level and Development of Professional Vision, and Use of Category System (RQ 3.2)	94
6.6.3	Study Limitations	95
6.7	Conclusion and Recommendations for Teaching Practice	97

6.8	Acknowledgements	98
7	Studienübergreifende Diskussion	99
7.1	Studienübergreifende Diskussion der Befunde (Studien 1, 2 und 3)	99
7.1.1	Mehrwert der Arbeit für die Weiterentwicklung der Lehrkräftebildung zum Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	100
7.1.2	Beitrag zum Konzept der Professionellen Wahrnehmung (von Argumentationen)	101
7.1.3	Komplexitätsreduktion und Niedrigschwelligkeit des präsentierten Ansatzes (im Vergleich zu bisherigen Maßnahmen)	101
7.1.4	Eignung des Ansatzes zur Förderung von fachdidaktischem Wissen zum Argumentieren (PCK des Argumentierens), zu Argumentationsfähigkeiten und zur Adressierung von Implementationsschwierigkeiten . . .	103
7.2	Limitationen	105
7.3	Implikationen für die fachdidaktische Forschung und (universitäre) Lehrkräftebildung	108
8	Schlussfolgerungen und Ausblick	111
	Literatur	113
	Anhang	137
A	Additional Material for the Review Study (Study 1)	137
A.1	Example coding of the categorization of argumentation competence .	137
A.2	Overview of countries where PDPs were enacted	139
A.3	Overview of published studies sorted by year	140
B	Argumentationsanlässe — Kategoriensystem / Argumentation Opportunities — Category System	141
B.1	Deutsche Fassung — Langversion	141
B.2	English Version — long version	151
C	Erprobung der vignettenbasierten Praxisaktivität durch Expert:innen	161
C.1	Übersicht über verwendete Vignetten	161
C.2	Antworten im Rating der Expert:innen (Zusammenfassung)	163
C.3	Konsens der Expert:innen für die sechs ausgewählten Vignetten	164
D	Vignettenbasierte Praxisaktivität / Vignette-based Practice Activity	173
D.1	Deutsche Fassung	173
D.2	English Version	179
E	Additional Material for the practice activity testing with students (Study 3) .	185
E.1	Course Description as Intervention	185
E.2	Instructions for expert rating of argumentation opportunity quality . .	187
E.3	Amount of identified opportunities and given categories per person . .	188
E.4	Recommendations for vignette use	189

Abbildungsverzeichnis	191
Tabellenverzeichnis	193
Abkürzungsverzeichnis	195
Danksagung	197

1. Einleitung und Motivation

Auf den ersten Blick scheinen die experimentelle Bestimmung des Sauerstoffgehalts von Luft, die Bestimmung der Reaktionswärme einer kalorimetrischen Messung oder auch die Aufnahme von Messwerten zum Einfluss der Masse auf die Schwingungsdauer eines Fadenpendels in sehr unterschiedliche Themenbereiche eingebunden zu sein. Dabei ist diesen typischen Experimenten des Physik- oder Chemieunterrichts gemeinsam, dass sie manchmal zu uneindeutigen oder für die Schüler:innen unerwarteten (Mess)Ergebnissen führen. Eine Fehleranalyse, die Betrachtung von Messunsicherheiten oder eine andere tiefergehende dialogische, gar argumentative Auswertung der experimentellen Ergebnisse bleibt im Unterrichtsgeschehen jedoch häufig aus (Möhrke, 2020; Priemer & Hellwig, 2018; Walpuski & Schulz, 2011). Dabei bieten gerade solche Situationen einen Anlass, das Argumentieren in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren. Doch warum sollte eigentlich im naturwissenschaftlichen Unterricht argumentiert werden?

Das Argumentieren ist nicht nur bedeutsam für eine gesellschaftliche Teilhabe in einer pluralistischen, offenen Demokratie (Moshman, 2020), sondern auch eine essenzielle Diskurspraxis in der Naturwissenschaft: Über das Argumentieren wird das Aufstellen naturwissenschaftlicher Hypothesen und Theorien mit naturwissenschaftlicher Evidenz und durch ein *scientific reasoning*¹ kommunikativ realisiert (Kuhn, 2010). Damit wird der soziale, diskursive Aspekt von Wissenschaften hervorgehoben, bei dem Wissenschaftler:innen zur Wissensgenese, -etablierung oder auch -veränderung im Rahmen sozialer und (natur)wissenschaftlicher Diskurse beitragen (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007; Osborne, 2010). Dieser Umstand macht das Argumentieren auch für den naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutsam (Driver et al., 2000; Kuhn, 2010; Schiepe-Tiska et al., 2013).

¹Unter dem Begriff *scientific reasoning* werden für die Naturwissenschaften typische kognitive Denk- und Problemlösefähigkeiten, wie z. B. das Formulieren, Testen und Evaluieren von unterschiedlichen Hypothesen und Theorien, oder der Umgang mit naturwissenschaftlicher Evidenz subsummiert (Morris et al., 2012). Dazu gehören auch Fähigkeiten wie das Erkennen von Mustern oder das angemessene Ziehen von Schlüssen auf Grundlage eines deduktiven, induktiven oder abduktiven Denkprozesses (Lawson, 2010). Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind die Ausbildung eines *scientific reasoning* sowie die Stärkung von Argumentationsfähigkeiten wesentliche Entwicklungsziele. Diese beiden Ziele sind eng miteinander verbunden, aber dennoch unterschiedlich voneinander (Fischer et al., 2014; Lawson, 2010). Das *scientific reasoning* bildet den kognitiven Rahmen für das Verständnis und die Anwendung naturwissenschaftlicher Konzepte (z. B. ein vertieftes Verständnis von Struktur-Eigenschafts-Prinzipien chemischer Stoffe), während das Argumentieren das kritische Denken und die Kommunikationsfähigkeit fördert, indem es von den Lernenden verlangt, ihre Argumente (z. B. zur Klärung des Anstiegs der Eigenschaft „Siedepunkte“ innerhalb der homologen Reihe von Alkanen auf Grundlage ihrer chemischen Struktur) zu artikulieren, auszutauschen und gegenüber anderen Argumenten zu verteidigen. Diese Arbeit fokussiert zwar das Argumentieren, hebt jedoch an dieser Stelle die Bedeutsamkeit und Verzahnung beider Ziele für die Entwicklung einer elaborierten naturwissenschaftlichen Grundbildung, einer *scientific literacy*, hervor (Fischer et al., 2014; Lawson, 2010).

1. Einleitung und Motivation

Um das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu implementieren, nehmen Lehrkräfte als Initiator:innen und Moderator:innen von Lehr-Lern-Prozessen eine zentrale Rolle ein (McNeill et al., 2016a). Folglich gibt es in allen Phasen der Lehrkräftebildung unterschiedliche Maßnahmen, um Lehrkräfte in ihren professionsbezogenen Kompetenzen zur Etablierung von Argumentationen im Unterricht aus- und weiterzubilden. Jedoch scheint diese Etablierung weiterhin von Schwierigkeiten begleitet zu sein. So zeigt sich dieser Professionalisierungsprozess für Lehrkräfte als langwierig (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2004, 2013) und von konzeptuellen Missverständnissen begleitet (Choi et al., 2021; McDonald, 2010; McNeill et al., 2016a), was zur Folge hat, dass bisherige Maßnahmen bislang nicht den gewünschten Effekt im Unterricht entfalten (Osborne et al., 2004, 2013).

Bei diesen Schwierigkeiten im Professionalisierungsprozess möchte die vorliegende Dissertation ansetzen. Obwohl das Argumentieren in verschiedenen *frameworks* beschrieben wurde, fehlt bislang eine Betrachtung der Argumentationsfähigkeiten im Sinne einer zu entwickelnden professionellen Handlungskompetenz. Diese Betrachtung als Kompetenzentwicklung kann eine neue Perspektive auf die Adressierung der berichteten Implementationsschwierigkeiten eröffnen, wodurch sich neue Förderpotenziale identifizieren ließen. Hierfür erscheint es jedoch zunächst essenziell, ein tiefgreifendes Verständnis über das naturwissenschaftliche Argumentieren und über die bisher durchgeführten Interventionen und Fortbildungen zur Entwicklung professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften im Argumentieren zu erlangen. Das dieser Arbeit zugrundeliegende Entwicklungsmodell professioneller Handlungskompetenz versteht Kompetenz als Kontinuum, das sich in drei Bereiche unterteilen lässt: Disposition, situationsspezifische Kompetenzen und Performanz (Blömeke et al., 2015). Diese Modellierung kann hilfreich sein, weil darin situationsspezifische Kompetenzen als Mediatoren zwischen den dispositionalen Merkmalen (als situationsunabhängige latente Variablen) und performativen Handlungen (also konkreten Observablen im Unterrichtsgeschehen) beschrieben werden (Blömeke et al., 2022; Meschede et al., 2017; Santagata & Yeh, 2016). Es ist denkbar, dass etwaige Implementationsschwierigkeiten ihre Ursache in einem Transferproblem zwischen diesen dispositionalen Merkmalen und den performativen Handlungen haben. Die Schwierigkeiten, Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht systematisch zu implementieren, wären demnach unter anderem auf Defizite im Bereich der situationsspezifischen Kompetenzen zurückzuführen. Dies wurde bislang aber nicht überprüft.

Dieser Dissertation liegt somit die Idee zugrunde, dass sich die beschriebenen Herausforderungen über eine Förderung der situationsspezifischen Kompetenzen zu Argumentationsanlässen und deren Nutzung, etwa über die Förderung der entsprechenden professionellen Wahrnehmung, mindern lassen. Kompetenzentwicklungsprozesse, die von den situationsspezifischen Kompetenzen ausgehen, sind bereits für andere (naturwissenschafts)didaktische Bereiche untersucht und für belastbar befunden worden, z. B. für erziehungswissenschaftliche Konzepte wie Zielorientierung, Lernbegleitung und Lernatmosphäre (Seidel & Stürmer, 2014), das mathematische Denken von Schüler:innen (Sherin & van Es, 2009) oder für *scientific inquiry teaching* (McDonald, 2016; Vogt & Schmiemann, 2020). Offen ist jedoch, inwiefern diese für das Argumentieren anwendbar sind und in bisherigen Fördermaßnahmen Berücksich-

tigung fanden. Dies lässt sich zu folgendem Forschungsinteresse verdichten: **Inwiefern kann die professionelle Handlungskompetenz als Bezugsrahmen für das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht dienen und damit einen neuen Zugang zur Förderung der fachdidaktischen Fähigkeiten von Lehrkräften schaffen, die notwendig sind, um das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu etablieren?**

Zum Aufbau

Die hier vorliegende Dissertation hat zum Ziel, für das oben formulierte Forschungsinteresse eine empirische Grundlage bereitzustellen. Die Kapitel 4 – 6 lassen in ihrer Gesamtheit einen übergreifenden Bezug zum o. g. Forschungsinteresse erkennen, indem sich die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen als eine situationsspezifische Kompetenz der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften entfaltet; genauer, als eine fachdidaktische Fähigkeit, die die Implementation von Argumentationen in den naturwissenschaftlichen Unterricht mediiert.

Um den Argumentationsgang dieser Dissertation besser nachzuvollziehen, werden zunächst im theoretischen Hintergrund (Kapitel 2) die in den Studien zugrundeliegenden Konzepte und ihre Zusammenhänge dargestellt: 1.) Argumentieren und Argumentationsanlässe im naturwissenschaftlichen Unterricht, 2.) die professionelle Wahrnehmung als Teil der Entwicklung professioneller Handlungskompetenz von (angehenden) Lehrkräften und 3.) die professionelle Wahrnehmung von Argumentationen und Argumentationsanlässen. Die daraus resultierenden Forschungsfragen werden am Ende des zweiten Kapitels, das dazugehörige Forschungsdesign in Kapitel 3 beschrieben.

Dieses Forschungsdesign lässt sich grob in zwei Schritte unterteilen: Im ersten Schritt werden in einem systematischen Review Argumentationsfortbildungen bezüglich ihrer professionellen Handlungskompetenz untersucht (Studie 1, Kapitel 4). Es wird analysiert, in welchen Bereichen professioneller Handlungskompetenz bestehende Fördermaßnahmen zum Argumentieren und dessen Etablierung im Unterricht durchgeführt wurden, um Rückschlüsse über bestehende und künftige Studien zu Argumentationsfortbildungen zu treffen. Ein übergreifendes systematisches Review, welches Studien zum Argumentieren im Sinne einer Entwicklung einer professionellen Handlungskompetenz untersucht, fehlte zum Zeitpunkt des Beginns dieser Arbeit.

Ausgehend von den darin gewonnenen Ergebnissen wird im zweiten Schritt der Frage nachgegangen, ob ein neuer, situationsspezifischer Zugang über die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen eine geeignete Fördermaßnahme für (angehende) Naturwissenschaftslehrkräfte darstellt. Um dies zu beantworten, stellte sich zunächst die Frage nach der Beschreibung solcher Argumentationsanlässe, hier fokussiert auf ihr Vorkommen im bestehenden videografierten Chemie- und Physikunterricht. Das herauszufinden war ein Ziel von Studie 2 (Kapitel 5). Auf Basis einer Erprobung eines vignettenbasierten Trainings mit einem

1. Einleitung und Motivation

Kategoriensystem zur Beschreibung von Argumentationsanlässen durch Expert:innen (Studie 2) stellte sich weiter die Frage, inwieweit dieser — noch nicht erprobte — Ansatz auch in der Lehrkräftebildung tragfähig ist. Das wird in Studie 3 (Kapitel 6) explorativ mit Lehramtsstudierenden erörtert, wobei die Verwendbarkeit des Kategoriensystems im Vordergrund steht.

Die gewonnenen Befunde werden in einer studienübergreifenden Diskussion in Kapitel 7 aufgegriffen und in Bezug zum Forschungsinteresse gesetzt. Es wird somit geprüft, ob diese Betrachtung professioneller Handlungskompetenz einen tragfähigen Bezugsrahmen für die Entwicklung von Förderungsansätzen der fachdidaktischen Fähigkeiten von Lehrkräften im Erkennen und Adressieren von Argumentationsanlässen im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellt. Darauf aufbauend werden Implikationen für fachdidaktische Forschung und universitäre Lehrkräftebildung gegeben, bevor diese Arbeit mit einem Fazit schließt (Kapitel 8).

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

2.1. Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Argumentieren ist eine zentrale diskursive Praxis. Es wird innerhalb von *science practice communities*² als eine sozial-kognitive Aktivität aufgefasst, die eng mit dem Lernen von und über Naturwissenschaften verbunden ist (Adúriz-Bravo & Chion, 2017). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht wird in diesem Sinne als Verbindung von Behauptungen (*claims*) und Evidenz (*evidence*) durch Schlussfolgerung (*reasoning, justification*) oder als Evaluierung von Wissensständen (*knowledge claims*) in Anbetracht von empirischer oder theoretischer naturwissenschaftlicher Evidenz definiert (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Der Begriff **Argumentieren** wird dabei häufig als die dialogische Handlung innerhalb einer Argumentation verstanden (von Aufschnaiter & Prechtel, 2018). **Argumentation** beschreibt den Prozess, bei dem Argumente gebildet oder ausgetauscht werden (Andriessen et al., 2013; Kuhn & Udell, 2003; Osborne, 2010) und der unterschiedliche Ziele adressieren kann (Rapanata & Felton, 2022). Als Produkt dieses Argumentationsprozesses entsteht ein **Argument**, worunter man häufig die angemessene Schlussfolgerung bzw. Begründung (*reasoning, justification*) einer Behauptung auf Basis von relevanter und ausreichender Evidenz versteht (Osborne et al., 2013). Dieser Prozess kann sowohl interpersonal als auch intrapersonal aufgefasst werden (Asterhan & Schwarz, 2016). Bei der intrapersonalen Auffassung wird Argumentieren als interner Reflektionsprozess aufgefasst, in dem eine Person für sich Behauptungen und Entscheidungen abwägt (Hoffmann, 2016). Die folgenden Teilabschnitte erläutern den Mehrwert und Bedingungen des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht, gehen auf die wichtige Rolle von Lehrkräften zur Etablierung des Argumentierens im Unterricht ein und zeigen die Schwierigkeiten, die damit bei Lehrkräften einhergehen können.

2.1.1. Funktionen, Ziele und Bedingungen des Argumentierens

Unabhängig von einer inter- oder intrapersonalen Auffassung erfüllt das naturwissenschaftliche Argumentieren die Funktion einer diskursiven Praxis, in der unterschiedliche Standpunkte

²Wissen in und über Naturwissenschaften wird argumentativ in *science practice communities* (re)produziert und verhandelt, z. B. über Argumentationen innerhalb von Fachkreisen (auf Konferenzen, Tagungen oder in Journalen und Fachzeitschriften (Ford & Forman, 2006; Knorr-Cetina, 1999)). Auch die Kommunikation von Expert:innen außerhalb von Fachkreisen mit einem naturwissenschaftlich interessierten Publikum, die in den Bereich von Wissenschaftskommunikation fällt, kann argumentativer Natur sein (z. B. in Science Slams oder auf entsprechenden Social Media-Kanälen wie beispielsweise *maiLab* oder *kurzgesagt*). Als *science practice community* kann man auch die Kommunikation zwischen Lehrkräften und Schüler:innen bzw. von Schüler:innen untereinander im naturwissenschaftlichen Unterricht verstehen (Ford & Forman, 2006; Stroupe, 2014), auch wenn sich die Handlungen in dieser sozialen *community* von der *community* der Wissenschaftler:innen unterscheiden (Ford & Forman, 2006).

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

zu einem unsicheren oder potenziell unsicheren Sachverhalt (z. B. zu einer Behauptung) evidenzbasiert ausgetauscht, gerechtfertigt oder verworfen werden (van Eemeren et al., 2015). In dieser Funktion des Argumentierens werden häufig zwei übergeordnete Ziele beschrieben (Duschl & Osborne, 2002): Zum einen kann ein Konsens zwischen den Kommunikationspartner:innen das Ziel sein (van Eemeren et al., 2015). Zum anderen kann eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Überzeugungsabsicht bei (mindestens) einem der Kommunikationspartner:innen dazu führen, dass es zu einer Annahme oder einem Verwerfen der vorher eingetretenen Position der anderen Kommunikationspartner:innen kommen kann (Berland & Reiser, 2008; Rapanta, 2019).

Insbesondere das Merkmal der Evidenzbasierung spielt für die Naturwissenschaften und den naturwissenschaftlichen Unterricht eine bedeutsame Rolle, da es so zur Ausbildung von *scientific reasoning* (Fischer et al., 2014), *critical thinking* (Rapanta & Iordanou, 2023) und *problem-solving skills* (Trilling & Fadel, 2009) beiträgt. Folglich stellt das Argumentieren einen integralen Bestandteil naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung dar (Gut & Tardent, 2023) und ermöglicht somit die Ausbildung einer *scientific literacy* (Lawson, 2010). Aufgrund dieser Bedeutsamkeit verwundert es wenig, dass dem Argumentieren in den letzten Jahrzehnten eine besondere Aufmerksamkeit in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung zugekommen ist (Duschl & Osborne, 2002; Erduran, 2018; Erduran et al., 2015; Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007; Osborne, 2010) und auch in den Bildungszielen unterschiedlicher Länder explizit verankert wurde (KMK, 2020a, 2020b, 2024a, 2024b; NGSS, 2013; Siarova et al., 2019).

Um Fähigkeiten von Schüler:innen hinsichtlich dieser Ziele zu fördern, ist es nötig, das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu etablieren. Die Grundbedingung des Argumentierens, also die grundlegende Initiation einer Argumentation, muss dafür erfüllt sein (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018). Diese Grundbedingung ist die Differenz, denn „without difference, there can be no argument“ (Duschl und Osborne, 2002, S. 53). In diesem Zusammenhang wird Differenz als das Vorhandensein eines potenziell strittigen Moments in einer Situation definiert und als aporetisches Element bezeichnet (Rapanta, 2018). Diese Differenz stellt die notwendige Grundbedingung einer jeden Initiierung einer Argumentation dar (Gromadecki, 2009). Im Rahmen dieser Arbeit wird dies im Folgenden vereinfacht mit dem Begriff **Argumentationsanlass** beschrieben. Als hinreichende Bedingung wird in diesem Zusammenhang gelegentlich die dialogische Perspektive ergänzt, dass zusätzlich zur notwendigen Grundbedingung der Wille, diese Differenz argumentativ zu lösen, bei den Gesprächspartner:innen ebenfalls vorhanden sein muss (Gromadecki, 2009).

Um Argumentationen und Argumentationsanlässe im Unterricht zu etablieren, nehmen Lehrkräfte als Initiator:innen von Lehr-Lern-Prozessen eine Schlüsselposition ein. Dafür müssen sie jedoch über unterschiedliche Wissensbestände und Kompetenzen zum Argumentieren verfügen, wie eine kurze Übersicht zum Stand der Forschung zeigt.

2.1.2. Wissen und Fähigkeiten von Lehrkräften zum Argumentieren

Um das Argumentieren erfolgreich im naturwissenschaftlichen Unterricht zu etablieren, benötigt eine Lehrkraft neben entsprechenden motivationalen-affektiven Orientierungen ein facettenreiches Professionswissen (Baumert & Kunter, 2013). Dazu zählt unter anderem ein umfassendes Professionswissen über die relevanten naturwissenschaftlichen Inhalte im schulischen Curriculum. In diesem Zusammenhang kann auch eine Kenntnis gängiger Präkonzepte eine Lehrkraft unterstützen, gewinnbringende Argumentationen zu gestalten. Als konkretes, unterrichtsnahes Beispiel sei hier das Professionswissen zu der energetischen Betrachtung einer chemischen Reaktion genannt, in dem eine Lehrkraft das bei Schüler:innen aus der Alltagssprache gängige Präkonzept zur Energieumwandlung und -erhaltung („Energie geht verloren“) in einer Lehr-Lern-Sequenz adressiert. Um dies argumentativ gewinnbringend aufzubereiten, benötigt eine Lehrkraft ein weiteres, ebenso relevantes Professionswissen; das zum Argumentieren im Unterricht. Der Forschungsstand zu dieser Facette des Professionswissens soll unterteilt nach Fachwissen, pädagogischem Wissen und fachdidaktischem Wissen zum Argumentieren (Neumann et al., 2018; Shulman, 1986) nun etwas genauer dargestellt werden.

Zunächst gibt es Arbeiten, die eher die eigenen Argumentationsfähigkeiten von Lehrkräften untersuchen. Dies umfasst Forschungsarbeiten, die sich auf das Fachwissen (*content knowledge* (CK)) von Lehrkräften über die Struktur und Qualität eines Arguments beziehen (de Sá Ibraim & Justi, 2016) oder auf die eigenen Fähigkeiten, ein kohärentes Argument zu formulieren (Lytzerinou & Iordanou, 2020; Sampson & Blanchard, 2012). Andere Arbeiten untersuchen eher die allgemeinen Wissensbestände und Fähigkeiten zur Moderation von Argumentationen im Unterricht (*pedagogical knowledge* (PK)). Hierunter fallen Studien, die eine allgemeine Kenntnis und Auswahl passender argumentationsförderlicher Strategien betrachten, z. B. offene Fragen, klare Instruktionen und angemessene Moderationsbeiträge (Chen et al., 2017; Dawson & Venville, 2010; McNeill & Pimentel, 2010; Rapanta, 2018; Reznitskaya & Wilkinson, 2015; Zohar, 2007). Die wechselseitig ergänzende Kombination dieser beschriebenen Wissensbereiche und dazugehörigen Fähigkeiten aus PK und CK zum Argumentieren wird als fachdidaktisches Wissen zum Argumentieren zusammengefasst (*pedagogical content knowledge* (PCK) of *Argumentation*, (McNeill et al., 2016a)). Dieses fachdidaktische Wissen zum Argumentieren umfasst sowohl theoretisch-formales Wissen über die genannten Wissensbereiche als auch Praxiswissen über das Argumentieren, z. B. zur Evaluation von Argumentationen von Schüler:innen (Christenson et al., 2017; Lytzerinou & Iordanou, 2020). Hierzu gehört auch das Wissen über die dialogischen Prozesse, die für das Planen und Umsetzen von Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht nötig sind (McNeill & Knight, 2013; McNeill et al., 2016a). Damit ist dieses eher situationsunabhängige fachdidaktische Wissen einer Lehrkraft zum Argumentieren zwar auch für das situative Erkennen und Interpretieren von Argumentationen im Unterricht relevant, aber nicht deckungsgleich. Deshalb wird in dieser Arbeit das *fachdidaktische Wissen* zum Argumentieren (PCK des Argumentierens) gegenüber der situativen *fachdidaktischen Fähigkeiten* des Erkennens und

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

Interpretierens von Argumentationen sprachlich abgegrenzt. Es wird gelegentlich vereinfacht von fachdidaktischen Fähigkeiten (zum Argumentieren) gesprochen, damit sind aber explizit die fachdidaktischen Fähigkeiten einer Lehrkraft im Erkennen und Interpretieren von Argumentationen in Unterrichtssituationen gemeint.

Da das Professionswissen einer Lehrkraft ebenfalls durch motivational-affektive Orientierungen wie den epistemologischen Einstellungen und Wertorientierungen (*beliefs*) beeinflusst wird (Fives & Buehl, 2016; Gess-Newsome, 2015; Gess-Newsome et al., 2019), verwundert es weniger, dass die epistemologischen Einstellungen auch Rückschlüsse auf die Argumentationsfähigkeiten zulassen (Khishfe, 2012; Noroozi, 2023; Nussbaum, 2008). Beispielweise sind weniger elaborierte epistemologische Einstellungen eher hinderlich für die Implementation argumentationsförderlicher Diskursstrategien wie das kritische Hinterfragen und Prüfen von Evidenzen oder das Lösen naturwissenschaftlicher Problemstellungen (Nussbaum, 2008). Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass argumentationsförderliche Handlungen im Unterricht vom fachdidaktischen Wissen einer Lehrkraft zum Argumentieren beeinflusst werden (McNeill et al., 2016b; Sengul, 2018; Sengul et al., 2020). Auch entsprechende Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften scheinen einen Einfluss auf eine mögliche Implementation von Argumentationen im Unterricht zu haben (Aydeniz & Ozdilek, 2016; Ogan-Bekiroglu & Aydeniz, 2013). Ergänzend dazu konnte festgestellt werden, dass viele Lehrkräfte das Argumentieren zwar generell als wichtige Kompetenz bewerten, aber über die genaue Ausgestaltung, was eigentlich als Argumentation zählt und was ihre Ziele sind, unterschiedliche Auffassungen herrschen (Katsh-Singer et al., 2016).

Insgesamt zeigt dieser kurze Überblick exemplarisch, wie facettenreich die Wissensbereiche und Fähigkeiten von Lehrkräften zum Argumentieren bereits untersucht wurden, wie sie beeinflusst werden und über welche Zugänge sie gefördert werden können. Jedoch zeigen die Studien auch, dass es sich, sowohl beim Argumentieren selbst, als auch bei der Entwicklung der notwendigen Wissensbereiche und Fähigkeiten bei Lehrkräften, um anspruchsvolle Tätigkeiten handelt. Dass der zugrundeliegende Professionalisierungsprozess deshalb nicht immer zielgerichtet verläuft und mit Schwierigkeiten einhergeht, wird im nächsten Abschnitt deutlich gemacht.

2.1.3. Implementationschwierigkeiten von Lehrkräften nach Fördermaßnahmen

Auch wenn (angehende) Lehrkräfte generell das Argumentieren als bedeutsame Komponente ihres naturwissenschaftlichen Unterrichts identifizieren (Archila, 2014; Garcia-Mila et al., 2022; Katsh-Singer et al., 2016), scheint es weiterhin Schwierigkeiten in der professionellen Entwicklung der fachdidaktischen Fähigkeiten von Lehrkräften zu geben, Anlässe zu schaffen, die die Lernenden in ihrer Argumentationskompetenz fördern. Neben einem fehlenden konzeptuellen Verständnis über das Argumentieren und einer eher geringen Kenntnis über angemessene Strategien zur Implementation (McNeill et al., 2016a, 2018) berichten Lehrkräfte auch nach entsprechenden Interventionen über Schwierigkeiten, das Argumentieren angemessen im Unterricht einzubetten (Alozie et al., 2010; Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013;

Zohar, 2007). So scheint beispielsweise eine Minimalintervention für den antizipierten Wandel zu einem argumentationsförderlichen Instruktionstypus nicht auszureichen (Osborne et al., 2013). Doch auch Ergebnisse umfangreicherer Interventionen bleiben unter den gesetzten Erwartungen (z. B. Osborne et al., 2004). Diese und andere Interventionen konnten jedoch zeigen, dass eine Fördermaßnahme zum Argumentieren nicht alle teilnehmenden Lehrkräfte gleich fördert (McDonald & Heck, 2012; Simon et al., 2006). So nutzten einige Lehrkräfte beispielweise intendierte argumentationsförderliche Materialien und Strategien nicht immer wie vorgegeben, sondern fokussierten entweder ein rein schematisches Lernen der Grundbegriffe des Argumentierens ohne argumentativen Mehrwert oder sie adaptierten die Materialien und Instruktionen für ihren Unterricht insofern, als eine argumentative Auseinandersetzung nicht mehr möglich war (Marco-Bujosa et al., 2017; McNeill et al., 2017). Diese beiden Phänomene im Umgang mit Argumentationsmaterialien wurden von den Autor:innen in der Konsequenz als „Pseudoargumentation“ (McNeill et al., 2016a) bezeichnet. Als Ursachen für einen wenig kompetenten Umgang mit argumentationsförderlichen Materialien und Lehr-Lern-Strategien werden sowohl Defizite im fachdidaktischen Wissen, also dem PCK zum Argumentieren, als auch hinderliche motivational-affektive Komponenten wie den epistemologischen Einstellungen vermutet (Nussbaum, 2008; Sengul et al., 2020).

Da es sich bei den dispositionalen Merkmalen des fachdidaktischen Professionswissens zum Argumentieren und den motivational-affektiven Orientierungen um relativ stabile *trait*-Eigenschaften handelt (Steyer et al., 1999; Wirtz, 2016), scheint in der Folge eher ein langfristig angelegtes, kontinuierliches Training zur Förderung des fachdidaktischen Wissens zum Argumentieren und der fachdidaktischen Fähigkeiten, das Argumentieren im Unterricht zu etablieren, bei (angehenden) Naturwissenschaftslehrkräften notwendig (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2004). Doch für angehende Lehrkräfte, z. B. Lehramtsstudierende, scheint es nur wenige passende Förderangebote zu geben (Archila, 2014; Banilower et al., 2018; Berland, 2011; Lottero-Perdue et al., 2022). Ähnlich wie bei den berufstätigen Lehrkräften scheint zwar auch dieser Gruppe die Bedeutsamkeit des Argumentierens bewusst zu sein, jedoch ist das Verständnis vom Argumentieren eher vage und oberflächlich (Aydeniz & Ozdilek, 2015; Garcia-Mila et al., 2022). Ohne entsprechende Fördermaßnahmen, die in der Folge das PCK des Argumentierens stärken, werden durch dieses oberflächliche Verständnis zwei ungünstige Szenarien wahrscheinlich: Zum einen kann es zu einer Abkehr einer Etablierung von Argumentationen im Unterricht führen, da das Argumentieren nach Ansicht von Lehrkräften beispielsweise zu schwer für Schüler:innen sei oder im naturwissenschaftlichen Unterricht keinen Platz habe (Choi et al., 2021; McDonald & Heck, 2012). Zum anderen kann es, wenn oberflächlich implementiert, Pseudoargumentationen bestärken (Marco-Bujosa et al., 2017; McNeill et al., 2017).

Die Implementation naturwissenschaftlichen Argumentierens in den Unterricht stellt also verschiedene Anforderungen an (angehende) Lehrkräfte und ist in der Praxis mit Schwierigkeiten behaftet. Um diese Anforderungen zu erfüllen, bedarf es einer Vielzahl unterschiedlicher Kompetenzen, die sich insgesamt der professionellen Handlungskompetenz einer Lehrkraft zuordnen lassen (Baumert & Kunter, 2006). Eine Beschreibung professioneller Kompetenz kann

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

auch für das Argumentieren angenommen werden (Osborne et al., 2013; Rapanta et al., 2013). In diesem Sinne können die in dieser Arbeit fokussierten fachdidaktischen Fähigkeiten, Argumentationsanlässe zu erkennen und adäquat zu adressieren, im Rahmen der Entwicklung von (Handlungs)Kompetenz thematisiert und von (angehenden) Lehrkräften erlernt werden. Da die Schwierigkeiten in der Implementation im Transfer von theoretisch erworbenem Wissen und Kompetenzen in eine konkrete Unterrichtspraxis zu liegen scheinen, erscheint ein Blick auf das mediiierende Konstrukt der professionellen Wahrnehmung in einer Entwicklungsperspektive von professioneller Handlungskompetenz besonders lohnenswert.

2.2. Professionelle Wahrnehmung als Teil professioneller Handlungskompetenz

Eine (angehende) Lehrkraft benötigt relevantes Wissen und notwendige Fähigkeiten, um bestimmte berufsspezifische Anforderungen erfüllen zu können (Baumert & Kunter, 2006; Blömeke & Kaiser, 2017; Weinert, 2001). Dies wird häufig mit dem Begriff der professionellen (Handlungs)Kompetenz beschrieben (Baumert & Kunter, 2006). Professionelle (Handlungs)Kompetenz wird hierbei verstanden als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert, 2001, S. 27). Trotz der Mehrdeutigkeit des Kompetenzbegriffs und der daraus resultierenden Vielfalt an Verwendungen (Schneider, 2019) fasst der Begriff das notwendige Skillset und damit die unterschiedlichen Anforderungen an Lehrkräfte zur erfolgreichen Gestaltung von Lernarrangements immer noch am besten zusammen (Baumert & Kunter, 2013). Die folgenden Kapitel zeigen, wie sich diese professionelle Handlungskompetenz entwickelt, wie die professionelle Wahrnehmung einen Teil dieser Handlungskompetenz darstellt und welche Befunde für die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen bereits bestehen.

2.2.1. Entwicklung professioneller Handlungskompetenz

In der Modellierung von Kompetenz für Naturwissenschaftslehrkräfte werden verschiedene Modelle unterschieden, z. B. Struktur- und Entwicklungsmodelle (Schecker & Parchmann, 2006). Dieser Arbeit liegt ein Entwicklungsmodell zugrunde, in der Kompetenz als ein Kontinuum beschrieben wird (Blömeke et al., 2015). Diese Sichtweise einer kontinuierlichen Kompetenzentwicklung steht im Einklang mit der Feststellung, dass (professionelle) Kompetenz und ihre Facetten veränderbar und damit erlernbar sind (Kunter et al., 2013). Blömeke et al. (2015) betonen in ihrer Modellierung, dass eine allgemein angenommene Dichotomie zwischen dispositionalen Fähigkeiten (z. B. Wissen und affektiv-motivationalen Eigenschaften als latenten Variablen) und Performanz (als beobachtbare Variable) nicht spezifisch genug ist, um die Anforderungen zu beschreiben, die für eine erfolgreiche Bewältigung realer, komplexer

Unterrichtssituationen erforderlich sind. Dies lässt schlussfolgern, dass die Entwicklung von professioneller Kompetenz eine zentrale Aufgabe der Lehrkräftebildung ist. In dieser Entwicklung wird auf die Bedeutung situationspezifischer Merkmale hingewiesen, die Kompetenz zu einer domänenspezifischen Leistung in unterschiedlichen Situationen auf Grundlage von latenten kognitiven und affektiv-motivationalen Merkmalen macht (Blömeke et al., 2015). Die Entwicklung professioneller (Handlungs)Kompetenz ist demnach eher ein kontinuierlicher, stets mit konkreten Situationen wechselwirkender Prozess. Dementsprechend unterteilen die Autor:innen diesen Prozess in drei Bereiche: Dispositionen, situationspezifische Fähigkeiten und konkrete Performanz (siehe Abb. 1).

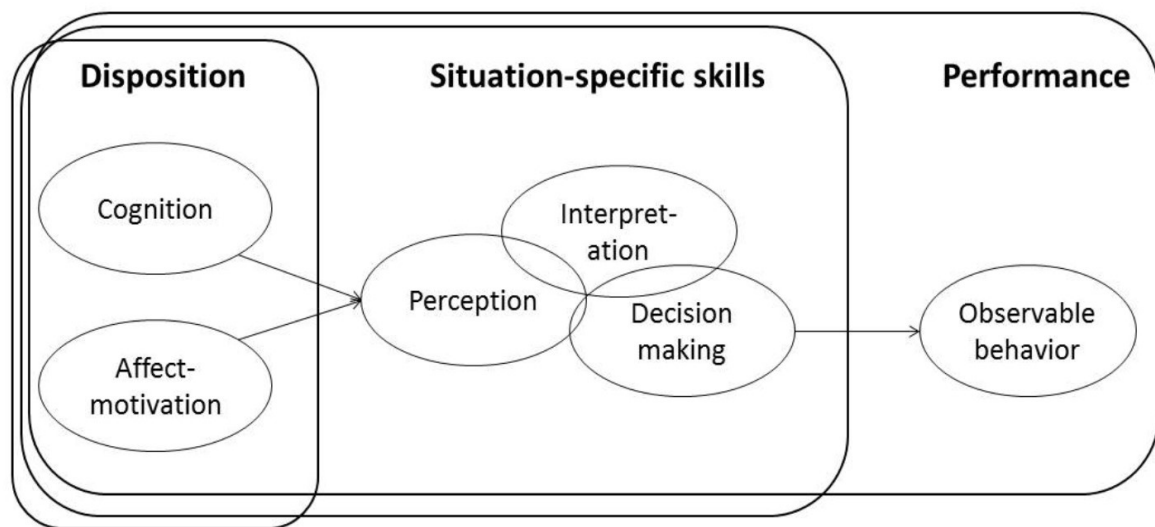


Abbildung 1.: Komponenten professioneller Kompetenz als Kontinuum (Blömeke et al., 2015)

Die Disposition umfasst nach diesem Modell kognitive sowie motivational-affektive Variablen. Dies deckt sich mit dem Modell von Kunter et al. (2013), welches die Teilbereiche Kognition und Affekt-Motivation noch genauer differenziert. Kognition wird als Professionswissen verstanden, das als abstraktes psychologisches Konstrukt das für die beruflichen Handlungsfelder relevante Wissen einer Lehrkraft beschreibt, z. B. das fachdidaktische Wissen zum Argumentieren. Als motivational-affektive Merkmale beschreiben Kunter et al. (2013) Variablen, die sich auf Überzeugungen, motivationale Orientierungen und Selbstregulationsfähigkeiten beziehen. Diese dispositionalen Variablen werden als Voraussetzungen für situationspezifische Kompetenzen angesehen, die wiederum das Handlungsrepertoire darstellen, das für die Auswahl und Ausführung der konkreten Handlungen einer Lehrkraft in einer Unterrichtssituation zur Verfügung steht. Performanz beschreibt in diesem Verständnis die konkrete beobachtbare Handlung einer Lehrkraft in einer bestimmten Situation.

Situationspezifische Kompetenzen sind also als medierende Faktoren zwischen der Disposition und der Performanz zu verstehen (Blömeke & Kaiser, 2017; Blömeke et al., 2022). Auch wenn dieses Modell eine Wirkungsrichtung von den dispositionalen Fähigkeiten über die situationspezifischen Kompetenzen hin zur Performanz antizipieren lässt, beschreibt es eher ein komplexes Wechselspiel der einzelnen Kompetenzbereiche. Es gibt Hinweise darauf, dass

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

eine wechselseitige Einflussnahme der Bereiche untereinander zwar vorhanden, das genaue Zusammenspiel aber weiterhin ungeklärt ist (Blömeke et al., 2022).

Die situationsspezifische Kompetenz umfasst diejenigen (Teil)Kompetenzen, die nötig sind, um für den Lernprozess relevante Merkmale einer Lehr-Lern-Situation zu identifizieren, diese zu interpretieren und eine Entscheidung für eine Handlungsoption zu treffen. Die Aspekte Identifizieren und Interpretieren weisen eine hohe Überschneidung mit dem Konzept der professionellen Wahrnehmung auf (Blomberg et al., 2011; Kramer et al., 2017; Meschede et al., 2017; Seidel, 2022; Todorova et al., 2017). Da diese professionelle Wahrnehmung eine zentrale Rolle im Transfer zwischen Disposition und Performanz einnimmt, wird sie im Folgenden genauer vorgestellt.

2.2.2. Professionelle Wahrnehmung als Teil situationspezifischer Handlungskompetenz

Professionelle Wahrnehmung beschreibt die Fähigkeit einer Lehrkraft, relevante Merkmale einer Lehr-Lern-Situation unter einem Fokus zu erkennen und diese basierend auf bisherigem (fachdidaktischen) Wissen einzuordnen (Goodwin, 1994; Seidel & Stürmer, 2014; Sherin, 2014). Das Konzept der professionellen Wahrnehmung wird als Verbindung zwischen den dispositionalen Fähigkeiten von Lehrkräften und ihrer konkret beobachtbaren (Unterrichts)-Performanz verstanden und überschneidet sich mit der Konzeptualisierung von situationspezifischen Fähigkeiten (Blomberg et al., 2011; Kramer et al., 2017; Meschede et al., 2017; Seidel, 2022; Todorova et al., 2017). Andere Begriffe, die ähnliche, sich teilweise überschneidende bis kongruente Konstrukte beschreiben, sind (*teacher*) *noticing* oder *selective attention*, wobei die Definition und Verwendung in der Forschung für alle Begriffe inkonsistent ist (Chan et al., 2020). Deshalb ist eine genauere Konzeptbestimmung für die vorliegende Dissertation nötig.

Bei der Verwendung des Konzepts professioneller Wahrnehmung im Bildungskontext werden zwei Prozesse unterschieden. Der erste Prozess, das **Wahrnehmen**, beschreibt das selektive Erkennen eines charakteristischen oder unterscheidenden Merkmals einer Lehr- oder Lernsituation, während die **Interpretation** dieser Merkmale als zweiter Prozess aufgefasst wird (Blomberg et al., 2011; Meschede et al., 2017; Seidel & Stürmer, 2014; Sherin, 2007). Je nach Modell werden diese Prozesse unterschiedlich konzeptualisiert. Insbesondere das Interpretieren wird in zwei- (Meschede et al., 2015; Santagata & Yeh, 2016) oder dreistufigen Modellen (Seidel & Stürmer, 2014; Sherin & van Es, 2009) dargestellt. Im Folgenden baut diese Arbeit auf dem analytischen und validierten Zugang von Seidel und Stürmer (2014) auf. Dieser unterteilt neben dem Erkennen von Situationen das Interpretieren in die drei Teilkompetenzen Beschreiben, Begründen und Vorhersagen.

Beschreiben wird in diesem Modell als Paraphrase der wahrgenommenen Situation verstanden. **Begründen** bzw. Erklären stellt die Einordnung der wahrgenommenen Situation unter Einbezug bestehender Wissensbereiche und -strukturen dar. Über die Bedeutung des **Vorhersagens** werden grob zwei Ausrichtungen unterschieden: Zum einen kann man unter

Vorhersagen die Nennung der möglichen Folgen aus der wahrgenommenen und eingeordneten Unterrichtssituation verstehen. Zum anderen wird das Vorhersagen auch als Entscheidung dargestellt, wie auf die wahrgenommene Situation reagiert werden soll („*deciding how to respond*“, z. B. Jacobs et al., 2010). Gleichmaßen betonen Jacobs und Kolleg:innen (2010), dass es hierbei mehrere Entscheidungsoptionen gibt und nicht eine einzige Entscheidung aus der Auswahl der Möglichkeiten als richtig angesehen werden kann. Im Modell situationspezifischer Kompetenzen grenzt es sich insofern vom *decision making* ab, als hier eher die Vielfalt an Handlungsoptionen im Analysefokus steht und nicht die konkret getätigte Entscheidung aus diesen Optionen. In dieser Arbeit wird Vorhersagen nach der letztgenannten Ausrichtung, der Auswahl möglicher Handlungsoptionen, aufgefasst und nicht als eine Formulierung von möglichen Folgen.

Es wird angenommen, dass die kognitive Anforderung der drei Tätigkeiten von der Beschreibung über die Begründung bis zur Vorhersage zunimmt (Seidel & Stürmer, 2014). Weiterhin gibt es Hinweise darauf, dass diese drei Tätigkeiten während der Interpretation zwar getrennt betrachtet werden, aber bis zu einem gewissen Grade miteinander zusammenhängen (Jahn et al., 2014; Seidel & Stürmer, 2014). Auch wenn es konzeptuelle Überschneidungen zur Diagnose- sowie zur Reflexionskompetenz gibt (Meschede, 2014; Schneider et al., 2020), unterscheidet sich die professionelle Wahrnehmung durch die unmittelbare zeitliche Nähe zur Situation. Die Reflexion findet beispielweise zeitlich distanziert nach einer Situation und nicht unmittelbar statt (Criswell & Krall, 2017).

Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass die professionelle Wahrnehmung ein wissensbasierter Prozess ist, der sich in eine generelle und themenspezifische Komponente unterscheidet (Steffensky et al., 2015). Mit dem Wissen zu dieser Unterscheidung ist es bereits gelungen, die professionelle Wahrnehmung auf verschiedene Aspekte einer professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften erfolgreich auszdifferenzieren und zu übertragen, sowohl auf allgemeinpädagogische Aspekte (Gold et al., 2013; Seidel et al., 2010; Zucker, 2019), als auch auf andere themenspezifische Aspekte der Naturwissenschaftsdidaktik (Boele, 2021; Sunder et al., 2016b; Wöhlke, 2020).

2.2.3. Allgemeine Befunde zur Ausprägung der professionellen Wahrnehmung bei (angehenden) Lehrkräften

Die Fähigkeit, Unterrichtssituationen unter verschiedenen Gesichtspunkten wahrzunehmen und zu interpretieren scheint bei Lehrkräften unterschiedlich stark ausgeprägt zu sein. Insbesondere Lehramtsstudierenden und am Berufsbeginn stehenden Lehrkräften scheint die professionelle Wahrnehmung schwerer zu fallen als erfahreneren Lehrkräften (Yoon et al., 2018). Es gibt schon länger Hinweise darauf, dass es Lehramtsstudierenden schwerer fällt, den Überblick über komplexe Lehr-Lern-Situationen zu wahren (Miller, 2012; Sabers et al., 1991) oder in diesen Situationen relevante Elemente für das Unterrichtsgeschehen zu erkennen (Calandra et al., 2008; Star et al., 2011). Erfahreneren Lehrkräften hingegen fällt nicht nur das Wahrnehmen solcher relevanten Merkmale – auch in unübersichtlichen Situationen

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

– leichter, sondern sie zeigen auch bessere Fähigkeiten im Interpretieren dieser Situationen (Kim & Klassen, 2018; Meschede et al., 2015; Seidel & Prenzel, 2008). Hohe Fähigkeiten im Interpretieren dieser Situationen ermöglichen Lehrkräften wiederum bessere Instruktionen (Erickson, 2011; Russ et al., 2011), die ihrerseits einen positiven Einfluss auf die Lernerfolge der Schüler:innen haben sollen (Blömeke et al., 2022; Kersting, 2008).

Der Unterschied zwischen Lehramtsstudierenden und Lehrkräften in ihrer professionellen Wahrnehmung wird damit begründet, dass Lehramtsstudierende über ein geringeres Professionswissen verfügen (Steffensky et al., 2015). Doch auch andere Erkenntnisse aus der Expertiseforschung (Berliner, 2001) zwischen Lehramtsstudierenden und Lehrkräften lassen sich als Ursache für Unterschiede in der professionellen Wahrnehmung ausmachen: So verfügen Lehramtsstudierende vergleichsweise über wenig schulische Praxiserfahrungen, wodurch sie insgesamt weniger Gelegenheiten erhalten haben, Handlungsroutinen aufzubauen (Berliner, 2001; König & Kramer, 2016).

Generell lässt sich jedoch feststellen, dass sich die professionelle Wahrnehmung bei entsprechender Adressierung im Laufe der beruflichen Ausbildung entwickeln kann, wie durch Vergleichs- (Barth, 2017; Jacobs et al., 2010; Meschede et al., 2015) und Längsschnittstudien (Stürmer et al., 2016; Sunder et al., 2016b) bestätigt wird. Gleichmaßen variiert hier die individuelle Entwicklung (Stürmer et al., 2016). Dies kann zum einen durch externe Faktoren bedingt sein, wie beispielsweise die Betreuungssituation (Blömeke et al., 2010) oder das (fehlende) Angebot an konkreten Lerngelegenheiten (Brovelli et al., 2013). Zum anderen werden auch interne Faktoren, z. B. das Interesse am Lerngegenstand oder der Fokus der Wahrnehmung (Stürmer et al., 2015) als Einflussfaktoren angeführt. Da es sich bei der professionellen Wahrnehmung um eine situationsspezifische Kompetenz handelt, werden zu ihrer Erfassung objektiv-proximale Zugänge bevorzugt eingesetzt (Kunter & Klusmann, 2010; Yoon et al., 2018).

Insgesamt handelt es sich bei der professionellen Wahrnehmung also um ein umfassend beforschtes Konzept in der Bildungswissenschaft, das als Mediator zwischen dispositionalen Merkmalen und beobachtbarem Unterrichtshandeln belastbare Ergebnisse zu unterschiedlichen fachdidaktischen Fragestellungen liefern konnte. Dies eröffnet die Frage, ob dieses Konzept auch für eine Minderung der von Lehrkräften beschriebenen Implementationsschwierigkeiten von Argumentationen tragfähig ist. Dieser mögliche Zusammenhang der Kompetenzentwicklung der fachdidaktischen Fähigkeiten zur unterrichtlichen Förderung des Argumentierens über eine Förderung der professionellen Wahrnehmung von Lehrkräften lässt eine genauere Betrachtung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen lohnenswert erscheinen.

2.3. Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen

Es existieren zwar Studien, die die Fähigkeiten der Lehrkräfte, das naturwissenschaftliche Argumentieren in den Unterricht zu implementieren (Osborne et al., 2004; Sarıbaşı et al., 2019; Simon et al., 2006) oder die Verwendung argumentationsförderlicher Curricula oder Strategien betrachten (Marco-Bujosa et al., 2017). Aber leider gibt es in der Literatur nur wenige Erkenntnisse über die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht. So analysierten Holton et al. (2020) und Holton (2021) die professionelle Wahrnehmung von Komponenten des Argumentierens (z. B. *claim, evidence, reasoning*), Argumentationscharakteristika (z. B. *co-construction, critique*) und das Rollenmanagement der Diskursteilnehmer:innen. Unter Verwendung des DiALoG-Instruments (*Diagnosing Argumentation Levels of Groups* assessment tool) stellte Holton (2021) unter anderem Verbesserungen bei der Entwicklung einer professionellen Wahrnehmung in Bezug auf das Management von Argumentationsprozessen und die Identifizierung von Argumentationskomponenten fest. Darüber hinaus hält sie fest, dass die professionelle Wahrnehmung von Argumentationselementen entwicklungsfähig ist. Lottero-Perdue et al. (2022) untersuchten die Kodierungen von Argumentationselementen (z. B. Argumentationsaufbau und -kritik) von angehenden Lehrkräften im Grundschulbereich in fremden und eigenen Unterrichtstranskripten. Die Kodierungen der Lehrkräfte nutzten sie, um Aspekte ihrer Wahrnehmung bezüglich Argumentationsaufbau und -kritik zu charakterisieren. Sie fanden beispielsweise heraus, dass angehende Lehrkräfte es versäumten, Instruktionen der beobachteten Lehrkraft zu kodieren, und dass sie manchmal Nicht-Beispiele für die Konstruktion von Argumenten oder Kritik an Argumenten kodierten, was auf einen Bedarf an gezielteren Lernsituationen und eine explizite Fokussierung auf Instruktionen hinweist. Studien, die explizit die professionelle Wahrnehmung der Entstehungsbedingungen von Argumentationen, also von Argumentationsanlässen, in den Fokus nehmen, sind nicht bekannt.

Insgesamt lässt sich also — trotz der hervorgehobenen Bedeutung des Argumentierens für den naturwissenschaftlichen Unterricht, trotz eher unzureichender fachdidaktischer Fähigkeiten von Lehrkräften auch nach Fördermaßnahmen zum Argumentieren, und trotz des möglichen Potenzials professioneller Wahrnehmung zur Adressierung dieses Problems — festhalten, dass die Studienlage zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen noch gering ist. Anhand der wenigen Studien lässt sich vermuten, dass (angehende) Lehrkräfte bislang wenig Gelegenheit erhalten, diesen Aspekt systematisch und kontinuierlich in ihrer beruflichen Kompetenzentwicklung zu fördern (Banilower et al., 2018; Berland, 2011; Lottero-Perdue et al., 2022). Von diesem Desiderat ausgehend werden im Folgenden die Forschungsziele dieser Dissertation vorgestellt.

2.4. Forschungsziele und resultierende Forschungsfragen

Wie in diesem Kapitel herausgearbeitet wurde, haben Lehrkräfte trotz umfangreicher Fördermaßnahmen Schwierigkeiten, das Argumentieren in ihren Unterricht zu implementieren. Dies macht die Suche nach einem anderen Förderansatz notwendig, wobei hierzu – unter Berücksichtigung der Entwicklung professioneller Kompetenz – zunächst eine Analyse bestehender Fördermaßnahmen sinnvoll erscheint. Auch wenn einige Studien bereits verschiedene Argumentationsprogramme in einem Review evaluiert haben, fehlt ein systematisches Review, das die unterschiedlichen Fördermaßnahmen zum Argumentieren hinsichtlich ihrer argumentationstheoretischen Grundlagen und dem Schwerpunkt ihrer professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften übersichtlich darstellt und auf ihre Effektivität überprüft. Das war das Ziel der Reviewstudie dieser Arbeit. Die Publikation in Kapitel 4 (Studie 1) beschreibt das resultierende systematische Review, dem folgende Forschungsfragen, in der Studie als Forschungsziele (*research objectives*) formuliert, zugrunde lagen:

- 1.1 In welchem Forschungskontext sind Studien zu Fördermaßnahmen des fachdidaktischen Wissens zum Argumentieren bei Lehrkräften eingebettet?
 - a. An welchem Aspekt in der Förderung einer professionellen Handlungskompetenz setzt die Fördermaßnahme an?
 - b. Welche theoretischen Annahmen zum Argumentieren liegen der Fördermaßnahme zugrunde?
- 1.2 Wie werden die Fördermaßnahmen in den Studien beschrieben?
- 1.3 Welche Ergebnisse und Ursachen werden zu den Fördermaßnahmen berichtet?

Die Ergebnisse dieses Reviews zeigen unter anderem, dass angehende Lehrkräfte und situationsspezifische Kompetenzen nicht im Fokus bisheriger Studien zu Fördermaßnahmen zum Argumentieren standen. Die Studien in Kapitel 5 und 6 zielen deshalb speziell auf die Entwicklung einer Fördermaßnahme ab, die die situationsspezifische Kompetenz der professionellen Wahrnehmung zum Argumentieren fördert. Die Verortung der weiteren Forschungsarbeit erfolgt somit an der Schnittstelle von Argumentieren als Unterrichtsgegenstand, der Entwicklung professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften und der professionellen Wahrnehmung (Abb. 2).

Um dieses Ziel im Rahmen der Dissertation bearbeitbar zu halten, wurden notwendige Eingrenzungen vorgenommen. Zunächst wird die Frage nach der fachdidaktischen Ausgestaltung auf die naturwissenschaftlichen Fächer Chemie und Physik beschränkt. Weiterhin erfolgt eine Fokussierung auf einen grundlegenden Aspekt des Argumentierens: den Argumentationsanlass. Denn nur durch potenziell strittige Situationen erscheinen Argumentation erst möglich. Doch wie kann ein Ansatz zur Beschreibung und Förderung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen aussehen? Zur Beantwortung dieser übergeordneten Fragestellung wurde folgenden Forschungsfragen in der zweiten Studie nachgegangen:

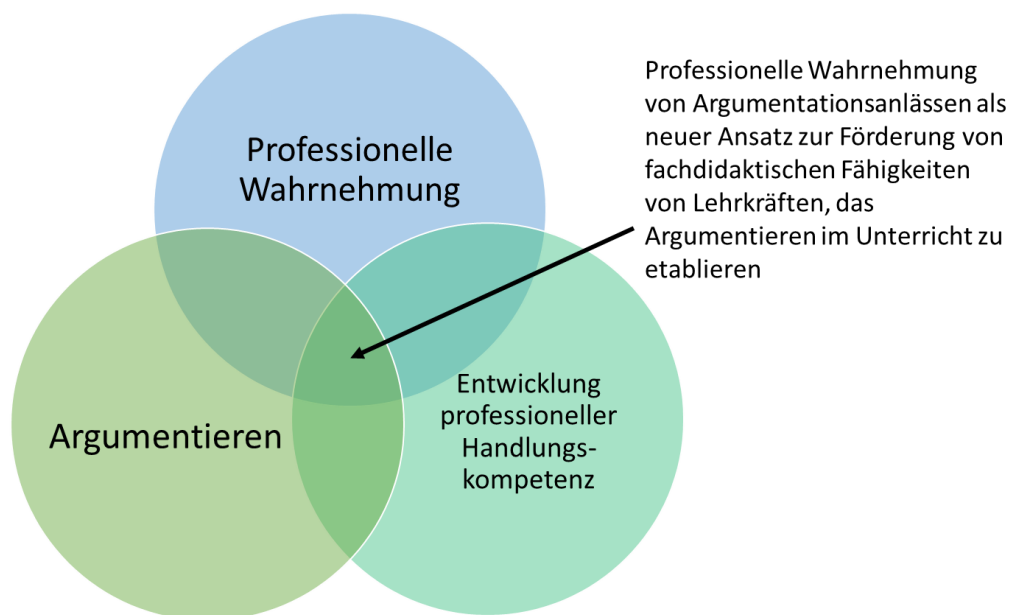


Abbildung 2.: Verortung der eigenen Forschungsarbeit in den drei relevanten Forschungsfeldern.

- 2.1 Mit welchen Kategorien können mögliche Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht systematisch identifiziert, beschrieben und klassifiziert werden?
- 2.2 Inwiefern führen die erhaltenen Kategorien zu einer validen Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen?

Auf Basis eines entwickelten Kategoriensystems und dessen Validierung durch ein Expertenrating aus Studie 2 folgte die übergeordnete Fragestellung für die Folgestudie (Studie 3, Kapitel 6): Inwieweit ist dieser — noch nicht erprobte — Ansatz zur Beschreibung und Förderung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen über die Entwicklung eines Kategoriensystems und dazugehöriger Vignetten auch in der Praxis mit (angehenden) Lehrkräften tragfähig? Dabei stand die Verwendung des Kategoriensystems im Vordergrund, wodurch sich folgende Forschungsfragen ergaben:

- 3.1 Wie identifizieren, beschreiben, erklären und vorhersagen angehende Physiklehrkräfte Argumentationsanlässe in Vignetten chemie- und physikbezogener Unterrichtssequenzen unter Verwendung eines vorgegebenen, inhaltsunabhängigen Kategoriensystems?
- 3.2 Welche personenspezifischen und vignettenbezogenen Faktoren beeinflussen die professionelle Wahrnehmung der Lehrkräfte von Argumentationsanlässen?
- 3.3 Wie hoch ist das Niveau der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen in chemie- und physikbezogenen Unterrichtssequenzen bei angehenden Physiklehrkräften zu Beginn und am Ende einer mehrwöchigen Intervention zur professionellen Wahrnehmung?

2. Theoretischer Hintergrund und Rahmung

Da dieses Forschungsinteresse eine hohe Praxisrelevanz bei gleichzeitig geringer Studienlage aufweist, ist forschungsmethodisch eine qualitative, explorative Bearbeitung im Sinne einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung naheliegend. Um diese Ziele zu erreichen und den Weg dahin transparent zu gestalten, wird im folgenden Kapitel das Forschungsdesign dieser Dissertation näher beschrieben.

3. Forschungsdesign

3.1. Fachdidaktische Entwicklungsforschung

Fachdidaktische Entwicklungsforschung bezeichnet einen „theoriebasierte[n] Prozess für die Lösung konkreter Probleme der Praxis“ (Wilhelm & Hopf, 2014, S. 32). Der Prozess der fachdidaktischen Entwicklungsforschung lässt sich grundsätzlich mit vier Merkmalen charakterisieren (Prediger & Link, 2012; Wilhelm & Hopf, 2014):

1. Zunächst ist der Ausgangspunkt jeder Entwicklungsforschung ein praxisrelevantes Problem, für das eine praxistaugliche Lösung erarbeitet wird.
2. Die theoriebasierte Entwicklung, Erprobung und Evaluation bilden einen langfristigen, zyklischen Forschungsprozess ab.
3. Die einzelnen Phasen des Forschungsprozesses beinhalten dabei stets einen Rückbezug auf vorangegangene Phasen.
4. Abschließend stehen als Ergebnisse sowohl praktische Problemlösungen als auch Beiträge zu Fragen der (fachdidaktischen) Grundlagenforschung zur Verfügung.

Wie man aus dem vierten Merkmal antizipieren kann, sind die Ziele fachdidaktischer Entwicklungsforschung stets dual: Auf der einen Seite steht ein Beitrag zur Lösung eines Praxisproblems, auf der anderen Seite ein Beitrag zur Grundlagenforschung im Themenfeld des Praxisproblems. Oft werden Arbeiten mit diesen Zielen im Rahmen fachdidaktischer Entwicklungsforschung über jahrzehntelange Projektzeiträume angelegt, jedoch lassen sich — je nach Größe des Praxisproblems — auch kürzere Zeiträume realisieren (Wilhelm & Hopf, 2014).

3.2. Konzeption der eigenen Forschungsarbeit als fachdidaktische Entwicklungsforschung

Um sicherzustellen, dass die Forschungsarbeit im Sinne einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung durchgeführt wird, wurde das eigene Vorhaben eng anhand der vier Merkmale entwickelt und kontinuierlich überprüft (Abb. 3).

Zunächst wurde für das betrachtete Praxisfeld die universitäre Lehrkräftebildung bezüglich des Argumentierens festgelegt (Merkmal 1). Wie bereits im Theorieteil dargelegt wurde, liegt in diesem Praxisfeld das Problem in den Schwierigkeiten von (angehenden) Lehrkräften, das

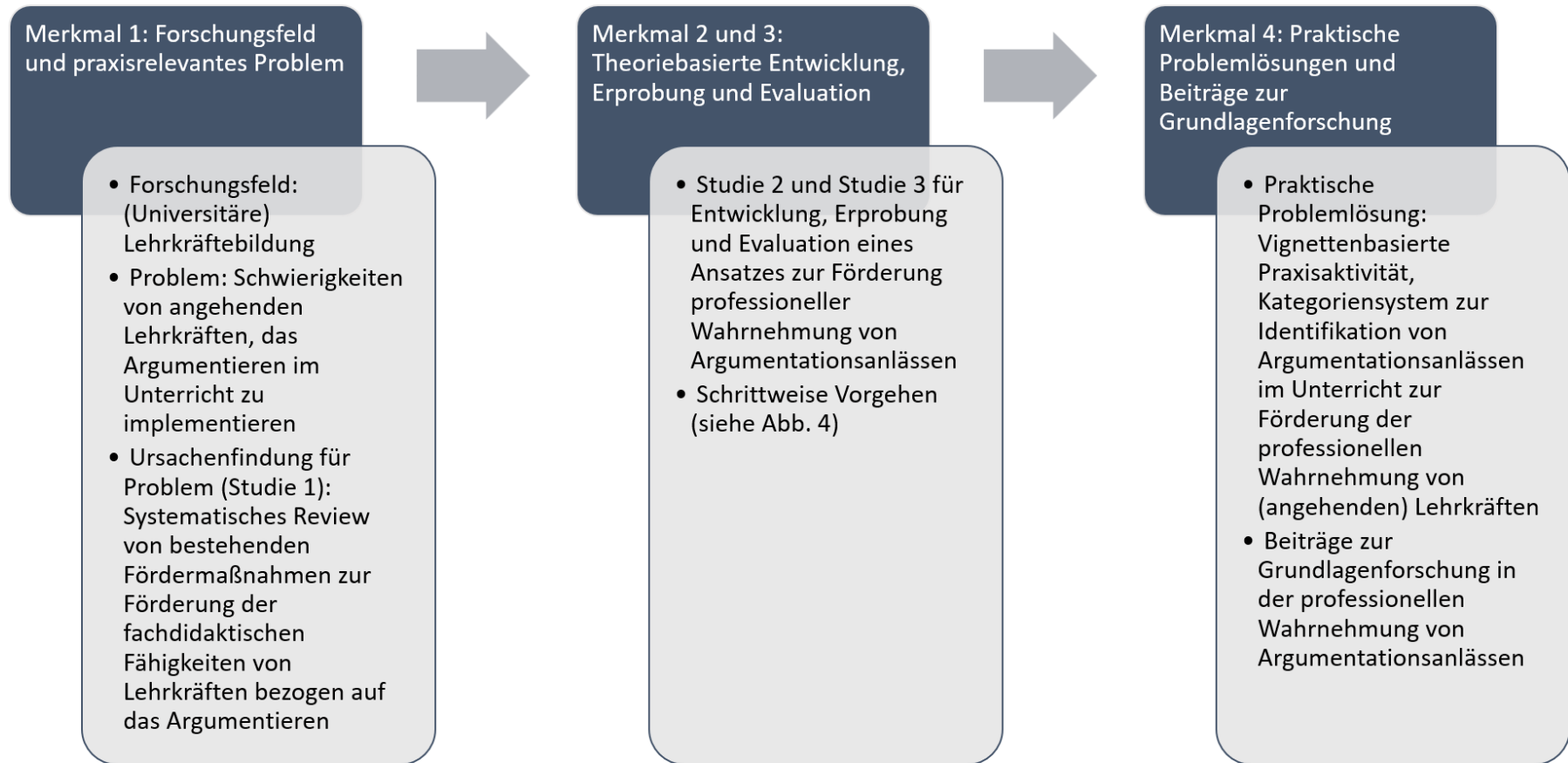


Abbildung 3.: Übersicht über die eigene Forschungsarbeit im Sinne fachdidaktischer Entwicklungsforschung.

3.2. Konzeption der eigenen Forschungsarbeit als fachdidaktische Entwicklungsforschung

Argumentieren in den Unterricht zu implementieren. Als praxistaugliche Lösung für dieses Problem soll ein neuer Ansatz über die Entwicklung eines Kategoriensystems und dazugehöriger Vignetten präsentiert werden, der die Implementationsschwierigkeiten über das Erkennen und Initiieren von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht adressiert. Die Entwicklung, Erprobung und Evaluation dieses Ansatzes bildet das Fundament für die Konzeption der Studien 2 und 3 im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Merkmal 2 und 3) und wird über drei unterschiedliche, aber zusammenhängende Entwicklungsschritte realisiert (Abb. 4).

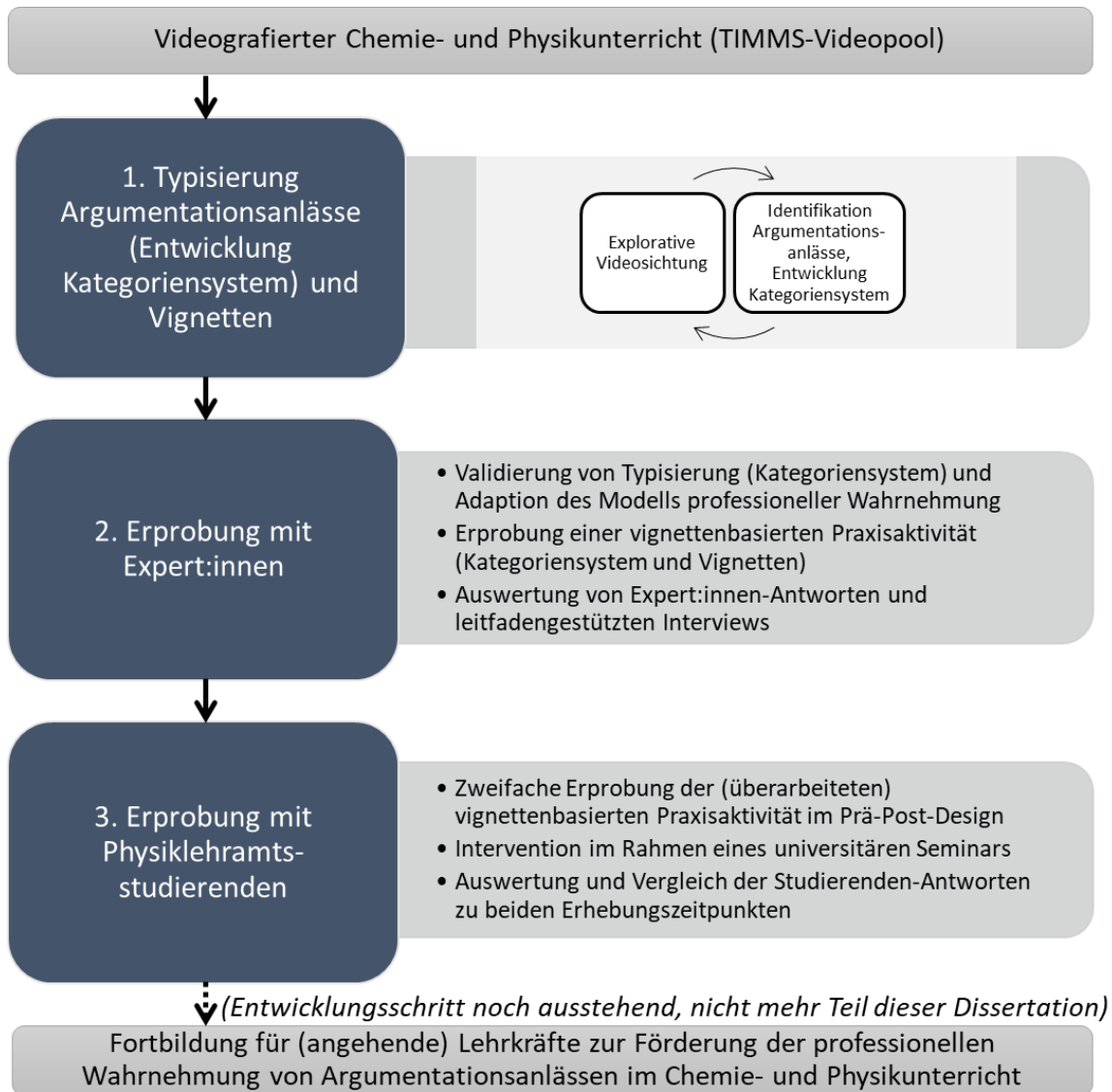


Abbildung 4.: Schritte fachdidaktischer Entwicklungsforschung der Studien 2 und 3 (Studie 2: Schritte 1 und 2; Studie 3: Schritt 3).

Als Ziel dieses Forschungsprozesses steht ein praxisnaher Beitrag zu grundlegenden Erkenntnissen zum Erkennen und Initiieren von Argumentationsanlässen, auf dessen Grundlage im Idealfall eine nachhaltige Fördermaßnahme für (angehende) Lehrkräfte zur mögli-

3. Forschungsdesign

chen Lösung der Implementationsschwierigkeiten im Chemie- und Physikunterricht entsteht (Merkmal 4). Die dafür nötige methodische Konzeption dieses Vorhabens wird im folgenden Abschnitt näher dargelegt.

3.3. Konzeption der Studien 1 – 3

3.3.1. Studie 1

Als erster Schritt der theoriebasierten Entwicklung steht die Analyse des Praxisproblems, welche Ursachen für die Implementationsschwierigkeiten identifizierbar sind. Hier setzt das systematische Review zu den bisherigen Fördermaßnahmen der fachdidaktischen Fähigkeiten von Lehrkräften im Argumentieren an. Dies erfolgt entlang des PRISMA-Schemas (Moher et al., 2009, 2015) und auf Grundlage von weiteren Empfehlungen zur Erstellung von Reviews in der didaktischen Forschung (Newman & Gough, 2020). Zunächst wurden die Forschungsziele anhand von klassifizierbaren Kategorien operationalisiert. Die Beschränkung der Studienauswahl auf die, zum Zeitpunkt der Erhebung, letzten 20 Jahre (2000-2020) ergab mit den entwickelten Suchbegriffen in drei Datenbanken insgesamt $N = 997$ Studien. Von diesen bildeten $N = 64$ Studien die Analysegrundlage für das systematische Review. Der Auswahlprozess sowie die gesamte Analyse der Studien wurden als Forschungsdatensatz veröffentlicht und sind frei verfügbar (Weß, 2023).

3.3.2. Studie 2

Ausgehend von den Ergebnissen des Reviews wurde eine Eingrenzung der weiteren Forschungsarbeit auf die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht vorgenommen. Aufgrund der geringen Studienlage lag mit der erstmaligen Beschreibung dieser Argumentationsanlässe aus dem Unterricht heraus ein qualitatives Forschungsdesign nahe. Unter Verwendung von Unterrichtsvideos aus dem TIMSS-Videopool (Roth, 2006; $N = 7$ Videos, insgesamt 6h Unterrichtszeit) erfolgte eine qualitative Inhaltsanalyse zur Beschreibung von Argumentationsanlässen mit fachdidaktischen Kategorien. Dieses Kategoriensystem wurde mit insgesamt zwei Expert:innen mit einem Forschungsschwerpunkt im Argumentieren (dem Autor dieser Dissertation sowie einer Person mit Unterrichtserfahrung als Lehrkraft und fachdidaktischer Expertise) erprobt und validiert.

Weiterhin erfolgte eine Adaption eines Modells professioneller Wahrnehmung (Seidel & Stürmer, 2014) auf Argumentationsanlässe. Die Konstruktvalidität dieser Adaption wurde von einer Expertin, die einen Forschungsschwerpunkt bezüglich der professionellen Wahrnehmung von (Physik)Lehrkräften besitzt, bestätigt. Aus dem Videopool wurden Unterrichtsvignetten (Text- und Videovignetten) für eine vignettenbasierte Praxisaktivität entwickelt. Diese folgte in den Instruktionen dem adaptierten Modell professioneller Wahrnehmung und bezog die Verwendung des Kategoriensystems mit ein. Es folgte eine Erprobung dieser vignettenbasierten Praxisaktivität mit insgesamt vier fachdidaktischen Expert:innen und einem Forschungsschwerpunkt im Argumentieren. Weiterhin hatten zwei dieser Expert:innen

praktische Unterrichtserfahrung als Lehrkräfte. Neben den Daten aus der Erprobung wurden leitfadengestützte Interviews geführt (Gläser & Laudel, 2010). Die Daten aus dieser Erprobung und die Transkripte aus den verschiedenen Interviews (Einzelgespräche unmittelbar nach der Erprobung; ein Gruppengespräch zur Konsensbildung von ausgewählten Anlässen einige Wochen nach der Erprobung) dienten für eine qualitative Analyse der Validität des Kategoriensystems und der vignettenbasierten Praxisaktivität. Die dazugehörigen Materialien sind dem Anhang C zu entnehmen.

3.3.3. Studie 3

Nach der Entwicklung und erstmaligen Erprobung mit Expert:innen ist für die Studie 3 nun eine Erprobung mit der Zielgruppe vorgesehen. Dies entspricht einem nächsten Entwicklungsschritt in der fachdidaktischen Entwicklungsforschung. Da für das Argumentieren eine langfristige Auseinandersetzung nötig erscheint (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2013), setzt die hier vorliegende Studie bereits in der ersten Phase der Lehrkräftebildung³ an. Für die Stichprobe wurde ein Seminar am Ende des Masterstudiums zur Rekrutierung verwendet. In dieser Stichprobe sind die neun teilnehmenden Lehramtsstudierenden durch ihr Studium zum einen mit Grundlagen zum Argumentieren aus bisherigen Veranstaltungen vertraut, verfügen zum anderen aber auch über erste Unterrichtserfahrungen aus Unterrichtspraktika bzw. dem Praxissemester. Da es sich in diesem Fall um eine erste Erprobung der entwickelten Praxisaktivität mit Studierenden handelt, ist weiterhin ein exploratives Studiendesign in Form einer qualitativen, fallbasierten Erprobung angebracht. In einem Prä-Post-Design wurden die Studierenden zu Beginn und am Ende des Semesters um eine Bearbeitung der vignettenbasierten Praxisaktivität gebeten. Als Bearbeitungszeit waren 60 Minuten vorgesehen. Eine Darstellung der vignettenbasierten Praxisaktivität findet sich in Anhang D.1. Die Daten aus der Prä-Post-Erhebung wurden durch eine qualitative strukturierende Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) von drei fachdidaktischen Expert:innen mit einem Forschungsschwerpunkt im Argumentieren ausgewertet. Es wird dadurch das Ziel verfolgt, aus der Erprobung mit diesem Typus von Studierenden Erkenntnisse zum Umgang mit der Praxisaktivität und mit dem Kategoriensystem zu erhalten und erste Hypothesen zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen von (angehenden) Lehrkräften zu formulieren. Ferner soll dadurch eine weitere Optimierung am Kategoriensystem sowie an der Praxisaktivität vorgenommen werden.

³Die Entwicklung professioneller Kompetenz wird in Deutschland in drei Phasen angestrebt: 1. Phase (universitäre) Ausbildung, 2. Phase (Referendariat) und 3. Phase („berufsbegleitend“ / Fortbildungen).

4. Professional Development Programs to Improve Science Teachers' Argumentation Skills – A Systematic Review (Studie 1)

Veröffentlicht (CC BY-NC 4.0): Weiß, R., Priemer, B., & Parchmann, I. (2023). Professional development programs to improve science teachers' skills in the facilitation of argumentation in science classroom—a systematic review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00076-3>

4.1. Introduction

Research on argumentation has received substantive interest in science education, since constructing scientific arguments can foster science learning (*arguing to learn*) and be an important scientific skill of its own (*learning to argue*) (Asterhan & Schwarz, 2016; Driver et al., 2000; von Aufschnaiter et al., 2008). Argumentation is commonly seen as a discursive act that involves the „complex process of reasoning utilized in situations that require content knowledge to construct and/or critique proposed links between claim and evidence“ (Osborne et al., 2016b, S. 825). This gives argumentation the potential for enabling collaborative and critical discourse based on evidence and makes it a cornerstone of science communication and the generation of scientific knowledge (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007).

Acknowledging these benefits, it has also found its way into recent policy documents (Hazelkorn et al., 2015; KMK, 2020a, 2020b; NGSS, 2013). Mutually reinforcing the prominent role of argumentation has led to a growing body of research in science education. Different approaches have been undertaken to analyze and classify argumentation and its related skills (e.g., by conceptualizing a *pedagogical content knowledge* (PCK) of argumentation) (McNeill et al., 2016a) or operationalizing argumentation competence (Rapanta et al., 2013). However, argumentation is a highly complex process involving numerous activities, and therefore can lead to a variety of different understandings of what counts as argumentation (Rapanta et al., 2013). Hence, the underlying conceptualization of argumentation used in professional development programs (PDPs) and in research studies often differs. There is evidence that this ambiguity makes it hard for teachers to obtain a consensus understanding of argumentation and its aims (Katsh-Singer et al., 2016), and to facilitate it in their classrooms (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; McNeill & Pimentel, 2010; Sampson & Blanchard, 2012).

We want to analyze this issue by systematically reviewing previous argumentation PDPs and their associated research. In recent decades, a considerable number of argumentation PDPs aiming to improve facilitation in science lessons have been developed and evaluated, but a summative overview is missing regarding the following three aspects.

First, there has been no systematic and comparable analysis of how research on PDPs in argumentation is framed theoretically in terms of the underlying argumentation conception. Nor has there been appropriate analysis of the professional competence this research addresses, especially with regard to the situated competencies of teachers. Second, it has not been investigated how argumentation PDPs are described, and how the results relate to selected influential characteristics of effective professional development (PD). Third, we want to review the influences that the authors of the research papers attribute to the PDP results.

Our aim in relation to the last two aspects is not to make a whole new inventory of characteristics from which to draw conclusions on effective PD strategies in general. There are studies on effective PDP characteristics in education (Borko et al., 2010; Desimone, 2009; van Driel et al., 2012) as well as for argumentation (Aydeniz, 2019; Weiss et al., 2022; Zembal-Saul & Vaishampayan, 2019), which are relevant for developing argumentation skills that enable its facilitation. The cited three argumentation reviews focused on argumentation

approaches regarding inquiry or on a comparison of the two approaches, yet they did not provide a comprehensive summative overview of different argumentation approaches regarding professional competence and the underlying argumentation frameworks. To fill this gap, we want to specifically analyze published research studies on argumentation PDPs regarding these two aspects. This is accompanied by an analysis of general PD characteristics and their attributed influences by the different authors to identify research trends or desiderata at this high resolution level.

Overall, our review may be helpful in providing recommendations for yet unattended research foci in argumentation and for designing new argumentation PDPs. To address these issues, we first define professional competence, its development, and its role in PDPs before focusing on these for argumentation in science teacher education. Then, we describe the methods used to search for and review PDPs on argumentation. Next, we present the results of the review based on the categories related to the aforementioned topics. In our discussion, we contextualize our results. This paper concludes with recommendations for researchers by outlining new perspectives for argumentation PDPs, and for practitioners to improve the development of future science teacher PDPs that aim to enhance argumentation.

4.2. Theoretical Background

4.2.1. Professional Competence

When describing the relevant knowledge and concrete skills and abilities of a teacher regarding his or her professional knowledge (e.g., concerning argumentation), the term (professional) competence is often used. One of the most influential definitions describes competence „as the ability to meet individual or social demands successfully, or to carry out an activity or task“ (OECD, 2002, S. 8). Despite the ambiguity of the term competence and the resulting variety of uses (Schneider, 2019), the term still best summarizes the goals and requirements of teachers' abilities to successfully orchestrate learning arrangements (Kunter et al., 2013).

In the following, we rely on the model of Blömeke et al. (2015) that describes competence (i.e., the ability to successfully meet certain demands) as a continuum. Blömeke et al. (2015) emphasize that a commonly assumed dichotomy between dispositional skills (e.g., knowledge and affective-motivational traits, as latent variables), and performance (as an observable variable) is not specific enough to describe the affordances required to perform successfully in complex, real-life classroom situations. They point out the importance of situation-specific characteristics, making competence a „latent cognitive and affective-motivational underpinning of domain-specific performance in varying situations“ (Blömeke et al., 2015, S. 3). The development of professional competence is, hence, more of a continuous, mutually influencing process. Accordingly, the authors divide this process into three areas: disposition, situation-specific skills, and concrete performance (see Figure 1).

Disposition includes cognitive prerequisites and motivational-affective variables. This is in line with Kunter et al.'s (2013) model, which more precisely differentiates the subdomains of

4. Review Argumentationsfortbildungen

cognition and affect-motivation. Cognition is understood as professional knowledge, which is an abstract psychological construct describing the knowledge of a teacher relevant to professional fields of action. Among the motivational-affective traits, Kunter et al. (2013) identified variables relating to beliefs, motivational orientations, and self-regulation skills. These dispositional variables are regarded as prerequisites for situation-specific skills, which, in turn, represent the repertoire of actions available for the selection and execution of a teacher's concrete actions in a teaching situation.

This view of competence as a continuum or process variable is in accordance with the conclusion that (professional) competence and its facets are changeable and thus learnable (Kunter et al., 2013). This indicates that the development of professional competence is a central task of teacher education. This can also be assumed for argumentation, since the ability to argue and its relevant skills have been described as a competence (Osborne et al., 2013; Rapanta et al., 2013). With this in mind, argumentation viewed as a competence can be addressed within the PD of teachers and hence can be learned by them.

4.2.2. Development of Professional Competence

By PDPs on argumentation, we mean all training in argumentation competence that is related to the profession of a (science) teacher with the aim to facilitate argumentation in the science classroom. The institutional design of PD varies from country to country. Regardless of the phasing and their respective weighting within national curricula, PDPs globally share common goals (e.g., promoting argumentation) or, generally speaking, the overall goal of developing professional competence in the teaching profession.

The view of in-service training as a one-way knowledge transfer is now considered outdated, and viewing competence as a dichotomy, rather than a continuum, is now viewed as an oversimplification (Blömeke et al., 2015). The view of competence as a continuum is supported by the evidence that effective measures for PD should not solely focus on the transfer of dispositional aspects (e.g., professional knowledge) but also take into account many different situation-specific aspects. Many frameworks exist that try to conceptualize effective PD concerning these different aspects (i.e., "effective" PD improvements in teachers' competence) (Borko et al., 2010; Desimone, 2009; Opfer & Pedder, 2011). PDPs are effective if teachers become able to increase their knowledge and competence and / or have specific changes in their attitudes and beliefs. They can then use this in learning situations to plan, determine, and improve their instruction, thus increasing student learning (Desimone, 2009). Desimone (2009) proposed five core features of effective PDPs: *content focus*, *active learning*, *coherence*, *duration*, and *collective participation*.

For Desimone (2009), *content focus* is the most influential characteristic. Based on previous research, she advocates for the „link between activities, that focus on subject matter content and how students learn that content with increases in teacher knowledge and skills, improvements in practice, and, to a more limited extent, increases in student achievement“ (Desimone, 2009, S. 184). *Active learning* considers opportunities for teachers to engage in

PDPs. This definition covers a range of activities (e.g., making own practical experiences in the classroom, participating in feedback, and debating, discussing, and reviewing student work). *Coherence* is seen as the extent to which the activities of a PDP are consistent with the participating teachers' knowledge and beliefs. *Duration* means that changes in teachers' abilities require time. The duration of a PDP over a specific period is important for effectiveness, although there is no "tipping point" for PDPs to be effective (Desimone, 2009). Considering the duration of a PDP more closely, Guskey und Yoon (2009) suggested assessing contact hours. Contact hours refer to the amount of time the participants interacted face-to-face with a trainer. The information gathered from their review showed that PDPs had positive effects when contact hours exceeded 30 hours (20 hours in Desimone, 2009). The last feature, *collective participation*, is seen as an arrangement based on shared participants' characteristics (e.g., same school or grade) that provides momentum for potential interaction or discourse. Similarly, in another PDP review, Borko et al. (2010) emphasized collective participation, active learning possibilities, and the effect of school student learning on the intended content.

Thus, there is consensus among researchers that, inter alia, the duration of the PDP and active learning (e.g., in the sense of practical activities) are important factors in the development of teachers' professional competence.

4.2.3. Scientific Argumentation as Professional Competence

The aforementioned thoughts on teacher PD and the importance of practical activities for it to be beneficial also consistently hold for the PD of argumentation competence.

Considering our research aim, one should keep in mind the different uses of terms in the field. A popular distinction is made between argument as a product and argumentation as a discursive process (Osborne et al., 2004). In simple terms, an argument is the referent to a claim backed by evidence that is—based on scientific principles or reasoning—justified with structure and content in varying complexity (McNeill & Krajcik, 2011; Osborne et al., 2004). The discursive process or exchange of arguments in a specific context is labeled as argumentation. Given this understanding, the term arguing refers to a participant being actively involved in argumentation by providing, elaborating on, or judging (parts of) an argument. This results in a common understanding of (scientific) argumentation as a dialogic process with the aim of persuasion or consensus based on a scientific issue, which is based on and results in an exchange of arguments in a scientific context (e.g., in a science classroom) (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007).

It is important to note that argumentation can still be operationalized in various ways, and cover a wide range of activities (Aydeniz, 2019; Rapanta et al., 2013). A means of investigating an argumentation framework lies in its ability to allow a comparison of the results of different argumentation studies:

First, it is important for researchers to understand that analytic frameworks [...] are tools created for specific tasks to investigate specific questions. Frameworks, therefore, are not fully interchangeable, and the foci of each framework require

4. Review Argumentationsfortbildungen

consideration before comparing the results of various studies (Sampson & Clark, 2008, S. 469).

Rapanta et al. (2013) suggest that defining argumentation as a competence should consider the choice in research to analyze and/or assess argumentation. Analysis refers to different approaches in terms of arguments. The authors propose the following three distinctions to summarize this variety in the educational context: argument as a *form*, argument as a *strategy*, and argument as a *goal*. Argument as a form refers to the investigation of structural aspects (e.g., as provided by the claim-evidence-reasoning framework (CER)) (McNeill & Krajcik, 2011) or Toulmin's Argument Pattern (TAP) (Erduran et al., 2004). Argument can also be seen as a strategy that results in the analysis of (dialogical) argument moves that in turn result in highly context-specific use and identification (Rapanta et al., 2013). In the argument as a goal perspective, these aspects are summarized, emphasizing the aim of argumentation (e.g., reaching a consensus) (Berland & Lee, 2012) or individual vs. communal understanding (González-Howard & McNeill, 2019).

Assessment, in turn, is divided into metacognitive, metastrategic, and epistemological knowledge. Metacognitive knowledge refers mainly to declarative knowledge ("know-what"). This includes knowledge about the structure of an argument and its conceptual or epistemic quality. Metastrategic refers to procedural knowledge ("know-how"). This includes studies that examine or train a) specific argumentative discourse elements rather than others or b) the implementation of certain argumentative strategies that presuppose (a high level of) metacognitive knowing. Epistemological knowing focuses on knowing about knowledge in general and in relation to a persons' knowledge ("know-be"-skills). In terms of argument quality, the study thematizes the a) relevance, b) sufficiency, or c) acceptability of an argument. This refers mainly to studies involving problem-solving or conceptual change through collaboration (collaborative learning). Since we want to cover a variety of PDPs on argumentation, we rely on the extensive yet detailed assumptions made for argumentation as a competence by Rapanta et al. (2013).

4.2.4. Previous Reviews of PDPs on Argumentation and the Need for a New One

Since the importance of argumentation and its development is commonly known, some work has been done to review the research on argumentation and associated PDPs. Previous reviews on argumentation in science education have focused on the theoretical side to sharpen argumentation as competence (Rapanta et al., 2013) or examine general research trends based on linguistic or epistemic criteria (Erduran et al., 2015). In addition, on the practical side, previous reviews have examined argumentation to assess student argumentation (Sampson & Clark, 2008), to foster scientific literacy in K-12- (Cavagnetto, 2010), or to group argumentation studies thematically in K-8-contexts (Bağ & Çalık, 2017).

Additionally, some reviews explicitly consider the PD of argumentation (Aydeniz, 2019; Weiss et al., 2022; Zembal-Saul & Vaishampayan, 2019; Zohar, 2007). Zohar (2007) sugge-

sted that the elements for successful PDP on argumentation effort a turn in orchestrating classroom discourse and considering the importance of scientific reasoning in the classroom. Roughly a decade later, Zembal-Saul und Vaishampayan (2019) reemphasized the need for a greater focus on scientific practices and discourse in light of reform for any successful PDPs on argumentation. With this, they highlighted the importance that future teachers should also experience these scientific practices and discourse styles they later teach children.

Weiss et al. (2022) characterized immersive argument-based inquiry (ABI) learning environments in school education. Their review focused mostly on ABI-related learning environments, but it also identified the teacher actions within a learning environment as one of three central categories, containing the following typical actions as common elements of immersive ABI learning environments:

- Encouraging argumentation
- Providing resources
- Asking questions
- Sharing authority
- Communicating norms
- Modeling dialogue or language use
- Emphasizing important ideas

They additionally identified student actions (e.g., small-group work and engaging in argumentation) as well as generative opportunities (e.g., student authorship of the initial activity) as the other two commonly occurring elements.

Additionally, Aydeniz (2019) reviewed the studies of two curriculum design projects—the Ideas, Evidence and Argument in Science (IDEAS) project and the Argument-Driven-Inquiry (ADI) project—and presented two main findings regarding pre-service chemistry teachers' experiences of teaching science through argumentation: First, pre-service teachers lack a „sophisticated epistemology related to the way chemical knowledge gets constructed, evaluated and critiqued due to the experiment-driven nature of chemistry“ (Aydeniz, 2019, S. 25). Second, he highlights the „importance of mastery experiences and argumentation-based teaching resources in teachers' ability to facilitate argumentation in classroom“ (Aydeniz, 2019, S. 25). With regard to them, he suggested design principles for argumentation tasks and design principles for group argumentation:

Design principles for argumentation tasks (Aydeniz, 2019, S. 26):

- Any argumentation-based learning task should make the goal of the activity explicit to the students
- Learning tasks should engage students in culturally relevant and academically important problems

4. Review Argumentationsfortbildungen

- Learning tasks should provide explicit scaffolding for students' cognitive engagement with the chemical ideas and social engagement with members of the learning community
- Learning tasks should engage students in epistemic questions about the nature of chemical knowledge (e.g., "What is the evidence behind claims to knowledge?" or "Is the evidence provided relevant and sufficient?")
- Structures must be put in place for epistemic and cognitive divisions of labor so that all students are equally engaged with the construction, evaluation, and critique of knowledge
- Teachers must create conditions for all students to equally exercise their epistemic authority for making meaningful contributions to the shared knowledge-building activities

Design principles for group argumentation (Aydeniz, 2019, S. 26):

- The instructor should explicitly communicate the goals of the group assignment to the students
- The teacher should introduce the students to the linguistic, mechanistic, epistemic, and social aspects of argumentation
- Teachers should use assessment strategies that promote both positive interdependence and individual accountability

Overall, the above-mentioned reviews provide insight into different aspects of scientific argumentation, with Aydeniz (2019) outlining challenges and providing design principles for PDPs on argumentation for science teachers and Weiss et al. (2022) discussing potential steps to build further understanding of teachers' actions. Yet, their foundation is based solely on three approaches (IDEAS, ADI, and ABI) of the many different existing argumentation programs, so the suitability of these results for other PDPs remains unclear. Thus, it seems useful to investigate the characteristics of argumentation PD, because even though teachers seem to acknowledge the importance of argumentation in general, their understanding of what counts as argumentation still differs (Katsh-Singer et al., 2016).

Additionally, they still seem to struggle to implement the argumentation processes outlined above in their teaching practice (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Pimentel & McNeill, 2013; Sampson & Blanchard, 2012). However, and perhaps most importantly, no review has addressed the recently developed models of professional competence that emphasize the importance of situated competencies of teachers (Blömeke et al., 2015). It remains unclear how and if this situated perspective has been represented in previous publications on argumentation PDPs. We argue that this is one beneficial approach for concretizing the generally stated need for support for teachers in facilitating argumentation in the classroom (Henderson et al., 2018).

In conclusion, we argue that a review that specifically analyzes professional competence and the underlying argumentation frameworks of research studies investigating PDPs for

science teachers on argumentation is a reasonable attempt to investigate the merits of research on argumentation PDPs for science teachers. This will be accompanied by reviewing active learning and the duration of PDPs on argumentation, and identifying the reasons the authors of the associated research attribute to the results regarding argumentation PDPs. With this, we strive to provide an overview of the state of argumentation PDPs and to examine future research directions. Motivated to shed light on this, the following research objectives emerged.

4.3. Research Objectives (RO)

- (1.1) Identifying the focus of accompanying research on teacher PDPs regarding argumentation in terms of a) the development of their professional competence and b) the underlying argumentation framework.
- (1.2) Examining the description of PDPs on argumentation in the accompanying studies, and how PDPs on argumentation attend to the two selected influential characteristics of effective PD: active learning and duration.
- (1.3) Analyze, how the characteristics of 1.2 account for the reported results, and what influences do the authors themselves highlight in terms of the PDP results.

4.4. Methods

Since we aim to examine the focus of research studies accompanying PDPs on argumentation to evaluate the characteristics of these PDPs and their influences on the results, we decided to use a systematic review approach. The aim of a systematic review is the summarization of existing research, with the help of given criteria, to provide an overview and conclusions about a specific topic (Newman & Gough, 2020). Methodologically, we followed the steps of PRISMA (Moher et al., 2009, 2015) and the recommendations of Newman und Gough (2020) for reviews in education. This section begins with further elaboration of the research objectives and the categories emerging from these objectives. On this basis, we report the identification of search criteria, the search process, and the coding of the individual studies based on the categories in the coding manual.

4.4.1. Operationalization of Research Objectives and Category Development

We chose our categories based on the theoretical assumptions made previously. The research focus (RO 1.1) was examined in terms of general study characteristics, professional competence, and argumentation framework (see Table 1.1). The general characteristics included the methodology used (quantitative, qualitative, or mixed-methods design) and the identification of the dependent variable(s) (Bağ & Çalık, 2017). Based on the dependent variable(s), the professional competence on which a study focused was identified. This allowed us to make inferences about the different PDP studies and sort them by their contribution to the development of professionals' argumentation competence. Professional competence was categorized,

4. Review Argumentationsfortbildungen

according to Blömeke et al. (2015), as disposition, situation-specific skills, and performance. Disposition refers to a teachers' latent traits (e.g., professional knowledge, beliefs, motivation, and self-regulation) (Kunter et al., 2013). Situation-specific skills cover research focusing on the perception and interpretation of a situation, or, as commonly represented in science education research, the concept of professional vision (Goodwin, 1994; Seidel & Stürmer, 2014; Sherin & van Es, 2002). Decision-making, another part of situation-specific skills, was coded for studies that investigated and therefore addressed teachers' ability to choose from different possible reactions in a situation. Performance covered studies examining an observable concrete action undertaken in the classroom (e.g., concrete instruction within an argumentation task or a recorded teacher-student talk used for further discourse analysis).

Table 1.1.: Categories for classifying the research focus – Overview

Domain	Category	Source	Operationalization
General characteristics of study	Methodology	-	Quantitative Qualitative Mixed methods
	Dependent variable (DV)	-	<i>Free text, summarized</i>
Professional competence	Model of professional competence	Blömeke et al. (2015)	Disposition Situation-specific Performance
Argumentation framework	Focal issues	Sampson und Clark (2008)	Structure Content Justification
	Argumentation competence	Rapanta et al. (2013)	Analysis: Form Strategy Goal Assessment: Metacognitive Metastrategic Epistemological

Finally, we aimed to examine the underlying argumentation framework since it provides insight into the design and conceptualization of PDPs' argumentation activities. By focusing on underlying argumentation frameworks, we try to unpack the theory of argumentation used and do not refer to frameworks used to teach argumentation. We tried to obtain information on the argumentation focus by using the frameworks of Sampson und Clark (2008) and Rapanta et al. (2013). We chose Sampson and Clark's framework because we assumed that the three focal issues—structure, content, and justification—are not only suitable to describe the assessment of student argumentation but also to categorize the main argumentation focus of a research study. This is reasonable since the assessment of student argumentation is quite likely to be an explicit or at least implicit topic of any PDP on argumentation.

Additionally, we considered the description of argumentation competence by Rapanta et al. (2013) as a promising second approach for a combined examination of the structural and content aspects of the broad field of PDP on argumentation. Using this framework, we

conducted an argument analysis (form, strategy, and goal) and assessed the approaches of argumentation knowledge (metacognitive, metastrategic, and epistemological) of the studies. In summary, an analysis of the frameworks used in PDPs provides important information on how PDPs are tied to theory.

Note that all categories in Table 1.1 — methods, professional competence, dependent variable, and argumentation focus — are study variables, so they are related to the research focus of the studies accompanying a PDP. It is, in general, possible to identify all the professional competencies addressed in a PDP, but this requires checking the course material and concrete instructions that are often not included in research papers. Due to economic reasons and based on anticipating a small response rate of the authors of the research papers, we decided against an additional analysis of the PDP curricula. We believe that a focus on the study variables still indicates the core aims of a PDP and hence reflects the area with the most emphasis. This procedure does not exclude the possibility that more than the reported competencies were addressed in the PDPs, which is assumably likely.

To examine the PDP characteristics (RO 1.2), we extracted the provided description of the PDP activities from each individual study. We analyzed this information by applying categories that address two of the above-mentioned features of effective professional teacher development—active learning and duration (Desimone, 2009). The feature active learning was operationalized here in the presence of active teaching situations with school students (i.e., student inclusion). The extent of a PDP was measured by duration and—where applicable—by contact hours. We chose these categories and operationalizations because the possibility of engaging in practice situations has particular importance to teachers' PD as well as the duration of a PDP. We are aware that there are other gradual nuances for how to conceptualize active learning (e.g., the use of video or text vignettes or role-playing classroom situations), but we only chose to examine if the PDPs included the “most authentic” practical activity—teaching with real students. To contextualize this feature, we classified all studies based on low inference characteristics, such as the participating science teachers' sample size, career point, and school systems.

Table 1.2 summarizes which characteristics were analyzed regarding RO 1.2. Again, please note that this review follows a general approach, so no (in-depth) analysis of the concrete use of the described activities, instructions, and materials used in PDPs was conducted; conclusively, we do not investigate Desimone's (2009) categories of collective participation, coherence, and content focus of PDPs.

To investigate the results and the attributed reasons (RO 1.3), we first extracted the results from the studies. After filtering the results for those related to a change in teachers' competence based on the PDP, we classified them based on the direction of change (positive, negative, or neutral). We then reviewed the abstract and discussion sections of the studies to identify the reasons for the reported changes that the authors attributed to teachers' competence related to argumentation. Finally, we grouped these reasons into patterns of influential argumentation PD characteristics. Table 1.3 summarizes which characteristics were analyzed regarding RO 1.3.

4. Review Argumentationsfortbildungen

Table 1.2.: Characteristics of the PDP Analyzed

Domain	Category	Source	Operationalization
General characteristics - PDP	PDP description	-	<i>Free text, summarized</i>
	Participants - Number	-	<i>Free text, number</i>
	Participants - Career point	-	- Pre-Service teachers - In-Service teachers - Both - Unclear / Not reported
	Participants - School form	-	- Primary school form - Secondary school form - Both - Unclear / Not reported
Duration*	Extent	Desimone (2009)	<i>Free text</i>
	Contact hours	Guskey und Yoon (2009)	<i>Free text</i>
Active Learning*		Desimone (2009)	- Yes - No

*Feature to examine effective PDPs based on Desimone (2009)

Table 1.3.: Categories for the Results and Attributed Reasons

Domain	Category	Source	Operationalization
General characteristics - Study results and associated reasons	Results teacher learning	-	<i>Free text, summarized</i>
	Change in teacher competence	-	- Yes - No
	Direction of change in teacher competence	-	- Positive - Neutral - Negative
	Reason(s) for result(s)	-	<i>Free text, summarized</i>
	Systematisation for reason(s)	-	<i>Inductively developed groups from the categorie Reason(s) for result(s), see table in results</i>

Based on the results for both RO 1.2 and RO 1.3, we can provide an overview of how two generally influential PD characteristics are considered in argumentation PDPs and what reason(s) for the influential results the authors attribute.

4.4.2. Study Selection

To obtain a broad view of the research regarding argumentation PDPs, we included studies relating to all aspects of argumentation. Furthermore, we only wanted to include high-quality papers, so we decided to assess study quality using the criterion of peer review. Although the peer review procedure is not completely bias-free and has its own limitations as a quality criterion (Lee et al., 2013), we consider it an appropriate selection criterion for the inclusion of research examining PDPs. Additionally, we limited our search to publications written in English and studies published from 2000 to 2020 (20 years). We are aware that these limitations have raised the potential to miss out on studies that would have met the following search criteria, but we believe that the scope of our review will not be impaired.

4.4.3. Search Criteria

Based on our research objectives and the outlined categories, we developed the following criteria for the inclusion of the research papers:

1. Study focuses (at least partially) on the concept of scientific argumentation in PDPs
2. Study reports findings based on a PDP or at least one PD activity relating to argumentation
3. Study reports on PDPs with pre-service or in-service science teachers
4. Study published is peer-reviewed
5. Study language is English
6. Study is accessible (e.g., no paywall)

4.4.4. Search Procedure

To identify the relevant literature for this review, we searched the databases Scopus, ERIC, and Educational Research Abstracts Online (ERA) in February and March 2020. Based on the research objectives for this review, search terms covering the topics PD, argumentation, and science teacher were developed (Table 1.4). Table 1.5 shows the final search terms used for each database.

Note that the search terms are slightly different for each database because of database-specific search operations. Some words in the search terms for the SCOPUS and ERA databases contain an asterisk (*) to search for all possible variations of a lemma. For example, the lemma *argu** searches for the words *argument*, *argumentation*, *argue*, *argued*, and *arguing*.

4. Review Argumentationsfortbildungen

Table 1.4.: Criteria for Developing Search Terms

Criterion	Example keywords	Search terms
Argument	argument, (scientific) argumentation, argue, arguing	scien*, argu*
Science teacher	science teacher, science teachers, pre-service science teacher, in-service science teacher, teach, teaching	scien*, teach*
Professional development	professional development, teacher development, teacher learning, teacher training	professional development, teacher development, teacher learning, teacher training

For the search in the ERIC database, the search terms had to be modified since the asterisk function is not provided.

The entire search and selection process is presented in Figure 5. The database search yielded 993 papers. Additional papers were identified through other sources (e.g., using the “snowball method” by checking the references of the identified studies or referring to a description of a PDP in another study). These were also included in the screening process ($N = 4$). After clearing for duplicates, 746 studies remained.

From March to the end of June 2020, we conducted two rounds of screening, in which we first applied the inclusion criteria for suitability to the titles, abstracts, and keywords. Applying the aforementioned criteria, this screening led to the exclusion of 647 papers. The studies were excluded when one inclusion criterion was not fulfilled. As can be seen in Figure 5, the main reason for exclusion was the absence of scientific argumentation. Often, the word argu* returned studies using argumentation in a different way (e.g., to position a paper on a controversial topic: “In this paper, I argue that...” or “We want to present an argument for...”). In the second round of screening, we applied the same criteria to 98 articles that were read completely. Thirty-four articles did not match the inclusion criteria in this round. The main reason for exclusion was also the use of argumentation in another way, followed by studies that mostly provided a general theoretical framing of PDPs on argumentation but did not explicitly present the results of one. The whole analysis of studies, including the various review steps from the 997 initial studies to the 64 included studies, was published and is openly available (Weß, 2023).

This led to the final inclusion of 64 studies reporting on different PDPs for (scientific) argumentation for science teachers. This number does not represent 64 different PDPs but rather studies that are based on a science teacher PDP relating to argumentation. Using this approach, different studies with different research foci sometimes emerged from the same PDP (Christodoulou & Osborne, 2014; Osborne et al., 2013), or different studies reported different phases of ongoing PDPs (Fishman et al., 2017; Osborne et al., 2019). As an overview of the research context is one of the main aims of our review, we decided against further clustering

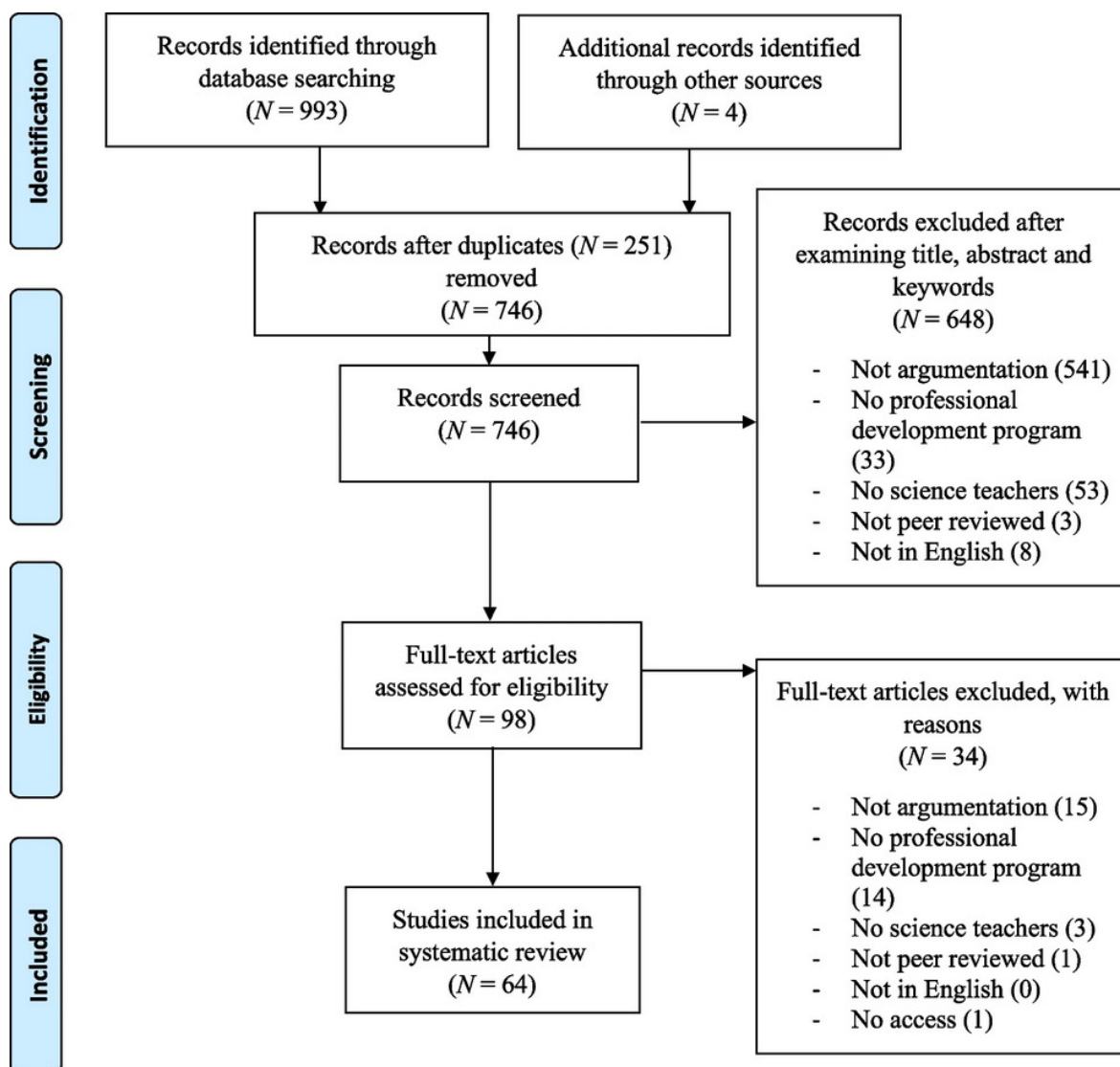


Figure 5.: Flowchart Diagram of the Paper Selection Process According to PRISMA (Moher et al., 2009)

Table 1.5.: Databases and Search Terms

Database	Full search term	Date of last search	Results	Comment
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY (argu* AND scien* AND teach* AND (“teacher training” OR “professional development” OR “teacher learning” OR “teacher development”)) AND PUBYEAR >2000	06.03.2020	489	Since 2001 set as criterion
ERIC	(argument OR argumentation OR argue) AND (scientific OR science) AND (teach OR teacher) AND (“teacher training” OR “professional development” OR “teacher learning” OR “teacher development”)	06.03.2020	243	Since 2001 (“last 20 years”) and only peer reviewed set as criteria
ERA	[All: argu*] AND [All: scien*] AND [All: teach*] AND [[All: “teacher training”] OR [All: “professional development”] OR [All: “teacher development”] OR [All: “teacher learning”]] AND [DatabaseType: Educational Research Abstracts Online]	05.03.2020	261	No criteria for further selection in search engine possible, manually exclusion of studies before 2001

here. In addition, some PDPs build on or re-use the materials of previous PDPs (Larraín et al., 2017). Since we were investigating more general characteristics and not the concrete instructions or materials, we did not differentiate when the existing material was (re)used or modified.

4.4.5. Study Analysis / Inter coding

The next step was to extract relevant information from the 64 articles, including basic study information and the aforementioned categories. A detailed coding manual for the above-mentioned categories can be found in the published study data repository (Weß, 2023). For the higher inference categories, inter coding was conducted by two raters (Gwet, 2014). The first rater was the corresponding author of this paper, who works in the field of science education research and teacher PD. The second rater was the second author; a physics education expert whose research focus is scientific argumentation. We randomly generated a subsample of the 64 studies, and 11 studies were simultaneously coded by the two raters. To correct for the chance of guessing the same codes, we used Cohen’s Kappa (Gwet, 2014) to estimate intercoder reliability (Table 1.6).

Without considering the argumentation categories (which will be addressed in the results section), the other relevant high-inferential categories of this review had Kappa values in the

Table 1.6.: Interrater Reliability (Cohen's Kappa) for Each Category ($N = 11$)

	Domain	Category	Cohen's K
Block - RO 1.1	Professional Competence	Disposition	1.0
		Situation-Specific Skills	0
		Performance	.63
	Argumentation Competence - Focal Issues	Structure	N/A
		Content	N/A
		Justification	N/A
	Argumentation Competence - Analysis	Form	.01
		Strategy	.30
		Goal	0
Argumentation Competence - Assessment	Metacognitive Knowledge	.01	
	Metastrategic Knowledge	.28	
	Epistemological Knowledge	0	
Block - RO 1.2	Active learning	Practical experience with students	.81
Block - RO 1.3	Reasons for results (authors)	Systematisation of reasons	.69

range of $K = 0.63-1.0$, which is considered to be good to excellent agreement. One exception is the professional competence category relating to situation-specific skills ($K = 0$), despite having a percentage agreement of 81%. This is due to the missing occurrence of situation-specific skills in the randomly generated subsample of studies, which led to a rating of zero for each case and a low difference in ratings. In this situation, Cohen's Kappa is prone to error, which resulted in this exceptional Kappa value. Based on this circumstance and the considerable percentage of agreement, we concluded that the rating of this category is not coincidental and therefore worth considering in this review. Besides this, for all the other categories for which the Kappa values indicated at least good agreement in the subsample, we assumed that our coding manual worked and provided reasonable results. In the few cases within these categories for which the codes did not match, discussion between the two raters resolved the discrepancies, and a consensus was reached.

4.5. Results

The results are presented in three parts, each addressing the respective research objective. In all three parts, the descriptive findings for the mentioned categories are reported (Tables 1.7, 1.8, and 1.9). The full table is a single spreadsheet with study data for all three research objectives, and all studies can be openly accessed in the published study dataset (Weß, 2023).

4.5.1. Results for RO 1.1

We categorized the studies we reviewed by *methodology*, *dependent variable*, and *professional competence* to obtain an overview of the context of the PDPs on argumentation. Where applicable, the number of occurrences was counted (Table 1.7).

Table 1.7.: Research Focus Characteristics of Included Studies*

Study characteristic	Description	N (%)
Methodology	- Quantitative	7 (10.9 %)
	- Qualitative	40 (62.5 %)
	- Mixed methods	17 (26.6 %)
Professional		
Competence (based on DV)	- Disposition	48 (75.0 %)
	- Situation-specific	3 (4.7 %)
	- Performance	35 (54.7 %)
Argumentation	Argumentation framework & competence	<i>Dismissed during review process</i>

*Percentages may not total 100% due to rounding. Values of professional competence may add up to more than 64 because some studies fit multiple categories of study characteristics.

Despite addressing many different dependent variables, the results show that most research settings use a qualitative approach and mainly examine dispositional characteristics (e.g., professional knowledge or beliefs). In approximately half of the studies, an examination of concrete performance was also considered in the research focus.

With the two chosen argumentation frameworks and the corresponding categories, we were, in most cases, neither able to find a consensus on the focal issues nor on the analysis or assessment of argumentation competence. This was caused by the circumstance that the given and/or selected information in the studies was in most cases insufficient to identify an underlying theoretical framework of argumentation, or the information given was indistinguishable for the categories of the two argumentation frameworks used by Rapanta et al. (2013) and Sampson und Clark (2008).

When using the framework of Sampson und Clark (2008), we faced the following problem: The focal issues are not disjunctive, and we encountered multiple studies, where no clear dis-

tion in reference to a framework was possible. The focal issues were not developed to differ between certain argumentation frameworks but rather to characterize given argumentation frameworks. This resulted in not considering them for rating; hence, no interrater reliability could be calculated.

We attempted to resolve the fact that Sampson and Clark's (2008) framework was unsuitable by using the description of argumentation competence provided by Rapanta et al. (2013). Even though we used the same assumptions that were reported in their paper, and partly their exact coding manual, our agreement was comparatively poor. Here, the missing distinguishability of the analysis and assessment categories influenced our coding. There is varying information density in terms of the argumentation reported in the studies. Most studies do not provide any or sufficient information to clearly identify the underlying concept of argumentation. We illustrate this exemplarily based on three studies in the Appendix A (see Table A1).

4.5.2. Results for RO 1.2

We categorized the PDP characteristics for the description provided, country, participants, duration via extent and contact hours, and active learning in the sense of practical experiences with students. Where applicable, the number of occurrences was counted (Table 1.8). A list of the countries in which the PDPs were conducted can be found in the Appendix A (Table A2).

General Characteristics—Participants. The number of participants in the PDP studies varied (from $N = 1$ to $N = 120$). Some studies report results for the development of one person (Christodoulou & Osborne, 2014; Kilinc et al., 2017; Zaccarelli et al., 2018) or—at the other extreme—there was a full cohort of teachers being taught argumentation skills (Kaya, 2013). Two studies had more than 100 participants, but these followed an experimental study design, dividing their participants into intervention and control groups and offering PDPs only to the (smaller) intervention group (Cinici, 2016; Hasnumidah et al., 2020). In most case studies, only the number of participant(s) in the study was reported. If this was the case, it is marked with an asterisk (*) (e.g., $N = 1^*$) behind the number in the overview, indicating that there were more participants in the PDP that have not been investigated in the study (Christodoulou & Osborne, 2014; Kilinc et al., 2017). As can also be seen from the Table 1.8, there are PDPs for science teachers in primary and secondary education and for in-service and pre-service teachers.

Duration and Active Learning. The duration of the PDPs varied widely. PDPs lasted from 30–60 minutes (1 module) (Bayram-Jacobs et al., 2019) to multiple day-long meetings over 4 years (Chen et al., 2017). Most of the studies lasted between a few weeks and one year. Additionally, the number of meetings in the PDP period varied in the different studies, ranging from one session to multiple meetings, and using synchronous and asynchronous formats.

Twenty-four of the 64 studies reported the contact hours or provided sufficient information to calculate them. Of these studies, 9 studies had an overall time of contact greater than 30

Table 1.8.: PDP Characteristics of Included Studies*

PD characteristic	Description	N (%)
General characteristics	Participants - N	1 - 120
	Participants - career point	
	- In-service	42 (65.6 %)
	- Pre-service	22 (34.3 %)
	Participants - school form	
	- primary	21 (32.8 %)
	- secondary	26 (40.6 %)
	- both	5 (7.8 %)
- unclear / not reported	12 (18.8 %)	
Duration	- Extent	30–60 min — 4 years, single to multiple meetings
	- Contact hours	24 (37.5 %)
	> 30 hours	9 (37.5 %)**
Active Learning	Practical experience - Inclusion of students	
	- Yes	44 (68.8 %)
	- No	20 (31.3 %)

* Percentages may not total 100 % due to rounding.

** Percentage based on a subsample of $N = 24$ studies where contact hours were reported / calculable; for the full sample ($N = 64$) it would be 14.1 %

hours (Baker et al., 2009; Choi et al., 2015; Cigdemoglu & Köseoğlu, 2019; Crippen, 2012; Kapon et al., 2009; Karisan & Topcu, 2016; Saribaş et al., 2019; Soysal & Yilmaz-Tuzun, 2019; Ünal Çoban et al., 2016), which was set as a cut-off criterion for the long-term benefit of PDPs (Guskey & Yoon, 2009). Finally, as shown in Table 1.8, approximately two-thirds of the PDPs included practical activities with students.

Summarized for the PDP characteristics, nearly in all sizes (Participants N, duration), school forms, and career stages, an argumentation PDP was conducted. However, there is still a small disparity regarding the pre-service teachers in the number of PDPs investigated. Concerning active learning, the majority of the PDPs included practice phases.

4.5.3. Results for RO 1.3

We categorized the PDP results based on a change in teacher competence and the direction of change. Where applicable, the number of occurrences was counted (Table 1.9). We then investigated the influence of the criteria for RO 1.2 on the results. Finally, we provided a systematization for the reasons mentioned in the studies based on thematic analysis.

Table 1.9.: Reported Change of Teacher Competence Based on PD and Direction of Change*

Characteristic	Description	N (%)
Result	Change in teacher competence?	
	- Yes	54 (84.4 %)
	- No	10 (15.6 %)
	Direction of change	
	- Positive	50 (92.6 %)
	- Positive and other	21 (42.0 %)**
	- Neutral	3 (5.6 %)
- Negative	1 (1.9 %)	

* Percentages may not total 100 % due to rounding. Values of Direction of change may add up to more than 64 because some studies fit multiple categories.

** Percentage based on a subsample of $N = 50$ studies where positives results were reported; for the full sample ($N = 64$) it would be 32.8 %

Results of the PDPs. Most studies reported positive results ($N = 50$). Some of these studies reported also a neutral or negative outcome ($N = 21$) as the main result. Fewer studies exclusively reported a summation of neutral (Kapon et al., 2009; Osborne et al., 2013; Sánchez-Martín et al., 2017) or negative findings (Kilinc et al., 2017). In a few studies ($N = 10$), no change in teacher competence was reported; hence, the category change in teacher competence was not applicable (e.g., when the main result focused on the description of different dialogic patterns of teachers) (Anderson Quarderer & McDermott, 2018) or mapping science teachers' beliefs about argumentation (Katsh-Singer et al., 2016).

Influence of the PDP Criteria on the Results. Because the vast majority of studies reported positive results, an identification of the influence of our investigated PDP criteria of RO 1.2 was impeded. For example, considering duration, no influence was identifiable. In addition, looking more specifically at contact hours, nine studies exceeded the cut-off criterion of more than 30 hours. On the one hand, these studies reported—as expected—mainly positive results ($N = 5$). However, six of these nine studies also reported exclusively (e.g., Osborne et al., 2013) or additionally neutral results (e.g., Crippen, 2012) concerning their central research interests. On the other hand, studies with contact hours of less than 30 also demonstrated mostly positive effects. This result also applies to the category of active learning. Independent of including reflection or practical experiences in the PDPs, the majority of studies reported positive results. The same applied when comparing studies that had multiple reflection and practice sessions or did not.

Overall, it can be seen that, with the criteria we have chosen, no causally plausible conclusions can be drawn about the results of the training due to the large number of positive results. Based on this result, it can be argued that our chosen criteria do not influence the outcome of the reported PDP results. To fully investigate RO 1.3, we extracted the information available

4. Review Argumentationsfortbildungen

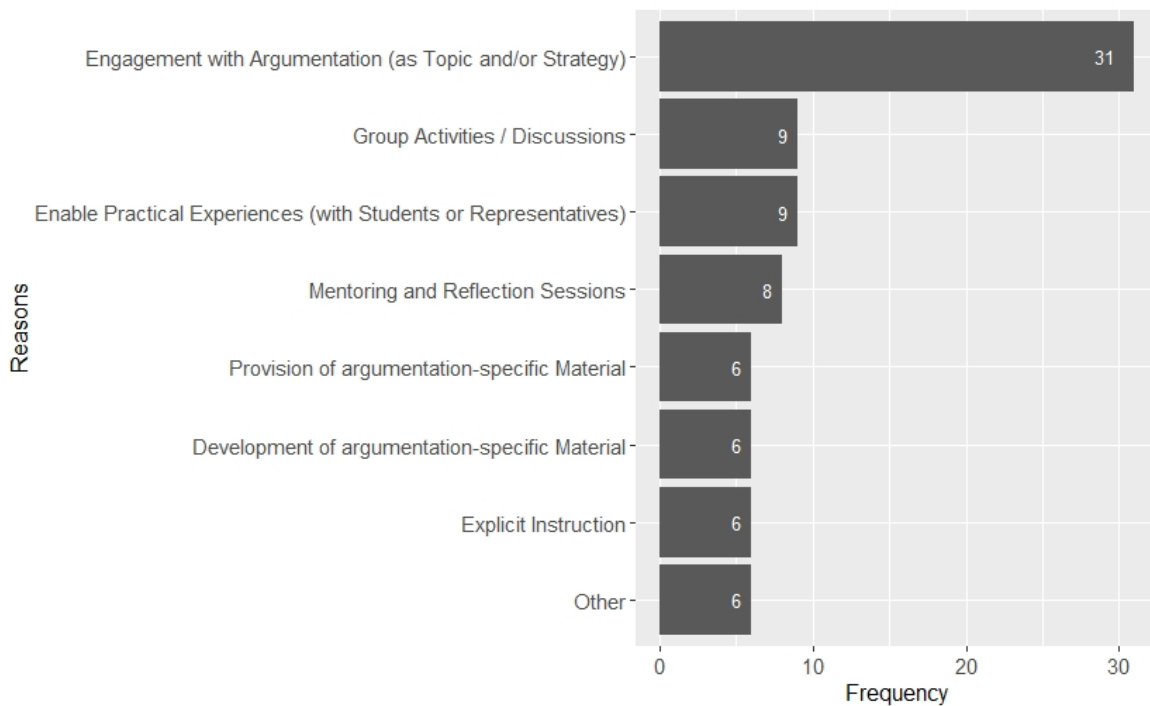


Figure 6.: Grouped Reasons for Results given by the Study Authors

from the studies and the reasons the authors attributed to their results.

Reasons for Results (by Authors). Based on a thematic analysis of the mentioned reasons for the results in teacher competence by the study authors, we identified different reasons and counted how often they were mentioned in the 64 studies (see Figure 6).

As one can see, and perhaps not surprisingly, almost half of the studies attributed engagement with argumentation as a reason for the results of their argumentation PDP. Furthermore, group activities, practical experiences, and reflection sessions in the PDP are frequently mentioned as reasons. Yet, punctually other reasons are also provided that refer to the material and instruction of the PDP or general PDP conditions.

4.6. Discussion

Based on our results, we now interpret and contextualize them to identify patterns in our analyzed studies and provide suggestions on how research on argumentation PDPs was framed and designed. We identified three central topics that guide our discussion: 1) the variety of designs of PDPs on argumentation and the research accompanying it; 2) the visibility of underlying theoretical frameworks of PDPs on argumentation; and 3) the influence of PDP characteristics that lead to (positive) effects of PDPs.

4.6.1. Variety of Designs of PDPs on Argumentation and Accompanying Research

Based on our results, research on PDPs on argumentation has built a strong foundation over the last 20 years. The diversity in the formal-structural characteristics of studies (e.g., the methodology) and in the design of PDPs (e.g., target groups and duration)—combined with an increase of argumentation PDP studies in the last 20 years (see Appendix A, Table A3)—indicates a general growth in the field and accompanying research. At first, this variety seems counterintuitive based on the reported struggles teachers have with implementing argumentation in their classrooms (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Pimentel & McNeill, 2013) and science teachers' need for support (Henderson et al., 2018). However, we argue that growing research around scientific argumentation was necessary to first identify and describe the observed problems in more detail. For example, it is now known that teachers have different opinions regarding what counts as argumentation (McNeill et al., 2016a), and that their understanding of argumentation can change even during PD (Lazarou et al., 2017). The latter indicates that PDPs can help solve at least some of the problems encountered.

Looking more closely at the variety in the PDPs, it seems that there is an imbalance regarding the group of pre-service teachers. Unlike in-service teachers, pre-service teachers have specific characteristics and needs: they are not as entrenched in teaching practice and are still developing their identities as teachers (Beauchamp & Thomas, 2009; van Lankveld et al., 2017). Furthermore, they are, on the one hand, likelier to be exposed to current science education topics in their studies, but on the other hand, have less practical experience in designing and guiding learning situations in the classroom. Considering the specific characteristics and needs of this group and the differences from in-service teachers, it seems useful to take this target group further into account when developing, providing, and investigating PDPs on argumentation.

More closely examining the variety in the research accompanying argumentation PDPs, many studies have focused on a broad range of dispositional competencies. For example, the effect of argumentation on the development of teacher content knowledge in terms of argumentation was explored by de Sá Ibraim und Justi (2016) and Crippen (2012). Additionally, changes in the content knowledge of chemistry (Kaya, 2013) and physics topics (Kapon et al., 2009) using argumentation account for this. Other studies have examined beliefs about (specific parts or strategies of) argumentation (Hand et al., 2018; Katsh-Singer et al., 2016; Loper et al., 2019). Some studies have examined self-efficacy related to argumentation (Aydeniz & Ozdilek, 2016).

Additionally, observable concrete performance was investigated in-depth in 35 of the 64 studies. Here, the research focus ranged from the effect of the PDPs on concrete instruction or teacher moves (e.g., using the provision of scaffolds in the classroom) (Belland et al., 2015; Larraín et al., 2017) or examining classroom talk (Chen et al., 2017; Christodoulou & Osborne, 2014; Kim & Hand, 2015).

Thus, research studies have considered both dispositional characteristics and performance

4. Review Argumentationsfortbildungen

in argumentation training, but the combining element of situation-specific skills has hardly been explicitly taken into account as a dependent variable. Only three studies explicitly focused their research on one of the situation-specific skills (Berson et al., 2018; Rosaen et al., 2010; Tekbiyik, 2015). Berson et al. (2018) investigated the use of instructional practices that facilitate scientific discourse and argumentation using a qualitative approach. They had 44 in-service teachers in their PDP, in which they analyzed video recordings of their own practical experiences to investigate examples of “good practice”. A similar approach was used by Rosaen et al. (2010) in their PDP for five pre-service teachers; they explicitly referred to the situation-specific skill of professional vision. Tekbiyik (2015) conducted a 4-hour workshop with 90 pre-service teachers (59 in post-test) to examine the decision-making processes concerning the use of nuclear energy.

All three studies reported positive results, and as these three studies and Blömeke et al. (2015) point out, these skills seem crucial for teacher learning. In particular, the positive effects of the use of video (as in two of the reviewed studies) are in line with other research on the potential of video use in teachers’ PD (Gaudin & Chaliès, 2015; Tripp & Rich, 2012) (e.g., by enabling the use of authentic classroom situations that effectively activate observers’ knowledge) (Goldman et al., 2014), and promote self-reflection abilities (Hollingsworth & Clarke, 2017) or teachers’ self-efficacy (Gröschner et al., 2018).

The description of PDPs in some studies we reviewed left the impression that activities related to situation-specific skills are also, or at least implicitly, addressed. For example, many studies have investigated a teachers’ ability to implement / facilitate / negotiate / incorporate argumentation in a classroom (Osborne et al., 2004; Saribaş et al., 2019; Shemwell et al., 2015; Simon et al., 2006) or a teachers’ use of a specific curriculum or strategy (Marco-Bujosa et al., 2017). However, situation-specific skills remain implicit, and the explicit research focus is based on performance. In particular, the extensive and well-documented PDPs (de Sá Ibraim & Justi, 2016; Fishman et al., 2017; Osborne et al., 2004, 2013; Osborne et al., 2019) that included discussion sessions or used video vignettes in their PDPs strengthen this conclusion. It appears likely that the central aspects of situation-specific skills, noticing, reasoning about specific in-situation behavior, and reflection on decision-making processes have been taken into account in these PDPs—but were not an explicit research topic.

Altogether, situation-specific skills, such as professional vision and in-situation decision-making, raise the potential to make teachers aware of the possibility of seeing and acting differently in a relevant situation based on (their own) authentic classroom situations (Sherin et al., 2011). However, as our results show, an explicit research focus on situation-specific skills, such as professional vision and decision-making around science teachers’ PDPs on argumentation, is underrepresented. Thus, situation-specific skills (i.e., noticing and reasoning about argumentation in science education or—as a first step—recognizing and thinking about relevant situations in which argumentation takes place or can take place in the science classroom) represent a promising but still insufficiently considered branch of research. We argue that research on this would help teachers transfer the skills learned via PDPs into their classrooms and enhance science teachers’ repertoires to facilitate argumentation—a problem that

research is still facing (Henderson et al., 2018).

Therefore, we conclude: *There is diversity in the characteristics of PDPs on argumentation for science teachers and in addressed research topics in terms of formal-structural aspects, but a) more attention should be paid to the PD of pre-service teachers, and b) there is a need for explicit, systematic research on situation-specific skills in argumentation PDPs.*

4.6.2. The Visibility of Underlying Theoretical Frameworks of PDPs on Argumentation

We initially assumed that the identification of focal issues based on the work of Sampson and Clark (2008) and the allocation of the activities to the argumentation competencies based on Rapanta et al.'s (2013) work would allow us to draw conclusions on this topic. It was pointed out that a description of the underlying argumentation framework is important to allow a comparison of the different study results (Sampson & Clark, 2008). However, we were not able to accomplish this task due to the challenges in reviewing the studies. Our struggles with the argumentation frameworks are based on multiple reasons, as outlined earlier in the Results section of this paper. Summarized, our challenges confirm the need for better documentation:

Another important message, related to the first, underscores how much information readers need to interpret the results of a study; it is simply not enough to say that a given intervention supports students in creating “high”-or “low”-quality arguments. An audience needs very specific details about the nature of the analytic foci as well the underlying assumptions about “what counts” as quality to interpret findings. Explicit sharing of these details among researchers will improve communication and comparison of results across studies. (Sampson & Clark, 2008, S. 469).

This conclusion regarding the need for better reporting after a review of the assessment of student argumentation is also applicable to the development of teacher PDP on argumentation. Perhaps the occurrence of only seven quantitative studies in our review of the research focus also relates to this. Presuming that quantitative measures need a valid and reliable underlying operationalization of the construct/variable of interest, perhaps quantitative approaches and the prerequisites for it (e.g., instrument development and validation) need more attention, especially when one person looks at our struggles to describe the PDPs underlying argumentation framework. A first step could be a description and classification of the argumentation concept in the seven identified quantitative studies for science teacher PDPs on argumentation (Fishman et al., 2017; Hasnunidah et al., 2020; Kaya, 2013; Murphy et al., 2018; Osborne et al., 2013; Osborne et al., 2019; Sánchez-Martín et al., 2017).

Thus, we recommend that research papers include *a detailed description of the underlying argumentation framework in a holistic, clear, and systematic way to enable comparisons.*

4.6.3. PDP Characteristics That Lead to Positive Effects of PDPs

We were able to show that there is broad variety in PDPs regarding characteristics, such as the participants or the duration. Further, practice experiences were prominent in the majority of the PDPs on argumentation. We were pleasantly surprised by the large number of PDPs enabling active learning in terms of the integration of practical parts in science teachers' PD of argumentation. However, we cannot infer any causal relationship between the contribution of these investigated categories of PDPs and the reported results.

For example, although duration is a considerable factor influencing the effectivity of PDPs (Borko et al., 2010; Desimone, 2009), viewing it as a content-independent criterion that causally links to the results has its fallacies. Too wide is the range of different PDPs in terms of duration and number of meetings. Even the more specialized measure of contact hours, used as a standalone criterion to provide effective, sustainable PDPs, is too short-sighted. First, of the 64 studies, only 24 reported or provided enough information to calculate contact hours, so the information was mostly unavailable from the researched studies. Only 9 of the 24 studies had an overall time of contact greater than 30 hours, which has been set as a cut-off criterion for long-term benefits of PDPs (Guskey & Yoon, 2009). Still, of the nine studies identified, not all reported a positive effect on teacher learning in argumentation, despite the occurrence of many positive results.

Therefore, studies not fulfilling this criterion also had positive effects. Osborne et al. (2013) and Kilinc et al. (2017) showed that duration itself does not make a good PDP. These two studies reported comparatively long-term (> 1 year) PDPs that had results below expectations. However, they provide critical and valuable insight into how (not) to design argumentation PDPs. The inclusion of reflection phases, feedback, and mentoring seem to be influential variables. If this is not the case, negative practical experiences may become entrenched and make future PDPs more difficult (Kilinc et al., 2017), or the results of the training may remain below expectations due to insufficient supervision (Osborne et al., 2013). The experiences shared in these two studies about PDP on argumentation are in line with other literature regarding teacher PD: The effectiveness of learning processes through practical experiences depends strongly on a) the mentoring before, during, and after the internship (Gergen, 2019) as well as, not only the possibility for but also the quality of reflection of one's own teaching-learning sequences (Herzog & von Felten, 2001). Therefore, using practical experience or duration as a single measure for effective teacher PD is not useful.

Based on this, we can confirm that the results of the PDPs reported in the studies were not automatically influenced by the sole availability of influential PDP criteria, such as long duration and active, yet unreflected or unevaluated learning. Our chosen resolution of duration, especially contact hours, and practical experience, is suitable to show if an argumentation PDP had one of these components at all. They do not discern the quality of the PDP session(s) or the practical experience(s). More sensitive operationalizations of the sessions (e.g., analyzing tasks, material, and instruction), or the practical experiences (e.g., investigation of the preparation, mentoring, or concrete tasks) enable a more in-depth analysis of the quality

of the PDP.

Yet, we want to critically note that this is partially impeded by two circumstances. First, as shown for the contact hours, at least for our 64 selected studies, there is a varying information density or absence of relevant information in some studies. Second, the sheer number of positive results of PDPs for argumentation still impedes a comparison to determine good practice indicators. Concerning the second aspect, we cannot exclude the prevalence of p-bias based on the large number of positive results. Since one of our inclusion criteria was “peer review,” we have no indication of studies on argumentation PDPs that may have been rejected for publishing due to reporting null or negative results. This imposes the question of a prevailing publication bias in peer-reviewed studies, as has been recognized in other fields of academic research—for example, for social sciences, see Franco et al. (2014).

Besides illustrating that these “hard” PDP characteristics do not allow any causal conclusions of the results of a PDP, we have shown with our categorization of the reasons the study authors attribute that there are many variables to improve argumentation. We can also see an overlap of our reasons extracted with other effective criteria in general—for example, practical activities and reflection phases as mentioned by Desimone (2009) — and beneficial argumentation-specific design principles — for example, explicit instruction and introduction of argumentation is also mentioned by Aydeniz (2019). However, the reasons themselves remain vague. One could argue here that our generalization of the reasons for RO 1.3 is too low to resolve. However, with the varying amount of information given in the studies and our intent to cover all studies that all make argumentation an explicit goal of their studies, this was our best attempt to group these diverse studies that all aim for enhancing argumentation using different contexts and aims with this resolution level, and still reach a considerable consensus. To obtain finer-grained results, we refer here back to our conclusion for the argumentation framework and cite a) a need for better reporting, and b) a more detailed sampling based on our findings. Perhaps one could further investigate the subsample of the 31 studies on “engaging with argumentation,” but then still, and we highlight this, even if the single activities were more precisely described, their impact on the result as one of many PDP activities remains unknown.

Overall, we conclude *that the identification of effective PDP characteristics is possible, but generalizations based on surface PDP characteristics are limited.* For example, practical phases can be the reasons for positive results, yet generally speaking, practical phases do not automatically lead to good results. This also applies to the other investigated categories for RO 1.2 and RO 1.3. Therefore, *future research should build on the solid fundament of previous argumentation PDPs to develop and investigate the latent trait of argumentation competence. Future research should more clearly relate the resulting different PDP activities used to develop science teachers’ argumentation skills to the actual PDP result at the same inference level and further investigate the share each of these activities has on the result.*

4.6.4. Limitations

One may criticize the fact that we used Blömeke et al.'s (2015) model for studies published before 2015 and therefore have an indiscriminate use of the categories regarding professional competence, especially situation-specific skills. We rebut this critique because subordinated concepts, such as noticing (Van Es & Sherin, 2002) or professional vision (Goodwin, 1994), were established long before the application in the model used here. Furthermore, we highlighted in the discussion the implicit presence of these components in PDPs, yet an explicit research focus in the related studies—and when looking for established concepts such as noticing and professional vision—still remains unattended.

We reviewed a subsample of the papers using more than one coder; the rest of the analysis was done by only one person. Even though this procedure seems legitimate (Hallgren, 2012), one could challenge the generalizability of this step. However, we did not only opt for a subsample because of time and efficiency reasons. Rather, we see our high agreement in the values of a randomized subsample as evidence of the functioning of our coding manual and ratings (except for the argumentation categories). Therefore, we assume that additional ratings with two coders would not necessarily have resulted in a significant change.

Furthermore, our selection of included studies may be biased by country. Most studies were found in Western, English-speaking countries (see Table A2). This may not be surprising, considering that we filtered for studies in English since it is one of the standard languages of science communication worldwide. However, educational contexts are often bound to national curricula. Therefore, this review possibly misses out on studies and PDPs that are written in a language other than English but otherwise would have suited the criteria.

Additionally, the studies included in the review span the entire K-12 curriculum (elementary, middle and high school). In our review we followed the approach to give a general overview of how the development of skill in the facilitation of argumentation has been realized, independent of the curriculum. Future research on this issue or on the type of school (urban, rural, suburban) can use our here gained insights to examine these objectives more closely.

Addressing the search terms for this review, one could argue that, for example, the imbalance in the group of pre-service teachers is grounded in the search terms, leading to more results for PDP and in-service teachers and not for pre-service teachers, where “continuous teacher development” is a more prominent term. However, since we explicitly included “pre-service teachers” in the search terms, as well as “teacher development” and “teacher training” as varieties of PD, we feel that we still have a representative sample for pre-service teachers. Hence, the found imbalance represents the existent number of studies and is not based on faulty or incomplete search terms.

Also, we want to share a critical thought on our approach to identifying the argumentation framework for a PDP on argumentation. We tried to describe the underlying argumentation framework of the studies considering the argumentation PDP based on the descriptions provided in the studies. We did this since we anticipated varying depths in the description of argumentation in the PDPs, yet we did not systematically take into account some studies that

reported concrete argumentation instruction and the material of the PD. Perhaps a combined analysis of the argumentation framework, argumentation activities, tasks, and material of the PDP using the categorizations of Rapanta et al. (2013) and an examination of the relationship between the underlying theoretical argumentation framework and the argument instruction and material used in PD will lead to more satisfying results, as only a subsample of the 64 studies provided this information. Here, the teacher actions of Weiss et al. (2022), the design principles of Aydeniz (2019), the work of Zohar (2007), and Zembal-Saul und Vaishampayan (2019), which teachers need to know to successfully introduce argumentation into the classroom, can be useful sources. Furthermore, the additional application of other classifications in a combined approach — for example, that of Erduran et al. (2015) — could deliver more holistic results for reviewing the underlying argumentation framework. However, this cannot be done by us at this point, as this is a whole new, time-intensive research task.

Finally, we reviewed only papers that considered science education. General approaches to argumentation PDPs in other fields of education were not considered. However, our presented approach could function as a template, and the results could provide valuable implications for conducting argumentation PDP reviews in other relevant fields.

4.7. Conclusions

The need for this review arose based on teachers' challenges in facilitating scientific argumentation in classrooms, even though PDPs on argumentation exist. Based on our review of these PDPs in terms of selected PD characteristics and research focus, and the discussion and experience that occurred during the review process of the argumentation categories, we came to three central conclusions regarding the diversity of research of PDPs on argumentation, its accompanying research, the visibility of underlying theoretical frameworks of PDPs on argumentation, and the characteristics that lead to positive effects of PDPs. With these recommendations, we hope to provide helpful insight for developers, moderators, and researchers in designing, implementing, and researching PDPs on argumentation in science education.

5. Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht – Entwicklung Kategoriensystem und vignettenbasierte Praxisaktivität (Studie 2)

Manuskript: Weiß, R. & Priemer, B. (*in preparation*). Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht – Entwicklung und Validierung eines Kategoriensystems zur Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen mit einer Vignettenbasierten Praxisaktivität.

5.1. Einleitung

Argumentieren ist eine bedeutsame Komponente naturwissenschaftlichen Unterrichts (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007; von Aufschnaiter & Precht, 2018). Argumentieren wird dabei zum einen als Mittel zur Verbesserung des Lernens von naturwissenschaftlichen Inhalten (*arguing to learn*, Asterhan und Schwarz, 2016; Kuhn, 2010; Osborne, 2010) angesehen. Zum anderen stellen die Kompetenzen zum Argumentieren selbst einen Bildungswert naturwissenschaftlichen Unterrichts dar (*learning to argue*, Osborne et al., 2013), da es eine zentrale Denk- und Arbeitsweise von Erkenntnisgewinnung ist (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007) und zum Erwerb kommunikativer Kompetenz beiträgt (Ziepprecht et al., 2017).

Dass Lehrkräfte eine zentrale Rolle bei der Implementation des Argumentierens in den naturwissenschaftlichen Unterricht spielen, spiegelt sich in den Erkenntnissen aus Forschungsarbeiten zu Fähigkeiten (z. B. Christodoulou und Osborne, 2014; de Sá Ibraim und Justi, 2016; Sengul et al., 2021; Simon et al., 2006) und *beliefs* (z. B. Choi et al., 2021; Katsh-Singer et al., 2016; Loper et al., 2017; Sengul et al., 2020) wider. Es bestehen umfassende Angebote für Lehrkräfte zum Argumentieren, z. B. Fortbildungen (Fishman et al., 2017; Osborne et al., 2013; Zaccarelli et al., 2018), Instruktionvorlagen (Aydeniz, 2019; Osborne et al., 2004; Shakespeare, 2003) und Unterrichtsmaterialien (González-Howard et al., 2018; Grooms et al., 2016; Osborne et al., 2016a; Sampson et al., 2015). Trotzdem scheinen Lehrkräfte weiterhin Schwierigkeiten mit der Implementation des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht zu haben (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Osborne et al., 2013; Sampson & Blanchard, 2012).

Gleichwohl die Bedeutsamkeit praktischer Erfahrungen und aktiven Trainings von Argumentationsfähigkeiten erkannt und umgesetzt wird, werden situationsspezifische Fähigkeiten in Forschungsarbeiten zum Argumentieren aber nur selten explizit thematisiert (Weß et al., 2023). Da gerade die situationsspezifischen Fähigkeiten die Implementation von dispositionalen Fähigkeiten in Performanz medieren (Blömeke et al., 2015), erscheinen sie als ein sinnvoller Zugang zur Adressierung der Implementationsschwierigkeiten. Dies bietet sich insbesondere über Argumentationsanlässe an, da zu vermuten ist, dass sich diese auch im Unterricht einer Lehrkraft finden lassen (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018). Ein Argumentationsanlass stellt zunächst nur einen möglichen Ausgangspunkt von dann folgenden Argumentationen dar, er selbst ist als solcher aber nicht notwendig bereits eine Argumentation. Durch diese Anlässe erscheint ein situativer, praxisnaher Zugang zum Argumentieren möglich. Eine systematische Beschreibung dieser Anlässe fehlt aber bislang. Aus der Kombination dieser zwei Desiderata (Situationsspezifik und Argumentationsanlässe) schlagen wir vor, in einem ersten Schritt (angehende) Lehrkräfte über die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen aus dem Chemie- und Physikunterricht für das Argumentieren zu sensibilisieren und einen niedrigschwelligen Ansatz zur Förderung der Fähigkeiten im Erkennen und Interpretieren von Argumentationsanlässen aufzuzeigen, um so etwaige Implementationsschwierigkeiten zu adressieren. Ein zweiter Schritt – auf den wir hier aber nicht eingehen – beinhaltet dann Fach- und fachdidaktisches Wissen zum Argumentieren.

In diesem Beitrag präsentieren wir erste Ergebnisse aus einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung. Wir stellen die Entwicklung und Validierung eines Kategoriensystems zur systematischen Beschreibung von Argumentationsanlässen dar, die sich aus dem „alltäglichen“ Chemie- und Physikunterricht ergeben, der nicht Argumentationssituationen intendierte. Weiterhin adaptieren wir ein etabliertes Modell professioneller Wahrnehmung (Seidel & Stürmer, 2014) für Argumentationsanlässe, wofür wir zugleich eine vignettenbasierte Praxisaktivität zur Beschreibung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen präsentieren, in der das Kategoriensystem als unterstützendes Instrument eingebettet wird. Das innovative Potenzial unseres Ansatzes sehen wir in der Verbindung zwischen professioneller Wahrnehmung, operationalisiert durch den Bezug auf Unterrichtssituationen, und der Förderung des Argumentierens, unter dem Blickwinkel auf die dazu notwendigen Anlässe. Über das Argumentieren hinaus kann das Vorgehen ggf. auch eine Schablone zur Vernetzung anderer Bereiche naturwissenschaftsdidaktischer Forschung mit der professionellen Wahrnehmung sein.

5.2. Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht kann als Verbindung von Behauptungen (*claims*) und Evidenz (*evidence*) durch Schlussfolgerung (*reasoning, justification*) oder als Evaluierung von Wissensständen (*knowledge claims*) in Anbetracht von empirischer oder theoretischer Evidenz definiert werden (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007). Der Begriff „Argumentieren“ wird dabei häufig als die dialogische Handlung innerhalb einer Argumentation verstanden (von Aufschnaiter & Prechtel, 2018). „Argumentation“ beschreibt den Prozess, bei dem Argumente gebildet oder ausgetauscht werden (Andriessen et al., 2013; Kuhn & Udell, 2003; Osborne, 2010) und jeweils unterschiedliche Ziele adressieren kann (Rapanta & Felton, 2022). Als Produkt dieses Prozesses entsteht wiederum ein „Argument“, worunter man häufig die angemessene Schlussfolgerung bzw. Begründung (*reasoning, justification*) einer Behauptung auf Basis von relevanter und ausreichender Evidenz versteht (Osborne et al., 2013). In diesem Beitrag fokussieren wir Argumentationsanlässe, die den Ausgangspunkt für das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen. Solche Argumentationsanlässe gezielt zu sehen und zu nutzen, sind notwendige Kompetenzen von Lehrkräften. Um diese spezifischen Kompetenzen einordnen zu können, wird zunächst allgemein die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften zum Argumentieren beschrieben.

5.3. Argumentieren im Kontext professioneller Kompetenzen von Lehrkräften

Unter professioneller Kompetenz werden hier Fähigkeiten und Fertigkeiten einer Lehrkraft verstanden, die benötigt werden, um bestimmte berufsspezifische Anforderungen zu erfüllen (z. B. Baumert und Kunter, 2006), in diesem Fall das Argumentieren. Die Aspekte professioneller Kompetenz wurden unterschiedlich modelliert (z. B. Blömeke et al., 2015; Kunter

5. Beschreibung von Argumentationsanlässen, Praxisaktivität

et al., 2011, wobei wir das Modell professioneller Kompetenz von Blömeke et al. (2015) verwenden, da sie die Bedeutsamkeit situationsspezifischer Kompetenzen für zielführendes Lehrkräftehandeln feststellen. Sie unterteilen die professionelle Kompetenz in drei Bereiche: Disposition, situationsspezifische Fähigkeiten und die Performanz. Auf dispositionaler Ebene wird z. B. das *pedagogical content knowledge* (PCK) zum Argumentieren verortet, das bei hoher Ausprägung einen positiven Einfluss auf die beobachtbare Instruktionsqualität hat (McNeill & Knight, 2013; McNeill et al., 2016b; Sengul et al., 2020). Auch die *beliefs* zum Argumentieren als motivational-affektive Merkmale scheinen einen Einfluss auf die Performanz zu haben, wobei positive Einstellungen zum Argumentieren argumentative Handlungen und Instruktionen wahrscheinlicher machen als hinderliche Einstellungen (Choi et al., 2021; McDonald & Heck, 2012; Sengul et al., 2020).

Trotz der überwiegend positiven Ergebnisse aus Fortbildungen, die die Handlungskompetenz bei Lehrkräften bezogen auf das Argumentieren fördern (Weß et al., 2023), berichten Lehrkräfte weiterhin über Schwierigkeiten mit der Implementation des Argumentierens in ihren Unterricht. Diese lassen sich insgesamt drei Bereichen zuordnen: 1) Schwierigkeiten bezüglich mangelnder Argumentationsfähigkeiten der Lernenden, 2) Schwierigkeiten in Bezug auf die fachdidaktischen Fähigkeiten der Lehrkräfte im Argumentieren sowie der Implementation und 3) Schwierigkeiten bedingt durch externe Rahmenbedingungen (Choi et al., 2021; de Sá Ibraim & Justi, 2016; McDonald & Heck, 2012; McNeill & Knight, 2013; Sampson & Blanchard, 2012). Insbesondere der zweite Aspekt verdeutlicht, dass sich Lehrkräfte u. A. über Integrationsmöglichkeiten des Argumentierens in ihren eigenen Unterricht auch nach einer Intervention nicht bewusst sind (Choi et al., 2021) oder sie Schwierigkeiten haben, Argumentationen mit einer geeigneten Instruktion zu initiieren (McNeill & Knight, 2013).

Dafür können verschiedene Ursachen angeführt werden: Zunächst bedeutet die Teilnahme an einer Fortbildung nicht, dass alle Lehrkräfte gleichermaßen gefördert werden (z. B. McDonald und Heck, 2012; Osborne et al., 2004). So können u. A. hinderliche Einstellungen über den Mehrwert des Argumentierens Lern- oder Implementationsprozesse bei den Lehrkräften erschweren (Choi et al., 2021; McDonald & Heck, 2012). Jedoch sind diese *beliefs* bei Intervention positiv veränderbar (Lazarou et al., 2017; Loper et al., 2019). In einem systematischen Review von Argumentationsfortbildungen konnte gezeigt werden, dass für die Förderung von Lehrkräften in der Implementation von Argumentationen in den naturwissenschaftlichen Unterricht vielfältige Kompetenzen untersucht und unter unterschiedlichen Forschungsaspekten evaluiert wurden (Weß et al., 2023). Es zeigte sich u. A., dass eine explizite Betrachtung situationsspezifischer Kompetenzen in bisherigen Argumentationsfortbildungen selten stattzufinden scheint (Weß et al., 2023). Es liegt die Vermutung nahe, dass Lehrkräfte nicht auf eine situierte, unterrichtsnahe Implementation des Argumentierens vorbereitet werden, sondern eher fach- und situationsunabhängig Argumentieren erlernen. Das könnte zur Folge haben, dass Lehrkräfte isolierte, nicht im Unterricht anwendbare Fähigkeiten zum Argumentieren erlernen oder Pseudoargumentationen implementieren (McNeill et al., 2016a, 2017). Für diesen Befund sprechen auch die den Fortbildungen zugrundeliegenden und/oder assoziierten unterschiedlichen frameworks, z. B. *Toulmins Argument Pattern* (TAP, Erduran et al.,

2004), *Argument Driven Inquiry* (ADI, Walker et al., 2011), das *Claim-Evidence-Reasoning framework* (CER, McNeill und Krajcik, 2011) oder *argumentation-based inquiry* (ABI, Chen et al., 2016, 2017). Insgesamt erscheint eine stärkere Vernetzung von strukturbezogenen Kriterien und dem inhaltlichen Aufbau eines Arguments notwendig (von Aufschnaiter & Prechtel, 2018). Um dieses Desiderat der Lehrkräfte im Erkennen und der Implementation von Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu adressieren, zeigen wir im nächsten Abschnitt den Mehrwert professioneller Wahrnehmung dieser Situationen für Lehrkräfte auf.

5.4. Professionelle Wahrnehmung und Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

5.4.1. Professionelle Wahrnehmung als Teil professioneller Kompetenz

Zu den situationspezifischen Kompetenzen gehören die Kompetenzen, für den Lernprozess relevante Merkmale einer Lehr-Lern-Situation zu identifizieren, zu interpretieren und eine Entscheidung für eine Handlungsoption zu treffen. Das **Identifizieren** und **Interpretieren** — die mit dem *decision making* als mediierende, wechselseitig beeinflussende Kompetenzen zwischen Disposition und Performanz gelten (Blömeke et al., 2015) — weisen eine hohe Überschneidung mit dem Konzept der professionellen Wahrnehmung auf (Kramer et al., 2017; Meschede et al., 2017). Deshalb ist situationspezifisches Handeln wie die professionelle Wahrnehmung ein wichtiger Faktor für zielführendes Lehrkräftehandeln (Blömeke et al., 2014, 2022).

5.4.2. Konstrukt der professionellen Wahrnehmung

Professionelle Wahrnehmung beschreibt die Fähigkeit einer Lehrkraft, relevante Merkmale einer Lehr-Lern-Situation unter einem Fokus zu erkennen und diese basierend auf bisherigem Wissen einzuordnen (Chan et al., 2020; Meschede, 2014; Seidel & Stürmer, 2014; Sherin & van Es, 2009). Im Modell von Blömeke et al. (2015) entspricht das Erkennen dem Identifizieren und die wissensbasierte Einordnung dem Interpretieren — die Begriffe werden im Folgenden synonym verwendet. Insbesondere das Interpretieren ist unterschiedlich konzeptualisiert worden, z. B. in zwei- (Santagata & Yeh, 2016) oder dreistufigen Modellen (Seidel & Stürmer, 2014; Sherin & van Es, 2009). Im Folgenden verwenden wir das validierte analytische Modell von Seidel und Stürmer (2014). Dieses unterteilt neben dem Erkennen von Situationen das Interpretieren in die drei Teilkompetenzen Beschreiben, Erklären (wir verwenden den weitergehenden Begriff des Begründens) und Vorhersagen.

Beschreiben wird in diesem Modell als Paraphrase der wahrgenommenen Situation verstanden. **Begründen** bzw. Erklären stellt die Einordnung der wahrgenommenen Situation unter Einbezug bestehender Wissensbereiche und –strukturen dar. Über die Bedeutung des **Vorhersagens** werden grob zwei Ausrichtungen unterschieden: Zum einen kann man unter Vorhersagen die Nennung der möglichen Folgen aus der wahrgenommenen und eingeordneten Unterrichtssituation verstehen. Zum anderen wird das Vorhersagen auch als Entscheidung

5. Beschreibung von Argumentationsanlässen, Praxisaktivität

dargestellt, wie auf die wahrgenommene Situation reagiert werden soll („*deciding how to respond*“, z. B. Jacobs et al., 2010). Gleichmaßen betonen Jacobs et al. (2010), dass es hierbei mehrere Entscheidungsoptionen gibt und nicht eine einzige Entscheidung aus der Auswahl der Möglichkeiten als richtig angesehen werden kann. Im Modell situationsspezifischer Kompetenzen grenzt es sich insofern vom *decision making* ab, als hier eher die Vielfalt an Handlungsoptionen im Analysefokus steht und nicht die konkret getätigte Entscheidung aus diesen Optionen.

Es wird angenommen, dass die professionelle Wahrnehmung ein wissensbasierter Prozess ist, der sich in eine generelle und themenspezifische Komponente unterscheidet (Steffensky et al., 2015). Weiterhin ist es bereits gelungen, die professionelle Wahrnehmung auf verschiedene Aspekte einer professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften erfolgreich zu übertragen, sowohl auf allgemeinpädagogische Aspekte (Gold et al., 2013; Seidel et al., 2010; Zucker, 2019), als auch auf andere themenspezifische Aspekte der Naturwissenschaftsdidaktik (Boele, 2021; Sunder et al., 2016a; Wöhlke, 2020). Die Studienlage bzgl. der professionellen Wahrnehmung zu Aspekten naturwissenschaftlichen Argumentierens ist jedoch gering (Weß et al., 2023).

5.4.3. Professionelle Wahrnehmung von Argumentationen und Argumentationsanlässen

Es existieren zwar Studien, die die Fähigkeiten der Lehrkräfte, das naturwissenschaftliche Argumentieren in den Unterricht zu implementieren (z. B. Osborne et al., 2004; Sarıbaş et al., 2019; Simon et al., 2006) oder die Verwendung argumentationsförderlicher Curricula und Strategien betrachten (z. B. Marco-Bujosa et al., 2017). Aber häufig scheint der Fokus dieser Untersuchungen auf die Performanz der Lehrkräfte gelegt zu werden. Das bedeutet nicht, dass Aspekte professioneller Wahrnehmung nicht auch in diesen und anderen Maßnahmen für (angehende) Lehrkräfte adressiert wurden (Weß et al., 2023). Im Gegenteil, insbesondere die umfangreichen und ausführlich dokumentierten Maßnahmen zum Argumentieren (z. B. de Sá Ibraim und Justi, 2016; Fishman et al., 2017; Osborne et al., 2004, 2013; Osborne et al., 2019), die Diskussionsrunden und/oder Videovignetten einsetzen, scheinen den Verdacht zu stärken, dass mindestens implizit situationsspezifische Kompetenzen in den Maßnahmen adressiert wurden. Eine explizite Betrachtung im Forschungsdesign erhält die professionelle Wahrnehmung von naturwissenschaftlichen Argumentationen jedoch nur in wenigen Studien (Holton et al., 2020; Holton, 2021). Holton (2021) und Holton et al. (2020) untersuchten z. B. die Entwicklung professioneller Wahrnehmung von Lehrkräften für (mündliche) Argumentationen, wobei sie einen signifikanten Einfluss des DiALoG-Instruments (*Diagnosing Argumentation Levels of Groups*, Henderson et al., 2021) auf die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung in Bezug auf das Moderieren einer Argumentation und die Identifikation von Argumentkomponenten feststellten (Holton, 2021), jedoch hierbei die Initiierung einer Argumentation außen vor ließen.

Gerade diese Bedingungen zur Initiierung einer Argumentation, sogenannte Argumenta-

tionsanlässe, scheinen sich jedoch sowohl in Anbetracht des o. g. Forschungsdesiderats zu situationsspezifischen Kompetenzen als auch mit Blick auf eine Situierung im Unterricht für die professionelle Wahrnehmung anzubieten: Die notwendige Bedingung einer Argumentation, der Argumentationsanlass, erscheint weniger komplex und klarer beschreibbar als der bisherige Anspruch, alle (oder möglichst gezielte einzelne) Kompetenzen zum Argumentieren in einer Fortbildungsmaßnahme abzudecken. Die Bedingung wird bereits erfüllt durch eine strittige Situation (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018) bzw. Differenz (Duschl & Osborne, 2002). Dies kann beispielweise durch zwei unterschiedliche Behauptungen oder nicht-hypothesenkonforme experimentelle Daten evoziert werden. Das implizite Potenzial zur strittigen Situation, das aporetische Element (Rapanta, 2018) scheint im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nur außerhalb von gezielten Argumentationsaufgaben existent zu sein (Fleischhauer, 2013), sondern ebenso im gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht zumindest theoretisch denkbar. Die Ziele solcher dialogischer Argumentationen, die aus einer Adressierung der aporetischen Elemente folgen können, werden als *information seeking*, *discovery*, *inquiry* und *persuasion* ausgewiesen (Rapanta, 2018). Diese Ziele stehen im Einklang zu den drei Zielen von Berland und Reiser (2008) und finden sich in den Beschreibungen zu den vier Mustern in der Ausgestaltung von *argue to learn*-Fortbildungen wieder (Rapanta & Felton, 2022). Durch dieses aporetische Element eröffnet sich ein praxisnaher Zugang zum Argumentieren, der aus dem bestehenden Unterricht einer Lehrkraft heraus betrachtet werden kann, der nicht das Argumentieren intendierte.

Jedoch ist, trotz der oben skizzierten Bedeutsamkeit des Argumentierens für den naturwissenschaftlichen Unterricht, wenig über Argumentationsanlässe im naturwissenschaftlichen Unterricht bekannt. Zwar gibt es einzelne Empfehlungen, die das Argumentieren im Unterricht ermöglichen, die jedoch recht allgemein gehalten sind (z. B. „*change in dialogic style*“, Martin und Hand, 2009; „*bad data*“, Walker und Wolf, 2017; Walker et al., 2019). Passmore und Svoboda (2012) schlagen zwar vier Typen von Argumentationsanlässen vor, sie blicken aber ausschließlich in der Perspektive ihres *practice frameworks* auf Argumentationssituationen im modellbasierten Lernen und beschränkten sich dabei (folgerichtig) auf Artefakte (Videos, Feldnotizen) aus *modelling classrooms*. Diese entsprechen aber nicht zwangsläufig der alltäglichen Unterrichtspraxis einer Lehrkraft. Auch fehlt eine Anbindung an situationsspezifische Kompetenzen. Dieses Vorgehen ist zwar legitim, birgt aber die Gefahr, dass auch diese Empfehlungen den Lehrkräften ohne entsprechendes (Vor)Wissen bzw. Training zum *practice framework* zu abstrakt erscheinen, was eine Implementation von Argumentationsanlässen in ihren Unterricht erschweren kann. So können auch hier isolierte, nicht anwendbare Wissensbestände bei Lehrkräften zu Argumentationsanlässen die Folge sein. Oder, wie bei anderen Materialien zum Argumentieren, werden Adaptionen in bisherige Unterrichtsroutinen vorgenommen, die die eigentlichen Ziele dialogischen Argumentierens unterlaufen (Knight-Bardsley & McNeill, 2016; Marco-Bujosa et al., 2017; McNeill et al., 2017).

Wir vermuten hingegen, dass die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen direkt aus dem Chemie- und Physikunterricht von Lehrkräften einen situationsbezogenen, unterrichtsnahen und damit niedrigschwelligen Zugang ermöglicht, um den Schwierigkeiten von

Lehrkräften im Erlernen von Argumentationsfähigkeiten in Bezug auf die Initiierung und Implementation von Argumentationen in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu begegnen. Diese Forschungslücke möchten wir schließen, indem wir ausgehend von der Praxis des Unterrichts erstmals Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht systematisch beschreiben, im fachdidaktischen Wissensbestand verorten und diese dann über die Beschreibung einer Praxisaktivität zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen zugänglich machen.

5.5. Forschungsfragen (FF)

Dieser Beitrag stellt einen Prozessabschnitt aus einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger & Link, 2012; Wilhelm & Hopf, 2014) unter qualitativer Ausrichtung dar (Mayring, 2022). Wir verfolgen das Ziel, bisherige Schwierigkeiten von Lehrkräften in der Implementation des Argumentierens in den naturwissenschaftlichen Unterricht zu adressieren. Hierfür schlagen wir die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen aus dem Chemie- und Physikunterricht als einen unterrichtsbasierten, niedrigschwelligen Zugang vor. Zur Sicherung der Güte unserer qualitativen Forschungsarbeit folgen wir bekannten Empfehlungen (u. A. Flick, 2022) und verzichten an dieser Stelle auf eine quantitative Berechnung auf Grundlage unserer Ergebnisse (Hammer & Berland, 2014). Ziele dieser Entwicklungsforschung sind neben den Beiträgen zur Grundlagenforschung über die erstmalige Verknüpfung von Argumentationsanlässen mit professioneller Wahrnehmung die einsetzbaren Produkte einer vignettenbasierten Praxisaktivität.

- 2.1 Mit welchen Kategorien können mögliche Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht systematisch identifiziert, beschrieben und klassifiziert werden?
- 2.2 Inwiefern führen die erhaltenen Kategorien zu einer validen Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen sind wir in drei Schritten vorgegangen, die wir chronologisch berichten. Dazu stellen wir zunächst die Entwicklung des Kategoriensystems zur Beschreibung von Argumentationsanlässen sowie das Ergebnis vor (FF 2.1). Danach zeigen wir, wie die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen unter Verwendung des Kategoriensystems operationalisiert werden kann (FF 2.2, erster Teil). Schließlich stellen wir die Entwicklung einer vignettenbasierten Praxisaktivität zur Beschreibung und Förderung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen vor (FF 2.2, zweiter Teil), welche auf dem Kategoriensystem sowie auf der Operationalisierung der professionellen Wahrnehmung beruht (Tab. 2.1).

Tabelle 2.1.: Im Beitrag dargestellte Stufen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung; wesentliche Arbeitsschritte für die drei Ziele: (1) Entwicklung einer validen, systematischen Beschreibung von Argumentationsanlässen, (2) Beschreibung professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und (3) Entwicklung und kommunikative Validierung (Flick, 2022; Mayring, 2022) der vignettenbasierten Praxisaktivität inklusive Einbettung des Kategoriensystems

Stufe	Arbeitsschritt	Teilnehmende	Zuordnung zu Ziel(en)
1	Entwicklung Erstentwurf und Überarbeitung Kategoriensystem	Experte 1 & 2	(1)
2	Erprobung und Überarbeitung der Kategoriensystems	Experte 1 & 2 sowie fünf weitere fachdidaktische Expert:innen, die teilweise auch als Lehrkräfte tätig waren Erstes Video: Experte 1 & 2	(1)
3	Prüfung externer Validität des Kategoriensystems	Zweites und Drittes Video: Experte 1	(1)
4	Adaption eines Modells professioneller Wahrnehmung (Seidel & Stürmer, 2014) auf Argumentationsanlässe und Prüfung der Konstruktvalidität	Experte 1 und Expertin mit Forschungsschwerpunkt in professioneller Wahrnehmung und Physik	(2)
5	Entwicklung vignettenbasierter Praxisaktivität	Experte 1	(3)
6	Erprobung vignettenbasierte Praxisaktivität inkl. Kategoriensystem mit Expert:innen im Argumentieren	Experte 1 – 4	(1), (3)
7	Leitfadengestütztes Interview mit Expert:innen (Gläser & Laudel, 2010) unmittelbar nach Erprobung (einzeln)	Experte 1 – 4	(1), (2), (3)
8	Leitfadengestütztes Interview mit Expert:innen, einige Wochen nach Erprobung (Gruppengespräch)	Experte 1, 2, 4	(1), (3)

5.6. Entwicklung eines Kategoriensystems zur Beschreibung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht

5.6.1. Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfrage 2.1 entschieden wir uns für die Sichtung des TIMSS-Videopools (Roth, 2006; $N = 7$ Videos, insgesamt 6 h Unterrichtszeit) als Ausgangsmaterial. Als Selektionskriterien wählten wir das aporetische Element auf propositionaler Ebene sowie die fachliche Relevanz der antizipierten Argumentation. Zum aporetischen Element wurden Unterrichtssituationen gezählt, in denen eine epistemologische oder fachliche strittige Situation zu erkennen war (für Beispiele siehe Tab. 2.2). Dabei muss es sich nicht zwangsläufig bereits um eine Argumentation handeln, vielmehr genügt eine im Raum stehende offene Frage. Bereits nach der zweiten Analyserunde in Stufe I (Tab. 2.1) fiel auf, dass die explorativ gewonnenen Kategorien große Nähe zu bekannten fachdidaktischen Themenkreisen aufwiesen (Gramzow et al., 2013; Kircher et al., 2015): Variablenkontrolle (z. B. Schwichow et al., 2016), Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Modellen und (experimentellen) Verfahren im Sinne von *nature of science* (z. B. Lederman, 2013; Priemer und Lederman, 2021), Wechsel der Repräsentationsebene (z. B. Gilbert und Treagust, 2009; Johnstone, 1991) und Vorwissen bzw. Präkonzepte von Lernenden (z. B. Schecker et al., 2018).

Auf Basis dieses Ergebnisses durchliefen wir erneut das gesamte Material anhand dieser Oberkategorien, diesmal also im Sinne einer deduktiven, strukturierenden Kategorienbildung (Mayring, 2022). Wir konnten bestätigen, dass die Intention der Kategorien auch nach der Systematisierung und Revision der Kategorienbeschreibung noch die gleichen Fundstellen erzeugte, und sogar bislang nicht zuzuordnende Fundstellen zu Argumentationsanlässen als Kategorien einer der vier Oberkategorien zugeordnet und beschrieben werden konnten. Die Kategorienbeschreibung der bisherigen identifizierten Argumentationsanlässe wurde entsprechend der neuen Oberkategorien in den weiteren Analyserunden ausgeschärft. Diese Abfolge von zwei unterschiedlichen Verfahrensweisen qualitativer Inhaltsanalyse erscheint legitim, da das Interesse am Gegenstand der Anbindung am Verfahren überwiegt (Mayring, 2022). Des Weiteren sind wir in beiden Fällen regelgeleitet vorgegangen (Flick, 2022; Mayring, 2022). Nach weiteren Kodierrunden, Gesprächen sowie einer externen Validierung an anderen Videos (Stufe III, Tab. 2.1) ließen sich alle von uns identifizierten Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht mindestens einer Kategorie des folgenden Kategoriensystems zuordnen.

5.6.2. Ergebnis

Tabelle 2.2 stellt eine Kurzversion des Kategoriensystems dar. Im Vergleich zur Langversion (Anhang B, Tabelle B1) wurden hier die Codes der einzelnen Kategorien weggelassen. Des Weiteren fehlen genauere Ausführungen in der Kategorienbeschreibung, insb. die Abgrenzung zu anderen Kategorien.

Tabelle 2.2.: Kategoriensystem zur Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht

Fokussierung	Kategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele aus Unterrichtsvideos (Anlass hervorgehoben)
Variablenkontrolle	Ersetzen einer Variable	Ersetzen einer Variable durch eine Variable gleicher Art.	Art der Oberfläche als Einflussgröße auf die Reibung: L: Oh, <i>what sort of surface. What if this was ice here, would this go more easily?</i> S: Yes. L: All right, <i>what if it were sandpaper</i> –
	Veränderung Variablenausprägung	Verändern einer gleichen Variable in ihrer Ausprägung.	Änderung der eingesetzten Wassermenge nach Experiment: S: Hey miss, with this, <i>two times the amount of water does that boil at exactly the same time?</i>
	Kontrollieren einer Variable	Konstant halten einer Variable in ihrer Ausprägung.	Experimentelle Siedepunktermittlung von Wasser ergab über 100°C – Position des Thermometers als Kontrollvariable: L: Because, in fact, I'm <i>not only measuring the temperature of the water, but I'm also measuring the beaker temperature of the bottom of the beaker</i> , right?
	Idealisierung	Vereinfachung oder Vernachlässigung einer (abstrakten) Größe, einer Variable oder eines Zusammenhangs.	Weglassen des Einflusses von Reibung auf die Bewegung von Objekten: L: Friction. Okay. <i>Now what if there was no friction?</i>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele aus Unterrichtsvideos (Anlass hervorgehoben)
Grenzen und Gültigkeitsbereiche	Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells	Instruktionen und Aussagen, die die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells thematisieren.	Verhalten von Molekülketten (Polymere) auf Teilchenebene nach Anwendung von Zugkraft: S: Okay, <i>whenever you stretch the tape out do the chains get more compressed or do they just come closer together; or do they actually get more like- do they all get thinner?</i>
	Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Verfahrens	Instruktionen und Aussagen, die die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Verfahrens (z. B. einer Messung) thematisieren.	Abweichung vom Theoriewert nach Experiment: L: What could <i>be the reason something deviates from what the theory says?</i> Do you remember?
Repräsentationsform	Wechsel der Repräsentationsform	Übergang einer Repräsentationsform in eine andere.	Masseverlust nach Erwärmen eines Polymers im Experiment: L: Before heating you had point nine grams, after heating you had point six grams? S: Uh-huh. L: Hm. <i>What happened when you- did some of the molecules go away? I mean point six is less than point nine and where- what happened to the molecules?</i>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Kurzbeschreibung	Beispiele aus Unterrichtsvideos (Anlass hervorgehoben)
Vorwissen von Lernenden	Präkonzepte	Für eine Lehrkraft erwartbare Präkonzepte und Fehlvorstellungen eines Lernenden.	Gleichsetzen von Kraft und Energie: S: (You applied force before) and like it <i>loses the force gradually</i> , slowly as it's sliding across the table as it gets slower. L: Loses the force. S: Yeah, <i>like- loses energy like-</i>
	Intuition / „Raten“	Intuitive, „ad-hoc“ Aussagen von Lernenden zu einem Sachverhalt, zu dem von der Lehrkraft aus gesehen aber gehaltvollere Aussagen vom Lernenden erwartbar sind.	Diskussion der These „Körper in Bewegung erfahren kontinuierlich eine Kraft in Bewegungsrichtung“: L: It's okay to think that. All right, who disagrees? All the heretics put their hands up. Oh, this is good. I like the heretics. Murray? S: What? L: <i>Why do you disagree?</i> S: <i>Because it just doesn't seem right.</i>

5.7. Adaption und Operationalisierung der professionellen Wahrnehmung für Argumentationsanlässe

5.7.1. Methode

Um die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen zu beschreiben, stützen wir unsere Operationalisierung auf dem validierten Modell von Seidel und Stürmer (2014). Alle darin enthaltenen Komponenten und Operationalisierungen wurden auf Argumentationsanlässe übertragen und mit Handlungen bei einer Instruktion spezifiziert. Die Instruktionen wurden unter Einbezug zweier unterstützender Instrumente formuliert. Während für die Vorhersage bereits ein validiertes Instrument zur Adaption vorhanden war (Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom Observation Protocol (ASAC), Sampson et al., 2012), konnte für die Identifikation und Begründung das zuvor entwickelte Kategoriensystem eingesetzt werden, nach dem sich Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht systematisch beschreiben und in der Folge auch identifizieren und begründen lassen. Für die Beschreibung als Paraphrase der erkannten Situation erschien uns kein eigenes Instrument erforderlich. Die Adaption und Operationalisierung wurden von einer Expertin in professioneller Wahrnehmung (für Physiklehrkräfte) geprüft und bestätigt. Sowohl die enge Anlehnung an Seidel und Stürmer (2014) als auch die externe Bestätigung durch die Expertin sehen wir als Belege für die Konstruktvalidität an.

5.7.2. Ergebnis

Tabelle 2.3 zeigt die Operationalisierung, Adaption und entsprechende resultierende Handlungen bei der professionellen Wahrnehmung.

5.8. Entwicklung einer Praxisaktivität zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen

5.8.1. Methode

Da es sich bei der professionellen Wahrnehmung um eine situationsspezifische Kompetenz handelt, werden objektiv-proximale Zugänge bevorzugt eingesetzt (Kunter & Klusmann, 2010). Um die Identifikation und Interpretation von Argumentationsanlässen auch für andere Personen zugänglich zu machen, entschieden wir uns deshalb für Unterrichtsvignetten, die vermehrt Zugang in die naturwissenschaftsdidaktische Forschung gefunden haben (z. B. Brovelli et al., 2013; Riese und Reinhold, 2010; Wöhlke, 2020). Unterrichtsvignetten beschreiben kurze, in sich abgeschlossene Unterrichtsszenen im Text- oder Videoformat, die von Lehrkräften unter einem bestimmten Aspekt bearbeitet werden sollen (Rehm & Bölsterli, 2014). Aus den erhaltenen Antworten wird dann auf die für den Aspekt relevanten Kompetenzen der Lehrkräfte geschlossen. Aufgrund des Ursprungs in realem Unterricht wird Unterrichtsvignetten eine hohe Authentizität und ökologische Validität zugeschrieben, auch lassen sie

Tabelle 2.3.: Übersicht Operationalisierung und Adaption

Komponenten und Teilkomponenten professioneller Wahrnehmung	Operationalisierung nach Seidel und Stürmer (2014, S. 742 ff.)	Operationalisierung für Argumentationsanlässe	Konkrete resultierende Handlung bei Sichtung
Identifizieren / Noticing	Beschreibt, ob die Lehrkraft ihre Aufmerksamkeit auf Situationen richtet, die von Bedeutung für das Lehren und Lernen im Klassenraum sind	Beschreibt, ob die (angehende) Lehrkraft ihre Aufmerksamkeit auf potenzielle Argumentationsanlässe im naturwissenschaftlichen Unterricht richtet	Pausieren im Video; Hervorhebung im Transkript
Interpretieren Beschreiben	Fähigkeit, die relevanten Aspekte einer identifizierten Lehr- und/oder Lernkomponente ohne persönliche Urteile klar zu differenzieren	Fähigkeit, die relevanten Aspekte eines identifizierten Argumentationsanlasses ohne persönliche Urteile klar zu differenzieren	Paraphrase der erkannten Situation
Begründen	Fähigkeit, das relevante Wissen für eine Situation zu nutzen	Fähigkeit, das relevante Wissen einer identifizierten Argumentationssituation zu nutzen (z.B. aporetisches Element, PCK des Argumentierens)	Zuordnen einer Kategorie des Kategoriensystems, Begründung der Zuordnung, Herausstellen des aporetischen Elements
Vorhersagen	Fähigkeit, die Konsequenzen einer beobachteten Situation vorherzusagen	Fähigkeit, argumentationsförderliche Handlungsoptionen für die beobachtete Situation vorherzusagen	Formulierung einer niedrigschwelligen, passenden argumentationsförderlichen Handlungsoption

5. Beschreibung von Argumentationsanlässen, Praxisaktivität

sowohl eine qualitative als auch quantitative Auswertung zu (Rehm & Bölsterli, 2014). Wir haben uns dazu entschieden, die Videosequenzen der TIMSS-Videos erneut zu verwenden und als Video- und Textvignetten aufzubereiten. In der Entwicklung der Vignetten orientierten wir uns generell an den Empfehlungen von Rehm und Bölsterli (2014). Der erste Autor dieses Beitrags wählte passende Videosequenzen aus, die mutmaßlich viele Argumentationsanlässe enthielten. Unser Ziel war es, eine Breite an naturwissenschaftlichen Inhalten aus dem Chemie- und Physikunterricht abzudecken, sodass wir verschiedene Unterrichtssequenzen mit unterschiedlichen Inhalten verwendeten.

Die Vignetten wurden dann mit insgesamt vier fachdidaktischen Expert:innen mit einem Forschungsschwerpunkt im Argumentieren erprobt (für eine Übersicht über die in der Praxisaktivität verwendeten TIMSS-Videos für die Vignetten siehe Anhang C, Tabelle C1). Daran knüpften zur kommunikativen Validierung (Mayring, 2022) leitfadengestützte Einzel- und Gruppeninterviews (Gläser & Laudel, 2010) an (Tab. 2.1, Stufe 7 & 8). Eine Analyse der Antworten der Expert:innen ergab, dass nicht nur nahezu übereinstimmend in allen sechs Vignetten Argumentationsanlässe generell identifiziert wurden, sondern die identifizierten Anlässe mit nur einzelnen Abweichungen zu ähnlichen Zeitpunkten in der Vignette gewählt wurden (9 übereinstimmende Anlässe ggü. 3 abweichenden Meinungen zu Anlässen in sechs Vignetten). Darüber hinaus stimmten die Expert:innen in der Wahl einer oder zwei Kategorien in der Vignette zu den ähnlichen Zeitpunkten überein (12 Fälle in 6 Vignetten) (Anhang C, Tabelle C2). So konnten z. B. alle Expert:innen einen Argumentationsanlass an der Stelle „Now what if there was no friction?“ (*Force and Motion*, 00 : 14 : 52) identifizieren, worin die Lehrkraft die Folgen der Vernachlässigung der Reibungskraft bei einer Bewegung thematisieren möchte. Dies konnten alle Expert:innen mit der Kategorie Idealisierung (d.h. einer vollständigen Vernachlässigung einer Variable, hier Reibungskraft) begründen. Es ist den Expert:innen mit dem Kategoriensystem also möglich, gleiche Anlässe zu identifizieren und diese mit gleichen Kategorien zu begründen. In den Einzel- und Gruppeninterviews wurden die Kategorien des Kategoriensystems von den drei externen Expert:innen als valide Beschreibung von Argumentationsanlässen eingestuft. Darüber hinaus bestätigten alle Expert:innen, dass sie alle von ihnen identifizierten Argumentationsanlässe in eine der verfügbaren Kategorien des Kategoriensystems einordnen konnten.

Gleichwohl gibt es in der Begründung mehr abweichende Ratings (20 in 6 Vignetten), insb. durch einzelne Kategorien, die nur von einem, in seltenen Fällen zwei Expert:innen vergeben wurden. Diese Abweichungen konnten durch die Analyse der Begründungen und Diskussion im Gruppengespräch sinnvoll eingeordnet bzw. verworfen werden. So konnte festgestellt werden, dass Unterschiede in der Kategorienwahl der Expert:innen auf dem Potenzial in den Situationen, diese argumentativ unter verschiedenen Zielen auszurichten, beruht. Dieses Potenzial entstammt somit der Unterrichtssituation und nicht einer mangelnden Trennschärfe des Kategoriensystems. So kann z. B. der Einfluss von Gravitation zusätzlich zur Reibung auf die horizontale Bewegung eines Wagens sowohl einen Anlass in Bezug auf Variablenkontrolle darstellen, indem man sich für oder gegen eine idealisierte Betrachtung entscheidet. Gleichermäßen adressiert dieser Anlass aber auch ein typisches Präkonzept bzgl. Kraft und

Bewegung, was dadurch verdeutlicht wird, das in dem konkreten Szenario ein:e Schüler:in selbst die Gravitation als mögliche Einflussgröße einbringt (*Force and Motion*, 16:07–16:28). Das bedeutet, dass gleiche identifizierte Anlässe — je nach fachdidaktischer Zielvorstellung — unterschiedlich begründet werden können. Basierend auf den Ratings und dem Gruppengespräch ließ sich so ein Konsens für die jeweiligen Vignetten bilden (Anhang C, Abschnitt C.3).

5.8.2. Ergebnis

Die Praxisaktivität (zum Zeitpunkt des Expertenratings) enthält, neben einer Einführung in die Forschungsarbeit und einer Beispielvignette zu Beginn, insgesamt sechs Vignetten (fünf Video- und eine Textvignette) aus dem Chemie- bzw. Physikunterricht (siehe Anhang C, Tabelle C1). Die Länge der Vignetten variierte von 1 – 3 Minuten bzw. einer halben A4-Seite für die eine Textvignette.

5.9. Diskussion

5.9.1. Zum Kategoriensystem (FF 2.1)

Die Ergebnisse zeigen zunächst, dass es möglich ist, Argumentationsanlässe auch im gängigen Chemie- und Physikunterricht zu finden, der Argumentationsprozesse nicht intendierte. Das bestätigt zum einen die theoretische Annahme, dass Argumentationsanlässe bereits im Unterricht vorhanden sind (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018) und sich nicht nur auf Phasen in Argumentationsaufgaben (Fleischhauer, 2013) oder *modelling classrooms* (Passmore & Svoboda, 2012) beschränken.

Zur Beschreibung dieser Argumentationsanlässe sehen wir einen zentralen Mehrwert im Kategoriensystem durch seine Vernetzung von verschiedenen, eher theoretischen Themen naturwissenschaftsdidaktischer Forschung mit der Unterrichtspraxis. Zum einen lassen sich die Kategorien mit den vier Typen von Passmore und Svoboda (2012) in Einklang bringen: *Interpretation of Phenomena/Asking Questions*; *Methodology/Appropriate Evidence*; *Intersection Between Model and Data*; *Assessing Models or Explanations*. Das spricht u. E. dafür, dass wir zielführend Argumentationsanlässe beschrieben haben. Zum anderen stellen wir fest, dass das Kategoriensystem eng mit Teilbereichen fachdidaktischer Forschung verzahnt ist, z. B. Variablenkontrollstrategie (z. B. Schwichow et al., 2016), Grenzen und Gültigkeitsbereiche im Sinne von *nature of science* (z. B. Lederman, 2013; Priemer und Lederman, 2021) oder Präkonzepte von Lernenden (z. B. Schecker et al., 2018). Diese Themen sind als wichtige Teilbereiche der Naturwissenschaftsdidaktik und der universitären Lehrkräftebildung geläufig (Gramzow et al., 2013; Kircher et al., 2015), was sowohl für eine curriculare Validität spricht, als auch direkte Anknüpfungspunkte des Kategoriensystems an die (universitäre) Lehrkräftebildung aufzeigt.

Durch diese Aspekte haben wir erste Hinweise darauf, dass das Kategoriensystem eine valide Beschreibung von Argumentationsanlässen bietet. Damit werden bisherige Argumen-

5. Beschreibung von Argumentationsanlässen, Praxisaktivität

tationsmaterialien (z. B. Osborne et al., 2016a; Sampson et al., 2015) um exemplarische fachdidaktische und fachinhaltliche Aspekte ergänzt und diese integrativ (von Aufschnaiter & Prechtel, 2018) sowie unterrichtsbasiert zugänglich macht. Damit erweitern wir gleichzeitig bisherige Konzepte zur Vermittlung der Argumentationskompetenz, die eine Betrachtung des Arguments bzw. Argumentierens selbst in den Vordergrund ihrer Beschreibungen stellen, was sich z. B. in den zugrundeliegenden frameworks zeigt (TAP, Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2004; Simon, 2008; ADI, Walker et al., 2011; ABI, Chen et al., 2016, 2017 oder CER, McNeill und Krajcik, 2011). Wir erwarten, dass aufgrund dieser Vernetzung eine niedrigschwellige, systematische und praxisnahe Einbettung von Argumentationsanlässen in der (universitären) Lehrkräftebildung ermöglicht wird.

5.9.2. Zur Praxisaktivität (FF 2.2)

Grundsätzlich lässt sich anhand des Expert:innen-Ratings der Praxisaktivität feststellen, dass diese in der Lage waren, nach kurzer Instruktion, nämlich dem Lesen des Kategoriensystems, Argumentationsanlässe zu identifizieren und zu begründen. Weiterhin wurde als Mehrwert genannt, dass diese Kategorien fachübergreifend, also sowohl für Chemie- als auch Physikunterricht (und vielleicht auch darüber hinaus), anwendbar sind. Dies spricht für die Anwendbarkeit der Praxisaktivität und der Einbettung des Kategoriensystems für die Beschreibung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen. Weiterhin, wenn auch hier nicht explizit im Fokus stehend, wurde anhand der Antworten der Expert:innen ersichtlich, dass die Argumentationsanlässe abhängig von der Begründung unterschiedliche Argumentationen evozieren, sowohl bei gleicher als auch unterschiedlicher Kategorienwahl in der Begründung. Diese argumentationsförderlichen Antworten sind mit bisherigen Befunden zum Argumentieren im Einklang (Rapanta & Felton, 2022; Sampson & Blanchard, 2012). So lassen sich über die Vorhersage die vier Ziele dialogischen Argumentierens erreichen (Rapanta & Felton, 2022). Für die Adressierung der Argumentationsanlässe aus der hier gezeigten Unterrichtspraxis vermuten wir jedoch, dass die unterste Stufe (*low-structured sensemaking*) die größte Nähe zur Situation aufweist und damit für alle Anlässe die niedrigschwelligste Adressierung darstellt. Alle anderen Ziele dialogischen Argumentierens (Rapanta & Felton, 2022) sind jedoch in größerer Abstraktion von der Unterrichtssituation auch mit entsprechendem Aufwand realisierbar. Insgesamt wird so die interpretatorische Vielfalt eines Argumentationsanlasses nicht nur in der Begründung, sondern auch der Vorhersage gewährleistet und der pädagogische Handlungsspielraum einer Lehrkraft aufrechterhalten. Eine Lehrkraft kann diese Anlässe also unterschiedlich umfangreich adressieren, sie muss es aber nicht, sofern eine Argumentation in der Situation für sie nicht sinnvoll erscheint. Wir können aber ein Instrument an die Hand geben, mit dem Argumentationsanlässe überhaupt identifiziert und begründet werden können.

Die vignettenbasierte Praxisaktivität kann so mit dem Kategoriensystem in der universitären Lehrkräftebildung mit einem Fokus auf Argumentationsanlässen, den gezeigten Fachinhalten (z. B. Kraft und Bewegung) oder den vier fachdidaktischen Themen erprobt werden und

ergänzt bestehende themenspezifische Vignetten (Brovelli et al., 2013; Wöhlke, 2020; Zucker, 2019). Mit der hier vorgestellten Praxisaktivität inklusive dem Kategoriensystem präsentieren wir demzufolge erstmals eine Aktivität zur Beschreibung der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen, was zum Erkenntnisgewinn für die professionelle Wahrnehmung in der universitären Lehrkräftebildung allgemein (Chan et al., 2020; Gold et al., 2013; Seidel et al., 2010) und speziell zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationen (Holton et al., 2020; Holton, 2021) beiträgt. Inwiefern sich die Praxisaktivität nicht nur zur Beschreibung, sondern auch zur Förderung eignet und damit die Implementationsschwierigkeiten (Choi et al., 2021; McDonald & Heck, 2012; McNeill & Knight, 2013; Sampson & Blanchard, 2012) adressiert, ist noch zu überprüfen. Wir sehen aber durch den hier geschaffenen Zugang der Vignetten inklusive dem Kategoriensystem einen guten Ausgangspunkt für unsere weitere fachdidaktische Entwicklungsforschung.

5.10. Fazit

Ungeklärt im Rahmen von Forschungsfrage 2.1 bleibt hier, ob das Kategoriensystem vollständig ist und man alle Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht damit abdecken kann. Dies trifft zwar auf unsere Stichprobe zu, lässt sich jedoch nicht unmittelbar verallgemeinern. Weiterhin beschränkt sich dieses Kategoriensystem auf den Chemie- und Physikunterricht, sodass andere, ggf. neue Argumentationsanlässe im naturwissenschaftlichen Unterricht, z. B. in der Biologie möglich sind. Das führt zu der Frage, ob sich die Argumentationsanlässe auch anders als von uns vorgenommen systematisieren lassen. Unser Anspruch war jedoch nicht eine vollständige Darstellung aller möglichen Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht, sondern eine exemplarische Darstellung typischer Argumentationsanlässe, die für (angehende) Lehrkräfte zugänglich ist. Dies ist unseres Erachtens mit den hier beschriebenen Kategorien möglich, zumal am Material kein identifizierter Anlass unkategorisiert blieb. Diesbezüglich lässt sich kritisieren, dass nicht alle Kategorien des Kategoriensystems im Rating abgedeckt sind, sondern nur sieben der neun Kategorien. Diese Kritik ist legitim, aber nicht grundsätzlich. Wichtiger erscheint uns, dass auch im Rating der Expert:innen keine Argumentationsanlässe unkategorisiert blieben. Hier lässt sich einwenden, dass nicht alle Expert:innen alle Vignetten gesehen haben, was jedoch aus zeitökonomischen Gründen leider nicht anders möglich war.

Bei den Expert:innen konnten wir davon ausgehen, dass hohe dispositionale und motivational-affektive Merkmale zum Argumentieren vorhanden sind, die eine sinnvolle Bearbeitung der Praxisaktivität begünstigten. Im Sinne der Einflüsse auf die professionelle Wahrnehmung aus dem Modell professioneller Handlungskompetenz (Blömeke et al., 2015) lassen sich diese Bereiche (Fachwissen Physik/Chemie, fachdidaktisches Wissen und beliefs zu Argumentationen bzw. Argumentationsanlässe sowie zu den fachdidaktische Themen des Kategoriensystems) zugleich auf Basis unserer Ergebnisse als mögliche dispositionale Einflussgrößen vermuten, deren jeweiliger Fähigkeitsstand die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen beeinflussen könnte. In anderen Zielgruppen, z. B. (angehenden) Lehrkräften, ist zu erwar-

5. Beschreibung von Argumentationsanlässen, Praxisaktivität

ten, dass diese Merkmale nicht so ausgeprägt sind, was man bei einer künftigen Betrachtung berücksichtigen müsste, sofern nicht die reine Beschreibung des Umgangs ein Ziel sein soll.

Generell bleibt es auch nach dem Rating des Kategoriensystems im Verfahren durch Expert:innen fraglich, welche gewählten Anlässe oder Kategorien besonders „gute“ oder „bedeutsame“ Argumentationen zur Folge haben. Eine Gewichtung der Anlässe in Bezug auf Unterrichtsziele ist hier zu diesem Zeitpunkt jedoch nicht von uns intendiert gewesen. Auch schienen uns Berechnungen der Intercoder-Übereinstimmung wie auch darauf aufbauende quantitative Analysen zur Auswertung an dieser Stelle nicht sinnvoll. Nicht nur wegen der geringen Stichprobe, sondern weil unser Ziel zunächst war, die Vielfalt an fachlich-relevanten Argumentationsanlässen exemplarisch und niedrigschwellig zu beschreiben, unser Vorgehen transparent zu machen und dieses selbst, mit dem Kategoriensystem und der Praxisaktivität zur Diskussion zu stellen (Hammer & Berland, 2014). Wir möchten die Erkenntnis hervorheben, dass die hier gezeigten Übereinstimmungen und Unterschiede in der Begründung der Kategorienwahl der Expert:innen keine Einschränkung oder Beliebigkeit des Kategoriensystems darstellen. Es zeigt nur, dass bestimmte Argumentationsanlässe und dazugehörige Kategorien in manchen Unterrichtsszenarien naheliegender sind als andere bzw. dass manche Anlässe je nach Schwerpunktsetzung unterschiedliche Argumentationen zulassen, was wir in der Diskussion sowohl auf Ebene der Begründung als auch zur Vorhersage aufgeschlüsselt haben.

Insgesamt sehen wir die (noch zu bestätigenden) Vorteile unseres Kategoriensystems und der Praxisaktivität als Beitrag zur Argumentationsforschung und Lehrkräftebildung. Wir vermuten, dass die hier vorgestellte systematische Beschreibung von Argumentationsanlässen sinnvoll die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen beschreibbar macht und so etwaigen Implementationsschwierigkeiten von (angehenden) Lehrkräften zum Argumentieren begegnen kann. Insbesondere das Kategoriensystem nimmt eine zentrale Rolle ein, da es ein Erkennen und Begründen von Argumentationsanlässen niedrigschwellig, praxisnah und dabei vernetzt mit naturwissenschaftsdidaktischen Themen ermöglicht. Dies erscheint uns nicht als der einzige Zugang, diese Implementationsschwierigkeiten zu adressieren, aber als eine sinnvolle Möglichkeit.

Diesen Zugang wollen wir hiermit zur Diskussion stellen. Dies beinhaltet auch die Frage, ob sich dieser unterrichtsbasierte Zugang professioneller Wahrnehmung von Argumentationsanlässen vernetzt zu Fachinhalten und fachdidaktischen Themen nicht auch für andere Aspekte des Argumentierens oder andere Konzepte universitärer Lehrkräftebildung (*problem-based learning, critical thinking*) eignet, z. B. ein Kategoriensystem zur professionellen Wahrnehmung von Aspekten des *critical thinking* bezüglich der Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Modellen im Biologieunterricht.

6. Pre-Service Teachers' Professional Vision of Argumentation Opportunities in Their Analysis of Videotaped Science Classroom Episodes (Studie 3)

Veröffentlicht (CC BY-NC 4.0): Wess, R., & Priemer, B. (2024). Pre-Service Teachers' Professional Vision of Argumentation Opportunities in Their Analysis of Videotaped Science Classroom Episodes. *Journal of Science Teacher Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2410062>

6.1. Introduction

Science teachers play a critical role in facilitating argumentation in the science classroom. For example, they provide students with suitable instructions to improve their argumentation skills (Martin & Hand, 2009; McNeill & Pimentel, 2010; Simon et al., 2006). Both pre-service teacher (PST)s and in-service teacher (IST)s need to be trained in facilitating argumentation (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2004). To train them, a wide range of support exists (Weß et al., 2023). However, research on PSTs' and ISTs' professional development programs (PDPs) has shown that both groups still face challenges when implementing and analyzing argumentation (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Osborne et al., 2013; Sampson & Blanchard, 2012).

To address these challenges, it seems sensible to foster the necessary skills early in teachers' careers. However, PSTs have, in comparison to ISTs, specific needs and characteristics (e.g., different levels of practice experience). Yet PSTs are less often the focus of research in PDPs for facilitating argumentation (Weß et al., 2023). In conclusion, PSTs have limited opportunities to learn how to facilitate argumentation (Banilower et al., 2018; Berland, 2011; Lottero-Perdue et al., 2022).

There is a need therefore for research to support PSTs in their professional development, and especially so for PSTs' professional vision—i.e., the identification and interpretation of classroom situations that facilitate argumentation. In this paper, we will call these situations argumentation opportunities, and they can be a fruitful approach to lay the foundations for PSTs being able to facilitate argumentation. However, despite the importance of this situation-specific skill as a mediator between dispositional competencies (e.g., enacting knowledge of pedagogical actions) and observable classroom performance (Blömeke et al., 2015; Meschede et al., 2017), situation-specific skills like professional vision are seldom explicitly considered in research about PDPs facilitating argumentation (Weß et al., 2023). To shed light on this, we have developed a practice activity within a design-based research project to address this professional vision of PSTs by investigating how they analyze videotaped science lessons with a supporting category system of argumentation opportunities (Wess & Priemer, *in preparation*).

This paper reports findings from eight physics PSTs participating in this practice activity during a university course. Our main research interest is to qualitatively analyze the participants' answers and evaluate the effectiveness of the practice activity in an exploratory study. We follow two objectives. First, from a research perspective, we aim to gain empirically verifiable hypotheses about PSTs' professional vision of argumentation opportunities (RQ 3.1), to identify possible influences on this vision (RQ 3.2), and to describe changes in this vision in the time before and after an intervention lasting several weeks (RQ 3.3). Second, from a practice perspective, we aim to use the gained insights to develop recommendations on how the practice activity could be improved in order to benefit PSTs' professional vision regarding argumentation opportunities, which will ultimately help facilitate argumentation in science classrooms.

6.2. Theory

6.2.1. Learning Opportunities for PSTs' Professional Development in Argumentation

Argumentation is the process of presenting and defending ideas or viewpoints through logical reasoning, evidence, and persuasive language to convince others of their validity or to reach a mutual understanding (Jiménez-Aleixandre & Erduran, 2007; Osborne, 2010). There is a consensus among researchers that a teachers' argumentation competence involves many skills, such as argumentation assessment and analysis (Rapanta et al., 2013), or a profound pedagogical content knowledge (PCK) of argumentation, including teachers' support and evaluation of the components of an argument as well as their discursive skills — e.g., moderating student interactions or formulating suitable instructions (McNeill et al., 2016a).

However, little is known about how PSTs, with their specific characteristics, should be trained. PSTs have limited opportunities to learn how to facilitate argumentation (Banilower et al., 2018; Berland, 2011; Lottero-Perdue et al., 2022). Additionally, PSTs are not as entrenched in teaching practice and are still developing their identities as teachers (Beauchamp & Thomas, 2009; van Lankveld et al., 2017).

Under these circumstances, the development of situation-specific skills, using authentic classroom situations, seems to be a promising approach. Competence, when seen as a continuum, is differentiated into *dispositional skills*, *situation-specific skills*, and *observable performance* (Blömeke & Kaiser, 2017; Blömeke et al., 2015). Situation-specific skills describe knowledge-based skills that can be differentiated into identification, interpretation (both of which are also described as *professional vision*), and decision-making within a given situation — e.g., a specific classroom event (Blömeke & Kaiser, 2017; Blömeke et al., 2015). Situation-specific skills are regarded as crucial for transforming teachers' knowledge into observable performance (Blömeke et al., 2015; Meschede et al., 2017; Stahnke et al., 2016), but these skills are seldom explicitly considered in research about PDPs and facilitating argumentation (Weß et al., 2023).

To promote these situation-specific skills and to address PSTs' specific needs and characteristics, the provision of authentic classroom situations (either through written or video-based vignettes as learning opportunities) has shown great potential in teacher education (Brovello et al., 2014; Gaudin & Chaliès, 2015; Tripp & Rich, 2012). These learning opportunities function as authentic approximations of practice (Grossman et al., 2009). For example, video-based learning opportunities have already been shown to promote various argumentation skills (Mikeska et al., 2023; Sommerhoff et al., 2023) and PSTs' professional vision (Gold et al., 2021; Kleinknecht & Gröschner, 2016; Stürmer et al., 2016).

Thus, in order to support the development of PSTs' skills in facilitating argumentation in a long-term and sustainable manner, an early, situation-specific analysis of authentic classroom situations with a focus on argumentation seems beneficial. The present study therefore explicitly focuses on the relevant sub-component of situation-specific skills: professional vision.

6.2.2. Professional Vision Regarding Argumentation in the Science Classroom

The concept of professional vision is understood as a link between teachers' dispositional skills and their concrete observable (classroom) performance. This concept overlaps with the conceptualization of situation-specific skills (Blomberg et al., 2011; Blömeke et al., 2015). Other terms that describe similar, partially overlapping to congruent constructs are (*teacher noticing* or *selective attention*), although the definition and use of these terms are inconsistent in research (Chan et al., 2020).

By using the term *professional vision* in an educational context, we have followed two distinct processes. The first process, *noticing*, describes the selective recognition of a characteristic or distinctive feature of a teaching or learning situation, while the second process covers the *interpretation* (or *reasoning*) of these features (Blomberg et al., 2011; Meschede et al., 2017; Seidel & Stürmer, 2014; Sherin, 2007). Depending on the model, these processes are operationalized differently. In the present study, we describe noticing as the *identification* of relevant teaching situations and have separated reasoning into three steps: *description*, *explanation*, and *prediction* of relevant teaching situations (Seidel & Stürmer, 2014).

Unfortunately, there are only a few studies reported in the literature on the professional vision of argumentation in the science classroom. For example, Holton et al. (2020) and Holton (2021) have analyzed the professional vision of argument components (e.g., claim, evidence, reasoning), argumentation characteristics (e.g., co-construction, critique), and management of roles among discourse participants. Using the DiALoG tool, Holton (2021) detected, among other things, improvements in the development of professional vision regarding the management and identification of argument components. Lottero-Perdue et al. (2022) used PSTs' transcript codings of argumentation discussions to characterize aspects of their noticing about argument construction and critique. They found for example, that PSTs miss out on coding teacher prompts and sometimes coded non-examples of argument construction and critique, suggesting a need for more targeted learning situations and prompts.

Despite the importance of argumentation for science teaching and initial findings on professional vision in the context of argumentation, comparatively little is known about the professional vision of the basic conditions that facilitate an argumentation. In summary, PSTs are rarely exposed to argumentation in their career (Archila, 2014; Weiß et al., 2023) and have difficulties in implementing related skills in science teaching. Thus, it seems sensible to offer a short, complexity-reduced introduction to argumentation for PSTs by focusing on the potential starting point of every argumentation: the argumentation opportunity.

6.2.3. Professional Vision of Argumentation Opportunities

Argumentation opportunities are defined as the starters of an argumentation, presupposed by the basic condition of difference, because „without difference, there can be no argument“ (Duschl und Osborne, 2002, S. 53). In this context, *difference* is defined as the prevalence of a potentially contentious moment, a so-called *aporetic element*, in a situation (Rapanta, 2018). This contentious moment can be the initiator of an argumentation (hereafter simply called

an *argumentation opportunity*). This definition takes an argumentation opportunity outside of the complex skill set needed to engage in and moderate a complete argumentation. Taking this comparatively low-complex feature into account and assuming that this difference is relevant from subject and didactic points of view, Wess & Priemer (*in preparation*) identified typical potential argumentation opportunities in video-based chemistry and physics lessons (Table 3.1; the long version of the category system is in the appendix B, table B2).

Table 3.1.: Category system of argumentation opportunities in the science classroom*

Control of Variables (CV)	Scope and Limits (SL)	Representation Form (RF)	Student Knowledge (SC)
CV-1: Replacement of a variable	SL-1: Scope and limit of a model	RF-1: Change of representation	SC-1: Preconceptions
CV-2: Change in the scale of variable	SL-2: Scope and limit of a procedure		SC-2: Intuition/Guessing
CV-3: Control of a variable			
CV-4: Idealization			

*This category system does not represent a full list of all argumentation opportunities, but a list of different argumentation opportunities described with typical science education topics, that we found in videotaped science lessons and that can serve as a starting point to notice (and as a further goal: facilitate) an argumentation (see Wess & Priemer, *in preparation*).

The categories represent different but typical science-education topics, such as the control of variables strategy (Schwichow et al., 2016). Additionally, we have developed a vignette-based practice activity that conceptually underlies a validated four-step model of professional vision (Seidel und Stürmer, 2014; see Table 3.3 in the methods section).

The situational, classroom-based origin of this category system and its use in a practice activity on science-classroom vignettes aligns with the approximations of practice approach (Grossman et al., 2009). Furthermore, the category system shown in Table 3.1 is suitable for use in the identification and explanation steps of the professional vision of argumentation opportunities, for which the aforementioned vignette-based practice activity was tested and validated by science-education experts in argumentation (Wess & Priemer, *in preparation*; also, a short description of the practice activity can be found in the methods section). Regarding our central aim to gain insights into the field of PSTs' professional vision of argumentation opportunities, we exploratively investigated this professional vision in the aforementioned practice activity while using the auxiliary category system with the following three research questions.

6.3. Research Questions

- 3.1 How do pre-service physics teachers identify, describe, explain, and predict argumentation opportunities in vignettes of chemistry- and physics-related teaching sequences using a given content-independent category system?
- 3.2 Which participant-specific and vignette-related factors influence the pre-service physics teachers' professional vision of argumentation opportunities?
- 3.3 What is the pre-service physics teachers' level of professional vision of argumentation opportunities in chemistry and physics classroom situations at the beginning and end of a multi-week intervention?

6.4. Methods

To answer the research questions, we conducted a qualitative content analysis (Mayring, 2014) of the participants' responses to describe their professional vision. In addition, we have constructed cases (Sykes & Bird, 1992; Taber, 2014) based on the findings of the content analysis — i.e., the expert ratings of the participants' responses. Accordingly, a case is defined as a participant with their respective answers in the four steps of the practice activity using the given category system. With these results, we describe variances in the participants' work and learning processes and formulate empirically testable hypotheses (Erickson, 2012; Mayring, 2014) on PSTs' professional vision for argumentation opportunities. We have followed existing recommendations (Hammer & Berland, 2014; Mayring, 2014) to ensure that our research process was transparent and the results meet the common quality standards of qualitative research. This paper represents one part of a larger design-based research project (Collective, 2003; Wang & Hannafin, 2005) and is part of a PhD project to promote the argumentation skills of PSTs.

6.4.1. Practice Activity

We used a digital, vignette-based practice activity that we had previously developed and validated to collect data on teachers' professional vision of argumentation opportunities (Wess & Priemer, *in preparation*; see appendix D, section D.2 for the practice activity). The practice activity has five sections and takes about 60 minutes to complete. In the first section, a pseudonymized code is created. The second section provides general information on the activity, the tasks, and a sample text of a vignette. The last three sections each contain a vignette with contextual information and tasks. The vignettes (two videos, one text) have argumentation opportunities from chemistry and physics lessons (Table 3.2), which were taken from the TIMSS video study (Roth, 2006). The argumentation opportunities in the vignettes are based on expert consensus and are typical for middle school-level chemistry and physics lessons.

Table 3.2.: General description of the vignettes

No.	Name	Description	Type	Length	Source
1	Force and Motion	Physics lesson in an 8th grade classroom in Australia on the relationship between force and motion	Video	2 min 44 sec	https://www.timssvideo.com/au5-force-and-motion
2	Suspension and Emulsion	Chemistry lesson in an 8th grade classroom in the Netherlands on the distinction between suspension and emulsion	Text	1/2 page	https://www.timssvideo.com/nl1-suspension-and-emulsion
3	Polymers	Chemistry lesson in an 8th grade classroom in the United States on the cross-linking of polymer chains and how they change under various external influences.	Video	56 sec	https://www.timssvideo.com/us2-polymers

6. Erprobung Praxisaktivität mit Studierenden

Transcripts for the two videos were provided to the participants. Each vignette contained information on the scene of the presented lesson, including contextual details, a short scene description, a time marker, and the resulting duration of the vignette. The video vignettes could be stopped, fast-forwarded, and rewound at any point and repeated as often as desired. Each vignette was accompanied by five tasks, which were assigned to Seidel and Stürmers' (2014) four steps of professional vision (Table 3.3).

Table 3.3.: Overview of the vignette tasks

Professional Vision	Task	Response Type
Identification	1.) Answer the following question: Is there an argumentation opportunity in the vignette?	Dichotomous response (yes / no)
	2.) Provide the time marker and statement(s) of the identified opportunity.	Free text*
Description	3.) Describe the opportunity	Free text
Explanation	4.) Explain the contentious situation and categorize the opportunity using the category system.	Free text and selection(s) from category system
Prediction	5.) Formulate an argumentative option for action	Free text

*It was possible to name more than one opportunity per vignette

Within this practice activity, the aforementioned category system was a crucial element in helping to identify and explain the argumentation opportunities by assigning categories, as represented in the associated task (Table 3.3).

6.4.2. Data Collection, Sample Population, and Use of a Course as an Intervention

The data was collected during the 2021 summer semester as part of a German, urban university course on theory and research approaches in physics education. We chose this specific course since all potential participants had completed most of the subject matter lectures and science education modules (including argumentation), and had gained some practical teaching experience in school. Since this course was also graded, the authors were in a role conflict as researchers and teacher educators at the same time. For several reasons, but also to separate our roles as clearly as possible, we decided beforehand to separate participation in the practice activity from the graded exam and make it completely voluntary. For further separation, the analysis was undertaken by the first author and two additional external experts. The final exam was conceived and graded solely by the second author, who did not rate

or analyze the answers. Nine PSTs in physics, who were in the final year of their master's degree studies, participated in this course. During the weekly meetings, the PSTs developed their own vignettes with argumentation opportunities and then tested, mutually evaluated, revised, and documented these. Adhering to the university's COVID-19 regulations, the course consisted of a total of 14 weekly, remote, 90-minute sessions (see Figure 10 in Appendix E for a detailed course description). All PSTs had completed introductory courses in physics education and had gained teaching experience through practical school studies.

Immediately after a short instruction at the beginning of the course (90 minutes of introduction and 90 minutes of engagement with the category system), the PSTs were asked to anonymously and voluntarily participate in the present study's practice activity (as an assessment before the intervention). During the introduction, the category system was linked to science education topics that the PSTs already knew from previous university courses. In addition, anchor examples were discussed, and the PSTs were asked about argumentation situations in the classroom based on their previous teaching experiences. Nine weeks after the pre-intervention assessment, the PSTs were asked to voluntarily participate in the same practice activity (as an assessment after the intervention).

All nine PSTs volunteered to participate in the study. However, one participant did not provide any responses, and their processing time was only a few seconds per vignette. This participant was therefore removed from the sample. The other eight participants completed both assessments, resulting in a total of 88 identified and processed argumentation opportunities. Pseudonyms were assigned to the participants to protect their identities.

6.4.3. Data Analysis

Table 3.4 lists each of the research questions and the corresponding data analysis method used to answer those questions.

PSTs' professional vision of argumentation opportunities using the practice activity (RQ 3.1).

To answer the first research question, qualitative structured content analysis (Mayring, 2014) was used to evaluate the participants' answers to the five tasks for each vignette in the practice activity. Regarding the identification step, we checked whether and where the participants identified concrete argumentation opportunities in the vignettes. The responses related to the description, explanation, and prediction steps provided more detailed information about the identified opportunities and the participants' interactions with the material in the practice activity. For the identification and explanation steps, we further analyzed potential patterns in the participants' answers and their use of the category system by presenting the category choice. For the sake of completeness, we have analyzed the prediction responses; however, this is not the focus of this paper.

Three experts worked in pairs to assess the quality of the participants' responses related to the description, explanation, and prediction steps. The first expert (the first author of

Table 3.4.: Type of conducted data analysis for each research question

RQ & Research Methodology	Data Analysis Method
RQ 3.1, Analysis of participants answers: Structuring content analysis (Mayring, 2014)	Deductive category assignment to the four steps of professional vision <hr/> 1. Identification: Nominal category assignment if and where opportunity is identified, for processing of the following three steps per identified opportunity. <hr/> 2. Description: Criteria-based assessment of the quality of the description (4 Option from <i>very good quality</i> to <i>low quality</i>). <hr/> 3. Explanation: General assessment of the quality of the explanation (4 Options from <i>very good quality</i> to <i>low quality</i>). <hr/> 4. Prediction: General assessment of the quality of the prediction (4 Options from <i>very good quality</i> to <i>low quality</i>).
RQ 3.2, Influencing factors: Summarizing content analysis (Mayring, 2014)	Explorative, inductive category development on identifiable influences from the participants answers.
RQ 3.3, Participants level and pre-post-change in professional vision of argumentation opportunities (Taber, 2014)	Each participant constructed as a case, summarizing all quality ratings from RQ 3.1 across all vignettes.

this paper) rated the description, explanation, and prediction responses. The second expert (an independent argumentation researcher) served as the second rater for the description and explanation responses. A master's student who had shown high engagement and knowledge in argumentation during his studies was trained as the third rater for the prediction responses, so he was considered an expert in this specific context.

To evaluate the description responses, criteria were developed based on an initial analysis of three participants' answers from the dataset and then classified based on four rating levels (Table E2 in Appendix E). Due to the exploratory type of the study, differentiating criteria were not developed for the other two steps. Here, the experts conducted a general assessment of the quality of the explanation and prediction responses using the aforementioned rating levels.

To obtain the ratings, 41 of the 88 description and explanation responses (the whole pre-intervention answers, 47%), and all 88 prediction responses (100%), were double-rated. After several rounds of rating, the raters agreed on the final rating of the description responses

with a Cohen's kappa of $K_{Describe-mean} = .93$ ($K_1 = 1$, $K_2 = 1$, $K_3 = .79$). For the explanation and prediction responses, the linearly weighted kappa values were $K_{Explain} = .45$ and $K_{Predict} = .54$. While the description results according to the three criteria suggested very good agreement on average, the explanation and prediction results indicated moderate agreement (Landis & Koch, 1977). These findings are discussed in the limitations section.

Potential influences on PSTs' professional vision in the practice activity (RQ 3.2).

We continued analyzing the given answers with respect to the correctness (binary coding with "correct/incorrect") and elaborateness (three levels of sophistication) regarding their subject content knowledge (CK) and the elaborateness (three levels of sophistication) of their answers regarding their PCK of Argumentation using summarizing content analysis (Mayring, 2014). Based on this information, we attempted to describe the influence of these two variables (CK and PCK) on the professional vision of argumentation opportunities.

Changes in PSTs' level of professional vision of argumentation opportunities (RQ 3.3).

To formulate hypotheses about the PSTs' level of professional vision of argumentation opportunities, we first counted the identified opportunities and then used the participants' most frequently assigned ratings per vignette and across vignettes to assign them a level of professional vision of argumentation opportunities (consistent with the four rating options from RQ 3.1). An example will illustrate this: Suppose a participant identified a total of three argumentation opportunities in two vignettes. If the description of all three opportunities were rated as "very good," then the person would receive the rating level of "very good." However, if the explanation of these opportunities were rated twice at the "medium" level and once at the "good" level, then the median quality level of the opportunities predominates, which leads to the overall rating of "medium." If the prediction answers given for these three opportunities were all rated at the "low quality" level, then the overall rating would be "low." We did this procedure for every participant and their answers given in the practice activity.

6.5. Results

6.5.1. PSTs' professional vision of argumentation opportunities using the practice activity (RQ 3.1)

Identification step and choice of categories.

Regarding the identification step, all participants recognized argumentation opportunities in at least two of the three vignettes (Table 3.5). The number of identified opportunities and the corresponding choice of categories varied depending on the participant, the vignette, and the timing of the assessments (i.e., pre- or post-intervention assessments). However, the participants assigned at least one more or less suitable category to almost all identified opportunities in the three vignettes in the pre- and post-intervention assessments (Table E3

6. Erprobung Praxisaktivität mit Studierenden

in Appendix E). In addition, all participants identified most of the opportunities for the physics-specific Force and Motion vignette in both assessments. Overall, the majority of the participants were able to identify at least one opportunity per vignette in the pre-intervention assessment after a short instruction on the category system.

Table 3.5.: Number of identified opportunities per participant, vignette, and assessment

Participant	Force and Motion		Suspension and Emulsion		Polymers		Total (Pre/Post)
	N_{Pre}	N_{Post}	N_{Pre}	N_{Post}	N_{Pre}	N_{Post}	
Dominique	1	1	0*	0*	1	1	4 (2/2)
Nelly	0*	2	1	1	1	1	6 (2/4)
Malek	3	3	1	1	2	2	12 (6/6)
Kasimir	5	7	3	3	1	1	20 (9/11)
Bahar	1	2	1	2	1	2	9 (3/6)
Hazel	4	3	1	1	1	2	12 (6/6)
Clara	4	3	1	0*	0*	2	10 (5/5)
Hannah	1	3	1	2	0*	3	10 (2/8)
Total	19	24	9	10	7	14	-

*No opportunities were identified because the existence of argumentative opportunities in the vignette was denied by the participants in the first task.

Description step.

In almost all cases, the participants were able to properly describe in the sense of a suitable paraphrase the opportunities they recognized in each vignette (Table 3.6).

Explanation step.

For the explanation step, we received answers from almost all participants related to their identified opportunities throughout the assessments. Although the content of the responses differed greatly based on the identified opportunity and the assigned category, several patterns in the explanations while using the category system emerged, as described below.

1. *Insufficient task processing: No category was indicated in the explanation, or only the category name was provided.* For only four opportunities, no category was given in the explanation. In these cases, the participants indicated that they did not know how to explain the identified opportunity as an argumentation opportunity, even with the support of the category system. Nevertheless, they did emphasize that there was a contentious moment in these opportunities. Much more frequently than the four explanations without a chosen category, participants' explanation responses only contained the name of a category. This was contrary to the explicit written instruction in the activity to explain the contentious moment of the identified opportunity. The participants received a low rating from the experts for such

Table 3.6.: Examples of participants' description step responses

Vignette	Transcript Excerpt*	Participant	Description Step Response [Expert Rating]
Force and Motion	Teacher (T): Okay. Was there any other force stopping it other than friction?	Hazel	A student claims that the gravitational force slows down the body and brings it to a standstill at some point. [Very good]
	Student (S): Yes.		[The] student names the gravitational force. [Very good]
	T: Mm hm.	Kasimir	Short answers without justification [Good]
	S: Gravity (inaudible).		The students guess the answers and are not quite sure. You can tell that by the incomplete sentences. [Very good]
	T: Well, um, gravity you say? Okay. Uh, which direction does gravity act in?	Dominique	

*The opportunity is highlighted in bold.

responses. However, in the majority of these cases, the selected category was a more or less obvious thematic fit for the identified opportunity.

2. *Complete task processing while understanding or misunderstanding the category system.* Most of the responses consisted of a category choice and additional details that helped reveal the participants' understanding of the category system and/or what they considered to be the contentious moment of the situation. Thus, we were able to determine that the participants had an adequate understanding of the category system for most explanations of their identified opportunities. To illustrate this, Table 3.7 shows two opportunities that were identified multiple times and that fit well with the variable control idealization (CV-4) and scope and limit of procedure (SL-2) categories, which several participants identified and explained in similar ways.

However, in a few cases, participants chose a category from the category system but did not understand the intended category meaning (or its description in the category system) (Table 3.8). For example, one participant mistakenly considered controlling a variable (CV-3) to be a performance control; however, this category is intended to indicate a variable control in an experiment. Meanwhile, it was somewhat more difficult to recognize the lack of understanding related to the intuition / guessing (SC-2) category, which was chosen quite frequently by participants in the *Polymers* vignette. This category is intended to indicate an intuitive understanding, which would not have been purposeful in the sense of argumentation

6. Erprobung Praxisaktivität mit Studierenden

Table 3.7.: Participants' responses indicating their understanding of the category system categories

Vignette	Identified Opportunity	Participant	Description Step Response [Expert Rating]	Explanation Step Response [Expert Rating]
Force and Motion	T: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?	Malek	Simplification of reality by omitting friction and air resistance [Very good]	CV-4: Idealization (abstract) as simplification takes place by omitting air resistance and friction. [Good]
Suspension and Emulsion	S: Can the (thermometer) be broken?	Nelly	The pupil asks whether the measuring range of the thermometer is broken and whether this is the reason for the deviation. [Very good]	SL-2: Scope and limit of a procedure. The controversial point is that the measuring device is defective and the scalar or the liquid in the thermometer is not correct. [Good]

for the identified opportunities in this vignette.

3. *Complete task processing with responses that fit or did not fit the situation.* The participants' responses enabled insights into their understanding of the category system as well as whether their explanations fit the identified situation. In some cases, the contentious moment was clearly identified (Table 3.9). For example, participants named the underlying pre-concept (e.g., confusion about force and energy in the *Force and Motion* vignette) or weighed possible consequences of a change of variable (e.g., when friction was neglected). This often coincided with an adequate understanding of the category system.

In other cases, participants provided explanations that were suitable for the situation in terms of content but did not fit the aporetic element of the situation when analyzed more closely. For example, participants shifted the topic from sliding and static friction to air resistance (Table 3.10) or gravity (as a force acting in a different direction).

The example of a response that thematically fits the identified opportunity describes neglecting the friction of a rolling cart as an idealization. However, the disputed moment in the identified situation was not air resistance (interpreted as friction), as stated in the explanation, but neglecting the kinetic friction of the rolling cart. Furthermore, the idealization was understood as gradual, which strictly speaking did not correspond to the intention of the category description (as the category definition states: idealization = absolute neglect).

Prediction step.

For the prediction of argumentative options for action, we received answers from almost all participants related to their identified opportunities throughout the assessments. Often,

Table 3.8.: Responses indicating participants' misunderstanding of the category system categories

Vignette	Identified Opportunity	Participant	Description Step Response [Expert Rating]	Explanation Step Response [Expert Rating]
Force and Motion	S: Gravity (inaudible).	Dominique	Short answers without justification [Good]	Situations are in [the] CV-3 [category] because statements offer an argumentation for assessment. [Low]
Polymers	T: They reduced? Where did they go? S: Uh, they melted?	Malek	[The] teacher asks a question, and [the] student responds with [an] intuitive answer. [Very good]	SC-2: Intuition/Guessing [Low]

Table 3.9.: Participants' responses in the explanation step that were rated as *good* or *very good* (examples)

Vignette	Identified Opportunity	Participant	Description Step Response [Expert Rating]	Explanation Step Response [Expert Rating]
Force and Motion	T: Well, energy is different from force, isn't it?	Hazel	The teacher claims that force and energy are different quantities. [Very good]	This is an argumentation opportunity for the category pre-concept (SC-1). The contentious moment is that, in everyday language, a body can have more or less force, and this is equated with its energy. However, these two terms must be strictly separated in a physics context. Because this difference has already been dealt with, the pupils can argue here that energy and force are not the same thing in physics. [Very good]
Force and Motion	T: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?	Malek	Simplification of reality by omitting friction and air resistance [Very good]	CV-4: Idealization (abstract) as simplification takes place by omitting air resistance and friction. [Good]

Table 3.10.: Responses that fit the subject matter but deviated from the identified situation (example)

Vignette	Identified Opportunity	Participant	Description Step Response [Expert Rating]	Explanation Step Response [Expert Rating]	Prediction Step Response [Expert Rating]
Force and Motion	T: Now what if there was no friction?	Hazel	The teacher asks the class how the body would move if there was no friction. [Very good]	This is an argumentation opportunity for the category idealization (CV-4). The contentious moment is that different answers can be valid here, depending on the strength of the idealization. If air resistance is also interpreted as friction, [then] the body would move uniformly. If air resistance is not interpreted as a frictional force, [then] the body will come to a standstill at some point, even if friction is omitted. [Medium]	Base your answer on what you have learnt in the last lesson. [Low]

participants chose directly or indirectly formulated instructions, some of which were related to the identified cause and some of which remained generally formulated (e.g., as in Table 3.10). In the example in Table 3.10, the participant recommended that prior knowledge be included in the instruction without specifically referring to the situation. Furthermore, it was unclear from this response how the given prediction response would promote argumentation.

Summarizing the four steps of professional vision, one can see that all steps were mastered with varying degrees of quality and also with different uses of the category system.

6.5.2. Potential influences on PSTs' professional vision in the practice activity (RQ 3.2)

We found that certain categories of the category system were selected more frequently than others. This relates to how familiar the participants were with the underlying constructs. For example, all eight of the pre-service physics teachers found almost all the opportunities in the physics vignette Force and Motion, yet a comprehensible explanation for these opportunities was only given by a few students (Bahar, Hazel, Kasimir and Hannah). The depth of the others' explanations in this vignette was rather low, e.g. from Clara, who gave for her identified opportunities in this vignette no explanation but rather short, unclear explanations like "This has something to do with variable control." (Clara's response in her post-assessment explanation of the opportunity "To stop something moving that way don't we need something acting that way rather than that way?" [Teacher points in different direction] (*Force and Motion*, 00 : 16 : 24)). Furthermore, we found that identified opportunities were less often interpreted in depth regarding their PCK in the chemistry-specific Polymers vignette. For example, Dominique identified the preconception of "melted molecules" as an argumentation opportunity ("Uh, they melted" (*Polymers*, 01 : 23 : 30)), yet suggests one should argue about "controlling of a variable" of the experiment to solve this. In this vignette, Clara and Hannah also identified no opportunities at all. Overall, this shows how some PSTs had more struggles with the professional vision when the content knowledge is rather unfamiliar and their PCK has shown to be rather low in these situations.

Moreover, the qualitative analysis revealed that the quality of professional vision was influenced not only by the general topic of the vignette (e.g., forces and motion) but also by the specific content of the identified opportunity (e.g., Newton's second law), as illustrated by the (mis)understandings on friction in Table 3.9 and 3.10. This means that the more participants showed a correct and elaborated understanding, the better was the quality of the professional vision. For example, the majority of the participants recognized the topic of why a thermometer did not show 100°C when determining the boiling point as an opportunity in the chemistry-specific *Suspension and Emulsion* vignette. Here, physics PSTs were able to use their prior physics knowledge about the scope and limits of experiments (SL-2) to identify a suitable argumentation opportunity in a chemistry lesson (for a concrete example, see "Nelly" in Table 3.7).

Overall, these findings suggest that both the PSTs' CK and their PCK—e.g., an under-

standing of the category system—influenced the quality of their professional vision answers.

6.5.3. Changes in PSTs’ level of professional vision of argumentation opportunities (RQ 3.3)

Figure 7 shows the participants’ most-assigned vignette-independent quality level in their professional vision of argumentation opportunities, as well as their individual development, after a short category-system instruction and after the nine-week intervention, during which the participants received more in-depth instruction on the category system.

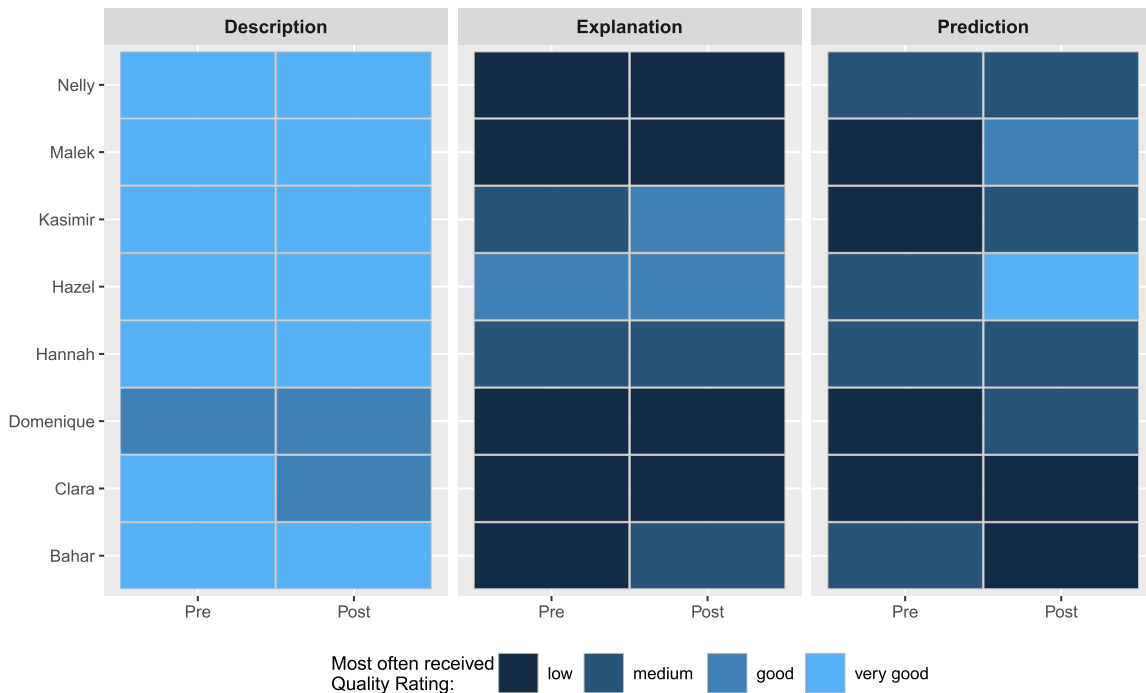


Figure 7.: Participants’ most frequently achieved quality ratings in three reasoning steps of professional vision across all three vignettes after short instruction (pre-intervention assessment) and a nine-week intervention (post-intervention assessment).

We will illustrate this figure based on Hazel’s data. Her prediction in the pre-intervention assessment was in most opportunities rated rather low (see for example her prediction for the opportunity in 3.10). However, in the post-intervention assessment, she was able to formulate better predictions. For example, for the mentioned opportunity “Now what if there was no friction?” from the *Force and Motion* vignette, Hazel suggested, “Depending on the student answer: ‘Think of a reason for your claim’, ‘Student X, give a reason, why, in your opinion, the body continues to move forever’, ‘Student Y, explain why you think that the body still comes to rest.’” Her response to this argumentation opportunity was consequently rated as “very good,” which—when considered with her other predictions—was the most frequently assigned category for her identified opportunities.

In the pre- and post-intervention assessments, all participants achieved at least good quality ratings for their descriptions of all concretely identified opportunities. However, except for Hazel, the participants' explanations and predictions in the pre-intervention assessment were predominately of medium to low-quality levels. The quality of the post-intervention assessment explanations and predictions was slightly higher for the entire sample; however, there were clear inter-individual differences. A comparative analysis revealed that the skills of two participants had decreased between both assessments (Clara in the description step and Bahar in the prediction step). This analysis also revealed the existence of inter-individual differences on a more general basis. Furthermore, although the explanation and prediction steps seemed to be the most difficult for all of the participants, individual differences within one assessment and changes between two assessment points were detected in the data.

6.6. Discussion

6.6.1. Level and Development of Professional Vision when Engaging in the Practice Activity (RQ 3.1 and RQ 3.3)

The analysis and rating of participants' responses to the practice activity uncovered their basic skills of professional vision of argumentation opportunities when analyzing videotaped science classroom episodes. Regarding identification, all participants were able to identify argumentation opportunities using the category system after a short instruction. Also, but less surprising given the generally low complexity of the description step (Seidel & Stürmer, 2014), the participants accurately described their identified opportunities. However, differences in quality were particularly evident in their explanations and predictions. Thus, we can assume that, for the professional vision of argumentation opportunities, these two steps pose the greatest difficulties; this has also been the case for the professional vision of other constructs (Stürmer et al., 2013).

The present study's findings on intra- and inter-individual differences (regarding initial conditions and individual development) confirmed previous research on other areas of professional vision. Differences in intra- and inter-individual development, especially the improvement of individuals as seen in RQ 3.3, suggest that the professional vision of argumentation opportunities is changeable (as is the professional vision of other constructs: e.g., Gold et al., 2021; Kleinknecht und Gröschner, 2016; Stürmer et al., 2016 and thus learnable (as has been found for other components of argumentation: e.g., Lazarou et al., 2017; Mikeska et al., 2023; Simon et al., 2006; Sommerhoff et al., 2023). However, individual differences do appear. For example, in this study, Clara's skills deteriorated in the description and stagnated in the prediction; these results may have been due to a lack of explicit consideration of these components in the course.

In summary, we have obtained general, vignette-independent indications about pre-service physics teachers' level and development of their professional vision of argumentation opportunities, which agree with previous findings on the professional vision of other constructs (e.g.,

Seidel und Stürmer, 2014; Stürmer et al., 2016). One could argue that the change between pre- and post-intervention assessments cannot only be attributed to the intervention but also to the repetition and therefore learning effects of the practice activity. While this learning effect can never be fully excluded, we do not think that this effect is strong, since we did not provide solutions from the pre-intervention assessment (especially since there were no “real” solutions in the sense of our exploratory research). We therefore assume that the change can be attributed to the intervention. We also emphasize that we see the value of the study less in empirical evidence of the effectiveness of the intervention (that would be a quantitative question), but rather in looking at the answers and development of individual cases—and to see if there is any development at all detectable.

6.6.2. Hypotheses for Influences on Differences in Level and Development of Professional Vision, and Use of Category System (RQ 3.2)

We interpreted the finding that the participants were able to assign categories for almost all identified individual opportunities as a meaningful use of the category system. Since the construction of the category system was not only based on the basic condition of argumentation—the contentious situation (Duschl & Osborne, 2002; Rapanta, 2018) — but also linked to science education topics, the analysis of the PSTs’ responses strengthened our initial hypotheses: content knowledge about argumentation opportunities, and about science education topics, such as student conceptions (Hull & Hopf, 2021) or variable control strategy (Schwchow et al., 2016), represent potential influences on the professional vision of argumentation opportunities.

However, since the participants seemed to have little difficulty with the mere recognition of argumentation opportunities using the category system, we suggest, relying on their prior knowledge, that the category system is a complexity-reduced support instrument to structure the identification of argumentation opportunities. From this point of view, it seems to be easier for PSTs to recognize the basic condition of argumentation than to assess other important argumentation skills (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Osborne et al., 2013; Sampson & Blanchard, 2012).

This is also related to findings on the proposed content-specific structure of professional vision (Steffensky et al., 2015). Furthermore, the intra-individual, vignette-specific differences in the quality of explanation and prediction responses suggest that the content knowledge addressed in the vignette influenced the participants’ abilities. All of the physics PSTs generally recognized most of the opportunities in the physics-specific *Force and Motion* vignette. Since this was the first vignette that the participants watched, fatigue effects and decreased motivation while working on the other vignettes could not be ruled out. But given the divergent quality of the additional information on the opportunities, we interpreted this recognition as an indication of the predominance of a content-specific professional vision and an influence of content knowledge in physics. The comparatively poor quality of the explanations of the opportunities in the chemistry-specific *Polymers* vignette compared to the physics-specific

Force and Motion vignette could also be understood as an indication of this.

Yet the majority of the participants recognized the question of why a thermometer did not show 100°C when determining the boiling point in the chemistry-specific *Suspension and Emulsion* vignette as an opportunity to start an argumentation around the scope and limit of experimental procedures. The comparatively common selection of this category for this specific opportunity can be explained sample-specifically. The participants' university training emphasized the limits and ranges of the validity of procedures and models, especially for promoting an understanding of the nature of science and measurement uncertainties. This thematic dependency has been found in other cases as well, and it solidifies the connection between dispositional knowledge, such as CK and PCK, and situation-specific skills (Blomberg et al., 2011; Blömeke et al., 2015; Meschede et al., 2017; Stürmer et al., 2015). Since we were also able to identify intra-individual differences on an opportunity-specific basis within a vignette, the question arises as to which level of content detail appears adequate for consideration.

Beyond the identification of possible influences on pre-service science teachers' professional vision of argumentation opportunities, it remains unclear how strong these influences are and how they are related to each other. Based on the previously established connection between PCK and professional vision in other areas (Meschede et al., 2017), and between the PCK of Argumentation and practical actions (Garcia-Mila et al., 2022; Sengul et al., 2020), we assume that the practice activity can also confirm this interdependence when the dispositional constructs are explicitly thematized and investigated.

6.6.3. Study Limitations

Our findings should be understood as hypotheses. The evaluation and summary of the data represent an interpretation (Hammer & Berland, 2014) and are accompanied by a loss of information. We did not only want to provide initial indications of the vignette-specific PSTs' professional vision of argumentation opportunities; we also wanted to explore the vignette-independent skill levels of them. Although we could have collected additional data (e.g., individual participant interviews before and after processing) for triangulation, we refrained from doing so based on the anticipated content of the participants' responses in the practice activity and the explorative nature of the research. Hence, we also did not undertake pre-intervention measures about their content knowledge and argumentation level.

Furthermore, we only had a small number of participants and an opportunity sample. However, we deliberately selected participants who were at the end of their university education for this study, because they had previous course experience on all of the science education topics covered by the category system and had been exposed to the contents of scientific argumentation. Hence, it remains unclear how other PSTs (e.g., bachelor's degree students at the beginning of their studies) would have done on the practical activity. The lack of a control group could also be considered a limitation.

Accordingly, no statements can be made about how the participants could have noticed ar-

6. Erprobung Praxisaktivität mit Studierenden

gumentation opportunities in the practice activity without corresponding assistance from the category system. However, due to known differences in understanding of argumentation and difficulties with implementing it (Archila, 2014; Aydeniz & Ozdilek, 2015; Garcia-Mila et al., 2022), we suspected that the four steps of professional vision of argumentation opportunities would have made demands on the participants that would have been too high and/or that the PSTs' responses would not have been purposeful for our research without the category system.

Although the nine-week intervention during the course had different effects on the participants, such as improvement or stagnation, we could only attribute this to the intervention as a whole and not to the specific activities during the course sessions. We have described that the results of previous argumentation training are often attributed to the intervention in general rather than to specific activities (Weß et al., 2023). To address our own critique: we focused on a sub-component of argumentation—the professional vision of argumentation opportunities—about which little is known. Within the context of a design-based research project, we aimed to gain first hypotheses of science teachers' professional vision of argumentation opportunities and its influences. These hypotheses can be used to guide further research in this direction—e.g., on the development of suitable quantitative measurement instruments or the effectiveness of individual intervention measures.

The methodology used in the expert assessment process could be criticized because there was only moderate agreement on the assessment of the quality of the explanation and prediction responses. However, this was justifiable within the framework of the study's explorative approach, especially considering the consensus that was achieved for all cases with more than two rating levels of deviation. Nevertheless, in the course of the expert discussions, we repeatedly saw the need to develop criteria for assessing explanation and prediction quality for future research activities. Lastly, our roles as lecturers and researchers were conflicting. As described, we undertook measures to limit its potential negative impact, yet we cannot fully rule out a potential bias in our results.

Overall, we see good indications that these findings from the content analysis support the intended practical approach in the use of the category system for the identification and explanation of argumentation opportunities in chemistry and physics classroom situations (Wess & Priemer, *in preparation*).

Our practice activity, which was in a situational setting, helped students develop their skills in professional vision regarding argumentation opportunities. The added value of the use of the category system in the practice activity was a reduction in complexity by focusing for science education topics and argumentation. This enabled the participants to perceive argumentation opportunities at least at a low level if they had a certain, yet still disclosed, amount of relevant prior knowledge from previous science education courses and relevant subject content knowledge. The practice activity (i.e., the vignette-based sighting of argumentation opportunities using the category system) complements previous training courses (e.g., Fishman et al., 2017; Zaccarelli et al., 2018) and argumentation materials (e.g., González-Howard et al., 2018; Grooms et al., 2016; Osborne et al., 2016a; Sampson et al., 2015). Our

results show that it seems promising to supplement the promotion of the professional vision of argumentation opportunities in the university training phase of teacher development. Based on our enactment with PSTs and the presented findings, we assume that, with appropriate adaptations, the practice activity can also be suitable for in-service teachers as a gateway for them to engage in more argumentation-centered teaching.

6.7. Conclusion and Recommendations for Teaching Practice

Our results show that we were not only able to successfully describe and access a professional vision of argumentation opportunities within a practice activity but also to identify a need to look deeper into the explanation and prediction of identified opportunities (RQ 3.1). We have also identified subject content knowledge and PCK in the PSTs' answers as influences on their professional vision (RQ 3.2). Furthermore, we have made the general levels and changes in the professional vision better visible. We have done this by describing a rating procedure that, in turn, can be the starting point for further research on the assessment of the professional vision of argumentation and its changes when using the practice activity (RQ 3.3).

The findings from the participants' answers in the practice activity resulted in changes of the activity (e.g., rephrasing the instruction for the explanation) and the category system (e.g., a more precise phrasing of the intuition/guessing category). Lastly, we want to conclude with concrete recommendations for the use of our practice activity:

- (1) Our results showed that there were two difficulties that students experienced. First, students' explanations of why an identified argumentation opportunity is an argumentation opportunity are rather superficial. Second, they also have difficulties in predicting appropriate instructions to address these opportunities in an argumentative way. We recommend that an intervention in the university phase of teacher development should focus on the explanation step. Prediction would also be conceivable, but perhaps more so in practical teaching courses where the focus is on planning and designing lessons.
- (2) Based on the inter- and intra-individual differences presented, we suspect various influencing factors on PSTs' professional vision can be addressed. Since the addressed content in the vignettes influenced our students' professional vision, we recommend the use of a specific vignette where the corresponding content knowledge of the participants can be assumed. The different levels of PSTs' content knowledge or PCK can be addressed, for example, by focusing on one topic or category of the category system (e.g., to preconceptions). With this narrower scope, more specific instructions can be formulated for a more specific selection of vignettes related to the four steps of professional vision. In addition, a focus on certain opportunities is more useful. In particular, we have identified passages in our vignettes that have proven to be especially obvious to our PST sample, since they had recognized them to some extent by themselves and

6. Erprobung Praxisaktivität mit Studierenden

classified them thematically similarly to the experts, even with a divergent quality of the explanations (Table E4 in Appendix E).

- (3) The same applies to a more detailed coverage of the corresponding science education topics from the category system in advance. We therefore recommend a continuous review of the selected topics in university teacher training (e.g., areas of scope and limits when addressing *Nature of Science*) to be able to rely on in-depth knowledge and thus contribute to a reduction in the complexity of explaining (and predicting) identified argumentation opportunities in these relevant fields for science education.

We think that the practice activity with the category system as a guidance can serve as a valuable instruction for PSTs to develop their professional vision regarding argumentation opportunities. With that, it can serve as a trigger to successfully bring argumentation into the science classroom.

6.8. Acknowledgements

The authors would like to thank the two other experts for the feedback and rating of the description, explanation and prediction. A big thanks goes to Konrad Nitz for putting his time and effort as a student assistant in the fundamental work that this paper is based on. Lastly, without students there wouldn't be any data. Thus, a special thanks to the course students for voluntarily participating in this practice activity.

7. Studienübergreifende Diskussion

Die vorliegende Dissertation hatte zum Ziel, zum Forschungsfeld der Implementation des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht beizutragen, indem das Potenzial eines neuen, komplexitätsreduzierten Zugangs zum Argumentieren untersucht wird. Der Ansatz fußt auf dem theoretisch gut verankerten Konstrukt der professionellen Wahrnehmung, baut auf fachdidaktischem Wissen auf und hat sich in einer ersten explorativen Anwendung als umsetzbar erwiesen.

Hierzu wurden in den beschriebenen Einzelstudien verschiedene Schlüsselergebnisse präsentiert und diskutiert: Zunächst legte das systematische Review von Argumentationsfortbildungen offen, dass sich unter dem Begriff „Argumentieren“ ein diverses Feld unterschiedlicher Kompetenzschwerpunkte und Fördermaßnahmen finden lässt. Weiterhin stehen situationsspezifische Kompetenzen wie die professionelle Wahrnehmung nur selten im Fokus dieser Fördermaßnahmen. Auch sind Fördermaßnahmen und begleitende Studien für angehende Lehrkräfte weniger häufig, was für einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau wenig vorteilhaft ist. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden unterrichtsbasierte Argumentationsanlässe beschrieben sowie eine komplexitätsreduzierte, vignettenbasierte Praxisaktivität zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen für Lehramtsstudierende entwickelt. Die beiden Erprobungen der Praxisaktivität sowohl mit fachdidaktischen Argumentations-Expert:innen als auch Physiklehramtsstudierenden liefern erste Hinweise auf das Potenzial der Praxisaktivität bei Verwendung des Kategoriensystems, interpretierbare und differenzierte Ergebnisse zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen zu erzeugen.

Die nachfolgende studienübergreifende Diskussion vertieft die Diskussionen der Einzelstudien und setzt die Schlüsselergebnisse zueinander in Beziehung, um so den Mehrwert der Forschungsarbeit im Sinne des Forschungsinteresses zu beurteilen. Darauf aufbauend werden Implikationen für fachdidaktische Forschung und universitäre Lehrkräftebildung gegeben, bevor diese Arbeit mit einem Fazit schließt.

7.1. Studienübergreifende Diskussion der Befunde (Studien 1, 2 und 3)

Zunächst wird der allgemeine Mehrwert dieser Arbeit für das naturwissenschaftliche Argumentieren und Argumentationsanlässe sowie für die professionelle Wahrnehmung diskutiert. Im Anschluss daran wird dargelegt, inwiefern die angestrebte Niedrigschwelligkeit des praxisnahen Ansatzes durch die vorgenommene Komplexitätsreduktion erreicht ist. Im Zuge dessen wird auch thematisiert, inwiefern sich die Praxisaktivität inklusive Kategoriensystem eignet,

einen einfachen und vernetzenden Zugang zum Argumentieren in der Lehrkräftebildung zu ermöglichen. Dies wird insbesondere im Kontext der eingangs identifizierten Implementationschwierigkeiten im Unterricht betrachtet, um die Schwierigkeiten und Vorbehalte von (angehenden) Lehrkräften in der Implementation zu adressieren.

7.1.1. Mehrwert der Arbeit für die Weiterentwicklung der Lehrkräftebildung zum Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Studie 1 hat gezeigt, dass insbesondere Lehramtsstudierende vergleichsweise selten in Studien zu bestehenden Fördermaßnahmen zur Implementation des Argumentierens betrachtet werden. Dementsprechend gibt es hier nur begrenzt Forschungserkenntnisse zur Förderung ihres fachdidaktischen Wissens und ihrer Fähigkeiten zur Implementation des Argumentierens in den Unterricht (Banilower et al., 2018; Berland, 2011; Lottero-Perdue et al., 2022).

Ergänzend dazu erscheint es nachteilig, dass Argumentationsanlässe nur wenig explizit betrachtet wurden und dass die wenigen vorliegenden Beschreibungen von Argumentationsanlässen auf einem eher abstrakten epistemischen Niveau verbleiben (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018). So bleiben Argumentationsanlässe auch für (angehende) Lehrkräfte in der Folge abstrakt und wenig praxisnah auf den Unterricht bezogen, was eine produktive Implementation von Argumentationen im Unterricht erschwert, wenn nicht sogar komplett verhindert. Diese Diskrepanz kann also ein Grund für den Forschungsbefund zu (angehenden) Lehrkräften sein, dass sie zwar die Bedeutsamkeit des Argumentierens für den naturwissenschaftlichen Unterricht anerkennen (Archila, 2014; Garcia-Mila et al., 2022; Katsh-Singer et al., 2016), aber Schwierigkeiten in der Implementation weiterhin bestehen (Choi et al., 2021; McNeill & Knight, 2013; Zohar, 2007).

Hier trägt einerseits die Studie 2 zu einem Erkenntnismehrwert bei, indem erstmalig unterrichtsbasierte Argumentationsanlässe mit fachdidaktischen Kategorien beschrieben wurden. Die Grundbedingung des Argumentierens, ein strittiges Moment einer Aussage (Duschl & Osborne, 2002; Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018), taucht demnach vielfältig im Chemie- und Physikunterricht auf und ist systematisch identifizier- und beschreibbar. Dass die Erprobung mit Physiklehramtsstudierenden in Studie 3 sinnvolle Ergebnisse im Rahmen einer Prä-Post-Erhebung produziert und Hinweise auf positive Veränderungen bei entsprechender Intervention liefert, unterstützt die Annahme, dass sich die entwickelte vignettenbasierte Praxisaktivität zur Beschreibung und Förderung der fachdidaktischen Fähigkeiten des Erkennens und Interpretierens von Argumentationsanlässen eignet. Diese fachdidaktischen Fähigkeiten der professionellen Wahrnehmung spielen wiederum eine wichtige Rolle in der Implementation von Argumentationen in den Unterricht, sodass im nächsten Abschnitt der Beitrag dieser Studien für das Konzept der professionellen Wahrnehmung vertieft wird.

7.1.2. Beitrag zum Konzept der Professionellen Wahrnehmung (von Argumentationen)

In Studie 1 konnte festgestellt werden, dass die situationsspezifischen Kompetenzen in Maßnahmen zur Förderung der Argumentationskompetenz selten explizit betrachtet werden. Basierend auf der Bedeutsamkeit dieser Kompetenzen als Mediatoren zwischen dispositionalen Merkmalen und konkreten Handlungen (Blömeke et al., 2015; Meschede et al., 2017), scheint zunächst die vorgenommene Fokussierung auf professionelle Wahrnehmung in Studie 2 und 3 zur Adressierung dieser Lücke legitim. Diese theoretische Annahme wird bestärkt durch den ebenfalls etablierten Zusammenhang zwischen PCK und professioneller Wahrnehmung in anderen Bereichen (Meschede et al., 2017) und zwischen dem PCK des Argumentierens und praktischen Handlungen (Garcia-Mila et al., 2022; Kutluca, 2021; Sengul et al., 2020).

Dass in Studie 2 und 3 eine erstmalige Beschreibung von professioneller Wahrnehmung von Argumentationsanlässen gelingt und die Ergebnisse vielversprechende weitere Forschungstätigkeiten erlauben, ist als ein Erkenntnismehrwert für das Konzept der professionellen Wahrnehmung allgemein und speziell für die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen und -prozessen anzusehen. Durch die Reproduktion allgemeiner Befunde professioneller Wahrnehmung in der hier erstmalig angewendeten professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen (Studie 3) werden die bisherigen Befunde zum Konzept der professionellen Wahrnehmung mit mehr Evidenz gestützt. Dies betrifft z. B. die Operationalisierung (Seidel & Stürmer, 2014) oder die Einteilung in allgemeine und domänenspezifische Komponenten (Steffensky et al., 2015). Gleichzeitig wird durch die Befunde aus Studie 3 die eigene adaptierte Operationalisierung der vier Schritte professioneller Wahrnehmung aus Studie 2 gestärkt.

Weiterhin zeigt sich durch die Ergebnisse aus Studie 2 und 3 die Anwendbarkeit der professionellen Wahrnehmung, welche vorher auf andere naturwissenschaftsdidaktische Aspekte angewandt wurde (Boele, 2021; Sunder et al., 2016a; Wöhlke, 2020), auch für Argumentationen. So stärkt diese Dissertation konzeptuell bisherige Arbeiten zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationen (Holton et al., 2020; Holton, 2021; Lottero-Perdue et al., 2022) und ergänzt sie gleichzeitig um den Teilaspekt „Argumentationsanlässe“.

7.1.3. Komplexitätsreduktion und Niedrigschwelligkeit des präsentierten Ansatzes (im Vergleich zu bisherigen Maßnahmen)

Um die Schwierigkeiten in der Implementation, die sich aus den Ergebnissen aus Studie 1 ableiten lassen, anzugehen, wurden unterschiedliche niedrigschwellige Maßnahmen zur Komplexitätsreduktion entwickelt. Diese Maßnahmen spiegeln sich in der in Studie 2 und 3 entwickelten Beschreibung von Argumentationsanlässen sowie dem vignettenbasierten Training für (angehende) Lehrkräfte wider.

So geht mit der Bedeutsamkeit des Argumentierens für den naturwissenschaftlichen Unterricht auch ein umfangreiches Skillset bei Lehrkräften einher, das für Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht nötig ist, sei es beispielsweise das fachliche Wissen um

7. Studienübergreifende Diskussion

Argumentationen, die Diagnosefähigkeiten der Qualität einer Argumentation oder auch die Moderationsfähigkeiten einer laufenden Argumentation. Hier erfolgte insofern eine Komplexitätsreduktion, als der Fokus lediglich auf das Erkennen und Adressieren von Argumentationsanlässen gelegt wurde (Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018). Eine weitere Vereinfachung erfolgt durch die Übernahme der strukturierten Vorgehensweise des erprobten Modells professioneller Wahrnehmung (Seidel & Stürmer, 2014) als Merkmal situationsspezifischer Handlungskompetenz, was durch die vier Schritte die Formulierung eindeutiger Instruktionen in der Praxisaktivität ermöglichte.

Ebenso liegt eine Komplexitätsreduktion des vorgestellten Ansatzes im entwickelten Kategoriensystem vor, da durch diese Beschreibung vorgegebene Argumentationsanlässe mit ihnen bekannten Kategorien die Identifikation und Interpretation erleichtern. Auch wenn eine Kontrollgruppe an dieser Stelle zur Überprüfung fehlt, spricht die Produktion nachvollziehbarer, auswertbarer Antworten der Studierendengruppe, die auch noch mit den Antworten der Expert:innen teilweise deckungsgleiche Anlässe identifizierten, für die Komplexitätsreduktion durch das Kategoriensystem als Hilfsinstrument bei der Identifikation von Argumentationsanlässen in der vignettenbasierten Praxisaktivität. An dieser Stelle zeigt sich der „*dual-use*“-Charakter des Kategoriensystems: Das Kategoriensystem wurde zwar in Studie 2 zur praxisnahen Beschreibung von Argumentationsanlässen im naturwissenschaftlichen Unterricht mit fachdidaktischen Kategorien entwickelt, hat sich aber durch den Einsatz in Studie 3 darüber hinaus als komplexitätsreduzierendes Hilfsinstrument für Studierende in den vier Schritten der professionellen Wahrnehmung als ertragreich erwiesen.

Die mit dem Kategoriensystem verknüpfte Praxisaktivität ist aber nicht isoliert von anderen Maßnahmen zum Argumentieren zu betrachten, sondern als eine weitere Fördermaßnahme aufzufassen. Durch das integrative Moment der vignettenbasierten Praxisaktivität erscheint eine Vernetzung mit bisherigen anderen Fördermaßnahmen möglich und sinnvoll. Dadurch, dass das Kategoriensystem Argumentationsanlässe mit fachdidaktischen Kategorien beschreibt, ließe sich der präsentierte Zugang theoretisch an mehreren Stellen im (fachdidaktischen) Studium integrieren. So ermöglicht der Zugang das, was auch andere Forscher:innen nach ihren Fördermaßnahmen zum Argumentieren konstatieren: Eine konsequente und kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Argumentieren für nachhaltigen Lernerfolg (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2013). Die Adaptivität und vergleichsweise kurze Instruktionsdauer des präsentierten Ansatzes sprechen für die Niedrigschwelligkeit und den Mehrwert der Praxisaktivität inklusive des Kategoriensystems, insbesondere bei einer Beachtung der Handlungsempfehlungen aus der dritten Studie für den Einsatz (siehe Anhang E, Tabelle E4). Wie die ersten, vorläufigen Ergebnisse aus Studie 3 zeigen, eröffnet sich über die Argumentationsanlässe das Potenzial, konkrete Einsatzmöglichkeiten des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht sichtbar zu machen.

Ebenso spricht die situationsspezifische Nähe des entwickelten Ansatzes zum Chemie- und Physikunterricht für die angestrebte niedrigschwellige Zugänglichkeit. Eine Erkenntnis aus Studie 1 war, dass situationsspezifische Kompetenzen höchstens implizit und selten explizit in bisherigen Begleitstudien zu Fördermaßnahmen zum Forschungsgegenstand gemacht wurden.

Durch die Entscheidungen in Studie 2, videobasierten Unterricht zu sichten und die professionelle Wahrnehmung mit den kognitiven Operationen Identifizieren und Interpretieren als zentrales Konzept zu verwenden, wurde der Situationsspezifität in dieser Forschungsarbeit explizit Aufmerksamkeit zuteil. Auf dieser Grundlage konnte in Studie 2 und 3 gezeigt werden, dass sowohl fachdidaktische Argumentationsexpert:innen als auch Physiklehramtsstudierende auf diese Art und Weise Argumentationsanlässe professionell wahrnehmen können.

Darüber hinaus sind Text- und Videovignetten als *approximations of practice* (Grossman et al., 2009) in der fachdidaktischen Forschung für ihre Unterrichtsnähe vielfältig eingesetzt worden (Gaudin & Chaliès, 2015; Tripp & Rich, 2012). Es wurde bereits gezeigt, dass sich mit ihnen Argumentationsfähigkeiten (Sommerhoff et al., 2023) oder die Fähigkeiten professioneller Wahrnehmung (Stürmer et al., 2016) fördern lassen. Die Ergebnisse aus Studie 3 mit der Studierendengruppe reihen sich hier bestätigend ein. Das spricht grundsätzlich dafür, dass der hier präsentierte, unterrichtsbasierte Ansatz über die professionelle Wahrnehmung mit der Praxisaktivität inklusive dem Kategoriensystem für diese wichtige Zielgruppe der Lehramtsstudierenden niedrigschwellig zugänglich erscheint.

Doch auch wenn beide Gruppen, fachdidaktische Expert:innen wie Lehramtsstudierende, in der Lage waren, alle vier Schritte der professionellen Wahrnehmung (Identifizieren, Beschreiben, Erklären und Vorhersagen) zu bearbeiten, zeigen sich zwischen den beiden Gruppen qualitative Unterschiede in der Erklärung von Argumentationsanlässen und der Vorhersage von argumentationsförderlichen Handlungsoptionen. Die Qualität der Studierendenantworten war nicht nur untereinander unterschiedlich hoch, sondern auch unter dem Niveau der Antworten der Expert:innen aus Studie 2. Dieses Ergebnis weist auch in diesem Ansatz insofern auf das Vorliegen eines Experten-Novizen-Gefälles hin, als Expert:innen in der Lage sind, elaboriertere Antworten zu geben als Noviz:innen (Bastian et al., 2022; Krepf et al., 2018; Stahnke & Blömeke, 2021). Inwiefern der hier präsentierte Ansatz ausgehend von diesem beschriebenen Experten-Novizen-Gefälle das fachdidaktische Wissen zum Argumentieren und die fachdidaktischen Fähigkeiten von (angehenden) Lehrkräften zur Minderung der Implementationsschwierigkeiten fördern kann, soll im nächsten Teilkapitel diskutiert werden.

7.1.4. Eignung des Ansatzes zur Förderung von fachdidaktischem Wissen zum Argumentieren (PCK des Argumentierens), zu Argumentationsfähigkeiten und zur Adressierung von Implementationschwierigkeiten

Die Ergebnisse aus der zweiten und dritten Studie haben gezeigt, dass Expert:innen und Studierende bei entsprechender Hilfestellung in der Lage sind, Argumentationsanlässe unter Durchlaufen des in der zweiten Studie entwickelten Kategoriensystems über professionelle Wahrnehmung zu erfassen. Damit stützen diese Ergebnisse bestehende Befunde zur Abhängigkeit der professionellen Wahrnehmung von dispositionalen Wissensbeständen wie dem fachdidaktischen Wissen (z. B. Meschede et al., 2017; Sengul et al., 2020). Die Befunde aus Studie 3 zur Erklärung und Vorhersage bestätigen wiederum die Schwierigkeiten von

7. Studienübergreifende Diskussion

(angehenden) Lehrkräften mit dem Argumentieren, wenn es um die konkrete Erklärung und Schaffung argumentationsförderlicher Lehr-Lern-Situationen geht. Hieran zeigt sich exemplarisch, dass die Förderung von Argumentationsfähigkeiten von bestimmten dispositionalen Wissensbereichen abhängt, z. B. von der Ausprägtheit des PCK des Argumentierens (McNeill et al., 2016a) bzw. von den eigenen Argumentationsfähigkeiten (Crippen, 2012; Lytzerinou & Iordanou, 2020). Folglich können die Unterschiede in der Bearbeitung zwischen den Expert:innen aus Studie 2 und den Studierenden aus Studie 3 damit erklärt werden, dass die Expert:innen über ein tiefergehendes fachdidaktisches Wissen zum Argumentieren als die Studierenden verfügen. Dieser Befund einer domänenspezifischen Abhängigkeit der professionellen Wahrnehmung vom fachdidaktischen Wissen wurde auch in anderen Bereichen als eine Einflussgröße identifiziert (Steffensky et al., 2015; Wöhlke & Höttecke, 2022). Zusätzlich zum Vorherrschen dieses Experten-Novizen-Gefälles legen die Ergebnisse aus dem Prä-Post-Vergleich von Studie 3 nahe, dass sich — ähnlich zum fachdidaktischen Wissen — auch die fachdidaktischen Fähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen entwickeln können. Diese Entwicklungskomponente der professionellen Wahrnehmung wurde auch schon in anderen Zusammenhängen beschrieben (Eßling et al., 2023; Gegenfurtner et al., 2020; Meschede et al., 2017; Sherin, 2014). Die insgesamt hohe Überschneidung der präsentierten Erkenntnisse aus den Studien zu bisherigen Befunden professioneller Wahrnehmung aus anderen Bereichen kann dabei wiederum als Evidenz für die Güte der vorgenommenen Forschungsarbeit in Studie 2 und 3 angesehen werden.

Des Weiteren liegt es nahe, dass bei der professionellen Wahrnehmung die *beliefs* (Katsh-Singer et al., 2016; Khishfe, 2012) und Selbstwirksamkeitserwartungen (Ogan-Bekiroglu & Aydeniz, 2013) einen Einfluss haben. Da in dieser ersten Machbarkeitsstudie zunächst die Beschreibung von Argumentationsanlässen sowie die Entwicklung und Prüfung eines vignettenbasierten Trainings im Vordergrund standen, wurde das Forschungsziel entsprechend selektiv nur für die fachdidaktischen Fähigkeiten der professionellen Wahrnehmung bearbeitet. Die hier dargelegten weiteren Zusammenhänge wurden in dieser Dissertation zwar nicht geprüft, können aber als Ausgangspunkte für neue Forschungsarbeiten in Verbindung mit einer Erprobung des vignettenbasierten Training dienen, z. B. in Form von Tests zum Fachwissen über das Argumentieren oder Interviews, in denen die epistemologischen Haltungen von Studierenden zum Mehrwert des Argumentierens erfragt werden. So ließe sich das komplexe Wechselspiel aus dispositionalen Merkmalen und situationsspezifischen Kompetenzen zur Etablierung von Argumentationen genauer untersuchen.

Auch wenn die Belastbarkeit der Ergebnisse aus der dritten Studie aufgrund ihrer explorativen Natur noch gering ist und die hier dargestellten Zusammenhänge nur Hypothesen liefern, sind sie vielversprechende erste Hinweise auf den in Studie 2 präsentierten Ansatz zur Förderung der situationsspezifischen Argumentationsfähigkeiten. Da der Einfluss der professionellen Wahrnehmung auf andere Bereiche professioneller Kompetenz bereits festgestellt wurde (z. B. Blömeke et al., 2022; Meschede et al., 2017), scheint auch ein Einfluss der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen auf andere Bereiche, wie dem PCK des Argumentierens als Komponente des dispositionalen Professionswissens, naheliegend. Mit

dem gewählten Zugang über Argumentationsanlässe ließe sich so eine solide Ausgangslage für eine Vernetzung und tiefere Beschäftigung sowohl mit den fachdidaktischen Themen des Kategoriensystems (z. B. Grenzen und Gültigkeitsbereiche von Modellen und Verfahren für den Studieninhalt Erkenntnisgewinnung), als auch mit dem Argumentieren selbst erreichen. Damit ließe sich sowohl die wahrgenommene Relevanz des Argumentierens als auch die der fachdidaktischen Themen für die eigene berufliche Professionalisierung fördern. Das ist zu begrüßen, da eine hohe wahrgenommene Relevanz der Studieninhalte für das eigene Unterrichtshandeln einen großen Motivator unter Studierenden darstellt (Lersch, 2006; Schiefele & Schaffner, 2015). Es bleibt aber zu prüfen, inwiefern Lehramtsstudierende diese Relevanz von Argumentationsanlässen auch so wahrnehmen werden. Die vorgenommene Verortung von Argumentationsanlässen in realen Unterrichtssituationen (Studie 2) und die Studierenden-Ergebnisse der Auseinandersetzung mit diesen (Studie 3) sprechen jedoch für eine hohe situative Nähe zum Unterricht, die zugänglicher für angehende Lehrkräfte erscheint.

Gegebenenfalls ließe sich eine noch höhere wahrgenommene Relevanz bei angehenden und berufstätigen Lehrkräften erreichen, wenn das Kategoriensystem Argumentationsanlässe entlang der vier Kompetenzbereiche der KMK-Empfehlungen und Rahmenlehrpläne für den Chemie- bzw. Physikunterricht (hier exemplarisch für das Land Berlin) beschreibt (KMK, 2020a, 2020b, 2024a, 2024b). So ließen sich beispielsweise Argumentationsanlässe zu Gültigkeitsbereichen und Grenzen von Experimenten oder zur Variablenkontrolle mit Blick auf die Erkenntnisgewinnungskompetenz z. B. für das Planen von Experimenten formulieren. Dies stellt jedoch eine andere Fokussierung und damit eine neue Forschungstätigkeit dar. Dies kann ertragreich sein, da eine Beschreibung anhand der Kompetenzbereiche der Rahmenlehrpläne auf der einen Seite für (angehende) Lehrkräfte noch zugänglicher sein könnte. Gleichzeitig hat es aber auch einen Informationsverlust in der gewählten Beschreibung der fachdidaktischen Themen (z. B. für Präkonzepte von Schüler:innen) zur Folge, sodass hier ein etwaiger Mehrwert abgewägt werden muss. In dem hier präsentierten Training mit dem Kategoriensystem handelt es sich durch die oben beschriebene Niedrigschwelligkeit bereits in seiner jetzigen Form nicht um eine aufwendige, mehrjährige Fördermaßnahme (Chen et al., 2017; Osborne et al., 2013; Simon et al., 2006). Weiterhin muss dieser gewählte Zugang zum Argumentieren auch nicht als zusätzliche Schwierigkeit (Choi et al., 2021; Martin & Hand, 2009; McNeill et al., 2017) wahrgenommen werden, sondern kann als integrativer Bestandteil naturwissenschaftsdidaktischer Ausbildung und naturwissenschaftlichen Unterrichts fungieren.

Trotz der ersten Hinweise für eine Eignung des hier vorgestellten Ansatzes zur Förderung der Kompetenz von angehenden Lehrkräften, Argumentationsanlässe in Unterrichtssituationen zu erkennen und zu adressieren, bleibt der reale Beitrag zur Reduzierung der Implementationsschwierigkeiten aber noch unklar. Darauf wird in den Limitationen näher eingegangen.

7.2. Limitationen

Auch wenn die Befunde aus den drei Studien bezüglich der Komplexitätsreduktion und Niedrigschwelligkeit kohärent aufeinander bezogen werden können und vielversprechende erste

7. Studienübergreifende Diskussion

Ergebnisse zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen liefern, unterliegt auch diese Forschungsarbeit Limitationen, die die Aussagekraft der Ergebnisse einschränken.

So fehlen beispielweise Ergebnisse zur Wirksamkeit des Ansatzes bzgl. dispositiver Fähigkeiten und performativer Handlungen zur Implementation des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgrund der vorliegenden Evidenz zur Mediatorfunktion situationsspezifischer Kompetenzen (Meschede et al., 2017), den Ergebnissen zur professionellen Wahrnehmung aus anderen naturwissenschaftsdidaktischen Arbeiten (Boele, 2021; Sunder et al., 2016a; Wöhlke, 2020) und der grundsätzlichen Bedeutsamkeit von Argumentationsanlässen im Prozess des Argumentierens (Duschl & Osborne, 2002; Gromadecki, 2009; Rapanta, 2018), scheint das Potenzial für eine Wirksamkeit des Ansatzes jedoch gegeben zu sein. Zwar bleibt unklar, ob der grundsätzliche Ansatz der Situationspezifität tatsächlich beim Argumentieren trägt, aber die Ergebnisse aus den drei Studien bekräftigen das zu Beginn vermutete Potenzial. Folgestudien könnten diesen Zusammenhang genauer untersuchen, indem sie die hier vorgestellte Praxisaktivität mit dem Kategoriensystem einsetzen und mit anderen Fähigkeiten überprüfen (z. B. zur Überprüfung der Veränderung eigener Argumentationsfähigkeiten, oder zur qualitativen Überprüfung von geplanten Sequenzen, die Argumentationsanlässe enthalten).

Diese Folgestudien erscheinen dabei zur Absicherung und Erweiterung der Forschungsbefunde notwendig, da zurzeit mit dieser Dissertation nur erste, vorläufige Ergebnisse aus explorativen Arbeiten vorliegen. Im Rahmen dieser explorativen fachdidaktischen Entwicklungsforschung wurde nur eingeschränktes Videomaterial verwendet. Dadurch kann nicht mit Sicherheit die Vollständigkeit des Kategoriensystems in der Beschreibung von Argumentationsanlässen angenommen werden. Jedoch sind die Anlässe des Kategoriensystems für die vorliegende Stichprobe vollständig im Rahmen der gewählten Auflösung und liefern nachvollziehbare Ergebnisse mit unterschiedlichen Personengruppen (Fachdidaktische Argumentationsexpert:innen, Lehramtsstudierende). Auch könnte man (angehende) Lehrkräfte stärker in den weiteren Entwicklungs- und Optimierungsprozess einbeziehen, um die vignettenbasierte Praxisaktivität und das Kategoriensystem für die Zielgruppen auszubessern. So könnte in den weiteren Schritten nicht nur eine Ausschärfung für den Einsatz in der universitären Lehrkräftebildung, sondern auch eine Adaption für berufstätige Lehrkräfte (im Referendariat oder im Schuldienst) möglich werden — hier sei erneut auf eine mögliche Beschreibung von Argumentationsanlässen entlang der vier Kompetenzbereiche der KMK verwiesen. In einer kollaborativen Zusammenarbeit mit der Zielgruppe ließen sich die Vignetten für die Weiterentwicklung zu Skripten nutzen, um eine zielgruppenspezifische Musterlösung zu entwickeln, die z. B. „best practice“-Handlungsroutinen aufzeigen und einen Aufbau dieser Routinen fördern. So ließen sich auch Handlungsroutinen aufbauen, die nicht der eigenen Unterrichtserfahrung entsprechen (Seidel, 2022). Das schrittweise, iterative Vorgehen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung scheint sich, aufgrund der gezeigten Erfahrungen, auch dann als sinnvolle Methodologie anzubieten.

Des Weiteren zeigt diese Arbeit zum naturwissenschaftlichen Argumentieren die Schwierigkeit, eine hohe Übereinstimmung bei der qualitativen Bewertung einer Argumentation her-

zustellen. So fällt die Übereinstimmung im Rating der Expert:innen und der Auswertung der Studierendenantworten nach Inter-Rater-Kriterien in Teilen nur moderat aus, was ebenfalls die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt. Als Ursache kann die eher allgemeine Einschätzung der Qualität der professionellen Wahrnehmung vermutet werden, für die sich wegen der erstmaligen Beschreibung bei der Sichtung von Argumentationsanlässen entschieden wurde. Hier könnte, aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten zur Ausgestaltung und Fortführung einer Argumentation, ein zu großer Interpretationsspielraum vorliegen. Um das zu adressieren, erscheint eine genauere Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Qualität der professionellen Wahrnehmung in den vier gezeigten Schritten unabdingbar. Insbesondere, da die Erklärung und Vorhersage weiterhin die größten Schwierigkeiten zu bereiten scheinen, ist die Entwicklung eines Maßes zur Bewertung und die Bereitstellung von *scaffolds* unterschiedlicher Niveaustufen sinnvoll. Bislang wurde hier mit Strukturelementen eines Arguments gearbeitet (Erduran et al., 2004; Osborne et al., 2016b), jedoch könnten auch andere, inhaltliche Ziele der Bewertung zugrundeliegen. Das könnten beispielsweise eine stärkere Fokussierung im Hinblick auf die identifizierte Kategorie des Kategoriensystems bei einem konkreten Anlass sein, eine Bewertung nach einem Ziel einer Argumentation (González-Howard & McNeill, 2019), oder entlang der in der Unterrichtsplanung intendierten Zielkompetenz. Ist mit solchen Kriterien eine hohe Inter-Rater-Übereinstimmung hinreichend gesichert, eröffnet sich dann auch ein Zugang zur Konstruktion von Messinstrumenten und quantitativen Erhebungen, die mit größeren Stichproben durchgeführt werden können.

In diesem Zusammenhang sei als weitere Einschränkung auf die eher kleine und spezifische Stichprobe hingewiesen. So handelt es sich bei der Studierendengruppe um eine Gelegenheitsstichprobe. Da diese spezifische Studierendengruppe im Laufe ihres Studiums an der Humboldt-Universität zu Berlin bereits früh im Bachelorstudium mit den theoretischen Grundlagen des naturwissenschaftlichen Argumentierens in Kontakt kommt und das Argumentieren einen Forschungsschwerpunkt der dortigen physikdidaktischen Arbeitsgruppe darstellt, erfüllen Stichproben aus dieser Gruppe — zumindest auf Grundlage der besuchten Pflichtmodule — über ein gewisses Vorwissen über das naturwissenschaftliche Argumentieren. Dies kann bei Stichprobenziehungen aus Studierendengruppen an anderen Standorten anders ausgeprägt sein. Weiterhin sind, unabhängig vom universitären Standort, Unterschiede bei einer Erhebung zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Studienverlauf zu erwarten. Da in der vorliegenden Stichprobe nur Masterstudierende mit unterrichtlicher Praxiserfahrung befragt wurden, sind bei anderen Stichproben aus Studierendengruppen, die nicht diese Merkmale teilen, auch andere Ergebnisse denkbar. Konkret könnte dies beispielweise bei Bachelorstudierenden der Fall sein, die (noch) nicht mit entsprechenden universitären Veranstaltungen zum Argumentieren in Kontakt gekommen sind, oder bei Studierenden, die noch keine Praxiserfahrung sammeln konnten. Dies schränkt die Generalisierbarkeit der vorliegenden Ergebnisse aus der Erprobung zwar ein. Die Ergebnisse aus dieser spezifischen Stichprobe können aber, selbst unter diesen Einschränkungen, als erste Arbeitshypothesen für weitere Forschungstätigkeiten mit anderen Studierendengruppen dienen.

7.3. Implikationen für die fachdidaktische Forschung und (universitäre) Lehrkräftebildung

Mit diesem Vorhaben wurde das Prinzip der fachdidaktischen Entwicklungsforschung angewandt, um über die professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen einen möglichen Förderansatz für die eingangs beschriebenen Implementationsschwierigkeiten von Lehrkräften zu entwickeln. Die aus diesem Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse bestätigen das grundsätzliche Potenzial, das eine fachdidaktische Entwicklungsforschung für die Identifikation von Problemfeldern und der Entwicklung eines neuen Ansatzes zur Förderung von fachdidaktischen Argumentationsfähigkeiten von Lehrkräften bringen kann.

Durch die erfolgreiche Übertragung auf Argumentationsanlässe erweitert diese Arbeit somit auch die Anwendbarkeit des Konzeptes der professionellen Wahrnehmung, welches bereits in anderen Bereichen wie z. B. den erziehungswissenschaftlichen Konzepten von Zielorientierung, Lernbegleitung und Lernatmosphäre (Seidel & Stürmer, 2014), dem mathematischen Denken von Schüler:innen (Van Es & Sherin, 2008), oder dem *scientific inquiry teaching* (McDonald, 2016; Vogt & Schmiemann, 2020) erfolgreich beschrieben wurde. Im Gegensatz zu den genannten Studien bleibt die Belastbarkeit der hier gefundenen ersten Erkenntnisse jedoch noch zu prüfen. Unter Berücksichtigung dieser Limitationen können die geschilderten Erkenntnisse als Ausgangshypothesen für weitere Forschungstätigkeiten herangezogen werden, die – nach unterschiedlicher Akzentuierung – wie folgt ablaufen könnte: Zunächst scheint eine Entwicklung von Qualitätskriterien zur Beschreibung der vier Schritte professioneller Wahrnehmung von Argumentationsanlässen sinnvoll, um die ersten, vorläufigen Ergebnisse auszuschärfen. Weiterhin könnten die Zusammenhänge zwischen Argumentationsanlässen und fachdidaktischen Theorien, die das Kategoriensystem erstmalig aufgedeckt hat, genauer untersucht werden. In diese nächsten Entwicklungsschritte könnten und sollten im Sinne fachdidaktischer Entwicklungsforschung (angehende) Lehrkräfte stärker mit einbezogen werden.

Auf dieser Grundlage ließe sich – ähnlich der Arbeiten von Blömeke et al. (2022), Meschede et al. (2017) oder Sengul et al. (2020) – der Zusammenhang des präsentierten Zugangs professioneller Wahrnehmung von Argumentationsanlässen mit den vermuteten anderen dispositionalen Konstrukten, wie dem PCK des Argumentierens, den *beliefs* oder auch der Einfluss auf die konkrete Instruktion / Handlung in einer Lehr-Lern-Sequenz untersuchen. Hier sind dann auch – nach erfolgreicher Instrumentenentwicklung – quantitative Forschungsdesigns denkbar.

Ziele dieser Forschung wären dann zum einen Lehrmaterialien für eine kontinuierliche Einbettung in der universitären Lehrkräftebildung, für die sich eine Anknüpfung an fachdidaktische Themen anbietet. So gäbe es dann beispielsweise eine Übersicht zu unterschiedlichen Argumentationsanlässen unterschiedlicher Komplexität für die Kategorie „Grenzen und Gültigkeitsbereiche von experimentellen Verfahren“. Zum anderen könnten diese für die anderen Phasen der Lehrkräftebildung (Referendariat, Fortbildung) adaptiert und modifiziert werden, um praxisnah und kontinuierlich in allen Phasen der Lehrkräftebildung die Implementationsschwierigkeiten am Fähigkeits- und Kenntnisstand der Lerngruppe orientiert zu adressieren.

7.3. Implikationen für die fachdidaktische Forschung und (universitäre) Lehrkräftebildung

Diese Adaption sollte dann im Idealfall evaluierend begleitet werden oder mit entsprechendem Monitoring erfolgen, was wiederum neue Forschungstätigkeiten eröffnet.

8. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ausgangsmotivation dieser Forschungsarbeit war, bestehende Implementationsschwierigkeiten von Lehrkräften zu mindern, indem ein neuer Zugang zur Förderung der Fähigkeiten von Lehrkräften im Erkennen und Adressieren von Argumentationsanlässen gewählt wurde. Zum jetzigen Stand der fachdidaktischen Entwicklungsforschung kann diese Frage zwar nicht insofern beantwortet werden, als eine abgeschlossene, adaptive und modulare Fördermaßnahme zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen vorliegt.

Mit dieser Arbeit wurden aber erste Grundsteine gelegt und gut begründete erste Hinweise geliefert, um über das präsentierte Training zur professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen relevante Argumentationsfähigkeiten beschreib- und förderbar zu machen. Eine Förderung dieser Fähigkeiten kann zugleich als ein Ansatz zur Reduktion der Implementationsschwierigkeiten verstanden werden. Insgesamt präsentiert diese Arbeit also einen weiteren — und sicherlich noch optimierbaren — Baustein zur Implementation des Argumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht. So kann die Frage des eingangs formulierten Forschungsinteresses, ob die professionelle Handlungskompetenz grundsätzlich als sinnvoller Bezugsrahmen für das Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht dienen kann, meiner Meinung nach bejaht werden.

Jedoch bleibt die Beantwortung der Frage, inwiefern diese Arbeit zur Reduzierung von Implementationsschwierigkeiten beiträgt, in hohem Maße abhängig von den Rahmenbedingungen, in denen dieser neu entwickelte Ansatz eingebettet wird. Es bleibt zu berücksichtigen, dass diese Maßnahme isoliert keinen großen Mehrwert für das Argumentieren haben wird. Eher sollte dieser Ansatz der professionellen Wahrnehmung von Argumentationsanlässen als ein möglicher argumentationsförderlicher Ansatz von vielen verstanden werden, um einen kontinuierlichen Kompetenzaufbau von (angehenden) Lehrkräften in ihren Argumentationsfähigkeiten zu gewährleisten. Es kommt also nicht nur auf die Maßnahme an sich an, sondern auch auf ihre Ausgestaltung und Einbettung im Gesamtaufbau von Argumentationskompetenz in der Lehrkräftebildung. Somit stellt diese Forschungsarbeit andere mögliche Zugänge zum Argumentieren (innerhalb und außerhalb der Verwendung des Rahmens einer professionellen Handlungskompetenz) nicht infrage, sondern bereichert bestehende Forschungsarbeiten und bietet eine neue Perspektive.

Am Ende dieser Dissertation stehen, im Sinne einer fachdidaktischen Entwicklungsforschung, also nicht nur praxisnahe Materialien, sondern auch viele Erkenntnisse und Hypothesen, um in der Lehrkräftebildung sowohl die professionelle Unterrichtswahrnehmung, als auch das Wissen über Argumentationsanlässe und das Wissen zur Implementation von Argumentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern. Diese Materialien und Erkenntnisse

8. Schlussfolgerungen und Ausblick

können für weitere Forschungsarbeiten genutzt werden, um situationsspezifisch die Implementationsschwierigkeiten für (angehende) Lehrkräfte zu minimieren. Damit wird letztlich ein Raum geschaffen, um evidenzbasierte, fruchtbare Argumentationen im kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht Realität werden zu lassen. Und so lässt sich dann auch mit den unterschiedlichen oder unerwarteten Ergebnissen in Experimenten, ganz gleich, ob bei einer kalorimetrischen Messung oder beim Fadenpendel, sinnvoll im Chemie- oder Physikunterricht argumentieren.

Literatur

- Adúriz-Bravo, A., & Chion, A. R. (2017). Language, discourse, argumentation, and science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Hrsg.), *Science education: An international course companion* (S. 157–166). Sense Publishers. <https://brill.com/view/book/edcoll/9789463007498/BP000013.xml>
- Alozie, N. M., Moje, E. B., & Krajcik, J. S. (2010). An analysis of the supports and constraints for scientific discussion in high school project-based science. *Science Education*, *94*(3), 395–427. <https://doi.org/10.1002/sce.20365>
- Anderson Quarderer, N., & McDermott, M. A. (2018). Examining science teacher reflections on argument-based inquiry through a critical discourse lens. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9790-z>
- Andriessen, J., Baker, M., & Suthers, D. D. (2013). *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments*. Springer Science & Business Media.
- Archila, P. A. (2014). Are science teachers prepared to promote argumentation? a case study with pre-service teachers in bogotá city. *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, *15*(1), 21. https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v15_issue1_files/archila.pdf
- Asterhan, C. S. C., & Schwarz, B. B. (2016). Argumentation for Learning: Well-Trodden Paths and Unexplored Territories. *Educational Psychologist*, *51*(2), 164–187. <https://doi.org/10.1080/00461520.2016.1155458>
- Aydeniz, M., & Ozdilek, Z. (2015). Assessing pre-service science teachers' understanding of scientific argumentation: What do they know about argumentation after four years of college science? *Science Education International*, *26*(2), 217–239. Verfügbar 25. April 2018 unter <https://eric.ed.gov/?id=EJ1064033>
- Aydeniz, M. (2019). Teaching and learning chemistry through argumentation. In S. Erduran (Hrsg.), *Argumentation in Chemistry Education* (S. 11–31). Royal Society of Chemistry.
- Aydeniz, M., & Ozdilek, Z. (2016). Assessing and enhancing pre-service science teachers' self-efficacy to teach science through argumentation: Challenges and possible solutions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*(7), 1255–1273. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9649-y>
- Bağ, H., & Çalık, M. (2017). A Thematic Review of Argumentation Studies at The K-8 Level. *Education and Science*, *42*(190), 281–303. <https://doi.org/10.15390/EB.2017.6845>

- Baker, D. R., Lewis, E. B., Purzer, S., Watts, N. B., Perkins, G., Uysal, S., Wong, S., Beard, R., & Lang, M. (2009). The Communication in Science Inquiry Project (CISIP): A Project to Enhance Scientific Literacy through the Creation of Science Classroom Discourse Communities. *Faculty Publications: Department of Teaching, Learning and Teacher Education*, 119. <https://digitalcommons.unl.edu/teachlearnfacpub/119>
- Banilower, E. R., Smith, P. S., Malzahn, K. A., Plumley, C. L., Gordon, E. M., & Hayes, M. L. (2018). Report of the 2018 NSSME+. *Horizon Research, Inc.*
- Barth, V. L. (2017). *Professionelle Wahrnehmung von Störungen im Unterricht*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-16371-6>
- Bastian, A., Kaiser, G., Meyer, D., Schwarz, B., & König, J. (2022). Teacher noticing and its growth toward expertise: An expert–novice comparison with pre-service and in-service secondary mathematics teachers. *Educational Studies in Mathematics*, 110(2), 205–232. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10128-y>
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Baumert, J., & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger & J. Baumert (Hrsg.), *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 277–337). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00908-3_13
- Bayram-Jacobs, D., Henze, I., Evagorou, M., Shwartz, Y., Aschim, E. L., Alcaraz-Dominguez, S., Barajas, M., & Dagan, E. (2019). Science teachers' pedagogical content knowledge development during enactment of socioscientific curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(9), 1207–1233. <https://doi.org/10.1002/tea.21550>
- Beauchamp, C., & Thomas, L. (2009). Understanding teacher identity: An overview of issues in the literature and implications for teacher education. *Cambridge journal of education*, 39(2), 175–189. <https://doi.org/10.1080/03057640902902252>
- Belland, B. R., Burdo, R., & Gu, J. (2015). A Blended Professional Development Program to Help a Teacher Learn to Provide One-to-One Scaffolding. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 263–289. <https://doi.org/10.1007/s10972-015-9419-2>
- Berland, L. K. (2011). Explaining variation in how classroom communities adapt the practice of scientific argumentation. *Journal of the Learning Sciences*, 20(4), 625–664. <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.591718>
- Berland, L. K., & Lee, V. R. (2012). In Pursuit of Consensus: Disagreement and legitimization during small-group argumentation. *International Journal of Science Education*, 34(12), 1857–1882. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.645086>
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26–55. <https://doi.org/10.1002/sce.20286>
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463–482. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(02\)00004-6](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(02)00004-6)

- Berson, E., Borko, H., Million, S., Khachatryan, E., & Glennon, K. (2018). Practice what you teach: A video-based practicum model of professional development for elementary science teachers. *ORBIS SCHOLAE*, 9(2), 35–53. <https://doi.org/10.14712/23363177.2015.79>
- Blomberg, G., Stürmer, K., & Seidel, T. (2011). How pre-service teachers observe teaching on video: Effects of viewers' teaching subjects and the subject of the video. *Teaching and Teacher Education*, 27(7), 1131–1140. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2011.04.008>
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Blömeke, S., Jentsch, A., Ross, N., Kaiser, G., & König, J. (2022). Opening up the black box: Teacher competence, instructional quality, and students' learning progress. *Learning and Instruction*, 79, 101600. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101600>
- Blömeke, S., & Kaiser, G. (2017). Understanding the development of teachers' professional competencies as personally, situationally and socially determined. In *The SAGE handbook of research on teacher education* (S. 783–802). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781526402042.n45>
- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2010). *TEDS-M 2008. Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Primarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich*. Waxmann Verlag.
- Blömeke, S., König, J., Busse, A., Suhl, U., Benthien, J., Döhrmann, M., & Kaiser, G. (2014). Von der Lehrerausbildung in den Beruf – Fachbezogenes Wissen als Voraussetzung für Wahrnehmung, Interpretation und Handeln im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17(3), 509–542. <https://doi.org/10.1007/s11618-014-0564-8>
- Boele, N. (2021). *Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung* (Bd. 321). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Borko, H., Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. In *International encyclopedia of education* (S. 548–556). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00654-0>
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306–329. http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=PPN513613439_0041%7CLOG_0039
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2014). Using vignette testing to measure student science teachers' professional competencies. *American Journal of Educational Research*, 2(7), 555–558. <https://doi.org/10.12691/education-2-7-20>
- Calandra, B., Gurvitch, R., & Lund, J. (2008). An exploratory study of digital video editing as a tool for teacher preparation. *Journal of Technology and Teacher Education*, 16(2), 137–153. <https://www.learntechlib.org/primary/p/23496/>

- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to foster scientific literacy: A review of argument interventions in k–12 science contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336–371. <https://doi.org/10.3102/0034654310376953>
- Chan, K. K. H., Xu, L., Cooper, R., Berry, A., & Driel, J. H. v. (2020). Teacher noticing in science education: do you see what I see? *Studies in Science Education*, 0(0), 1–44. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1755803>
- Chen, Y.-C., Hand, B., & Norton-Meier, L. (2017). Teacher roles of questioning in early elementary science classrooms: A framework promoting student cognitive complexities in argumentation. *Research in Science Education*, 47(2), 373–405. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9506-6>
- Chen, Y.-C., Park, S., & Hand, B. (2016). Examining the use of talk and writing for students' development of scientific conceptual knowledge through constructing and critiquing arguments. *Cognition and Instruction*, 34(2), 100–147. <https://doi.org/10.1080/07370008.2016.1145120>
- Choi, A., Klein, V., & Hershberger, S. (2015). Success, difficulty, and instructional strategy to enact an argument-based inquiry approach: Experiences of elementary teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 991–1011. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9525-1>
- Choi, A., Seung, E., & Kim, D. (2021). Science teachers' views of argument in scientific inquiry and argument-based science instruction. *Research in Science Education*, 51(Suppl 1), 251–268. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-9861-9>
- Christenson, N., Gericke, N., & Rundgren, S.-N. C. (2017). Science and language teachers' assessment of upper secondary students' socioscientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(8), 1403–1422. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9746-6>
- Christodoulou, A., & Osborne, J. (2014). The science classroom as a site of epistemic talk: A case study of a teacher's attempts to teach science based on argument. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(10), 1275–1300. <https://doi.org/10.1002/tea.21166>
- Cigdemoglu, C., & Köseoğlu, F. (2019). Improving science teachers' views about scientific inquiry. *Science & Education*, 28(3), 439–469. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00054-0>
- Cinici, A. (2016). Balancing the pros and cons of GMOs: socio-scientific argumentation in pre-service teacher education. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1841–1866. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1220033>
- Collective, T. D.-B. R. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Crippen, K. J. (2012). Argument as professional development: Impacting teacher knowledge and beliefs about science. *Journal of Science Teacher Education*, 23(8), 847–866. <https://doi.org/10.1007/s10972-012-9282-3>

- Criswell, B., & Krall, R. M. (2017). Teacher noticing in various grade bands and contexts: Commentary. In E. O. Schack, M. H. Fisher & J. A. Wilhelm (Hrsg.), *Teacher noticing: Bridging and broadening perspectives, contexts, and frameworks* (S. 21–30). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46753-5_2
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, *40*(2), 133–148. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9104-y>
- de Sá Ibraim, S., & Justi, R. (2016). Teachers' knowledge in argumentation: Contributions from an explicit teaching in an initial teacher education programme. *International Journal of Science Education*, *38*(12), 1996–2025. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1221546>
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, *38*(3), 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, *84*(3), 287–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, *38*(1), 39–72. <https://doi.org/10.1080/03057260208560187>
- Erduran, S. (2018). Toulmin's argument pattern as a “horizon of possibilities” in the study of argumentation in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11422-017-9847-8>
- Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J.-Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, *2*, 5. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, *88*(6), 915–933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Erickson, F. (2011). Uses of video in social research: a brief history. *International journal of social research methodology*, *14*(3), 179–189. <https://doi.org/10.1080/13645579.2011.563615>
- Erickson, F. (2012). Qualitative research methods for science education. In *Second International Handbook of Science Education* (S. 1451–1469). Springer.
- Eßling, I., Todorova, M., Sunder, C., Steffensky, M., & Meschede, N. (2023). The development of professional vision in pre-service teachers during initial teacher education and its relationship to beliefs about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, *132*, 104250. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104250>
- Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J.-W., Heene, M., & Eberle, J. (2014). Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in

- Education. *Frontline Learning Research*, 2, 28–45. <https://doi.org/10.14786/flr.v2i3.96>
- Fishman, E. J., Borko, H., Osborne, J., Gomez, F., Rafanelli, S., Reigh, E., Tseng, A., Million, S., & Berson, E. (2017). A practice-based professional development program to support scientific argumentation from evidence in the elementary classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 28(3), 222–249. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1302727>
- Fives, H., & Buehl, M. M. (2016). Teachers' beliefs, in the context of policy reform. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 114–121. <https://doi.org/10.1177/2372732215623554>
- Fleischhauer, J. (2013). *Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik*. Logos.
- Flick, U. (2022). Gütekriterien qualitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 533–547). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_34
- Ford, M. J., & Forman, E. A. (2006). Chapter 1: Redefining disciplinary learning in classroom contexts. *Review of research in education*, 30(1), 1–32. <https://doi.org/10.3102/0091732X030001001>
- Franco, A., Malhotra, N., & Simonovits, G. (2014). Publication bias in the social sciences: Unlocking the file drawer. *Science*, 345(6203), 1502–1505. <https://doi.org/10.1126/science.1255484>
- Garcia-Mila, M., Felton, M., Miralda-Banda, A., & Castells, N. (2022). Pre-service teachers' knowledge, beliefs and predispositions to teach argumentation in their disciplines. *Journal of Education for Teaching*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/02607476.2022.2150536>
- Gaudin, C., & Chaliès, S. (2015). Video viewing in teacher education and professional development: A literature review. *Educational Research Review*, 16, 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.06.001>
- Gegenfurtner, A., Lewalter, D., Lehtinen, E., Schmidt, M., & Gruber, H. (2020). Teacher Expertise and Professional Vision: Examining Knowledge-Based Reasoning of Pre-Service Teachers, In-Service Teachers, and School Principals. *Frontiers in Education*, 5. Verfügbar 28. November 2022 unter <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/educ.2020.00059>
- Gergen, A. (2019). Mentoring in schulpraktischen Phasen der Lehrerbildung. Zusammenfassung ausgewählter Forschungsbeiträge zur Mentorentätigkeit. 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. 329–339). Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:17285>
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In J. L. A. Berry & P. Friedrichsen

- (Hrsg.), *Reexamining pedagogical content knowledge in science education* (S. 28–42). Routledge.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D., & Stuhlsatz, M. A. (2019). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, *41*(7), 944–963. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. (Hrsg.). (2009). *Multiple Representations in Chemical Education*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8>
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Springer-Verlag.
- Gold, B., Förster, S., & Holodynski, M. (2013). Evaluation eines videobasierten Trainingsseminars zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von Klassenführung im Grundschulunterricht. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie*. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000100>
- Gold, B., Pffirmann, C., & Holodynski, M. (2021). Promoting professional vision of classroom management through different analytic perspectives in video-based learning environments. *Journal of Teacher Education*, *72*(4), 431–447. <https://doi.org/10.1177/0022487120963681>
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., & Derry, S. J. (2014). *Video research in the learning sciences*. Routledge.
- González-Howard, M., Marco-Bujosa, L., McNeill, K. L., Goss, M., & Loper, S. (2018). The Argumentation Toolkit: A resource for integrating argumentation into your science classroom. *Science Scope*, *42*(3), 74–78. <http://www.argumentationtoolkit.org/>
- González-Howard, M., & McNeill, K. L. (2019). Teachers' framing of argumentation goals: Working together to develop individual versus communal understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, *56*(6), 821–844. <https://doi.org/10.1002/tea.21530>
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, *96*(3), 606–633.
- Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 7–30. <https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg19.html#Art001>
- Gromadecki, U. (2009). *Argumente in physikalischen Kontexten: Welche physikalischen Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?* Logos-Verlag.
- Grooms, J., Enderle, P. J., Hutner, T., Murphy, A., & Sampson, V. (2016). *Argument-driven inquiry in physical science: Lab investigations for grades 6-8* (Bd. 4). NSTA Press.
- Gröschner, A., Schindler, A.-K., Holzberger, D., Alles, M., & Seidel, T. (2018). How systematic video reflection in teacher professional development regarding classroom discourse contributes to teacher and student self-efficacy. *International Journal of Educational Research*, *90*, 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.02.003>
- Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E., & Williamson, P. W. (2009). Teaching practice: A cross-professional perspective. *Teachers college record*, *111*(9), 2055–2100. <https://doi.org/10.1177/016146810911100905>

- Guskey, T. R., & Yoon, K. S. (2009). What works in professional development? *Phi Delta Kappan*, *90*(7), 495–500. <https://doi.org/10.1177/003172170909000709>
- Gut, C., & Tardent, J. (2023). Argumentieren im Naturwissenschaftsunterricht: Forderung und Beurteilung einer Basiskompetenz für die Erkenntnisgewinnung. In H. Lötscher, M. Naas & M. Roos (Hrsg.), *Kompetenzorientiert beurteilen* (2. Auflage). hep Verlag AG. <https://doi.org/10.36933/9783035522723>
- Gwet, K. L. (2014). *Handbook of inter-rater reliability: The definitive guide to measuring the extent of agreement among raters*. Advanced Analytics, LLC.
- Hallgren, K. A. (2012). Computing Inter-Rater Reliability for Observational Data: An Overview and Tutorial. *Tutorials in quantitative methods for psychology*, *8*(1), 23–34. Verfügbar 15. September 2020 unter <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3402032/>
- Hammer, D., & Berland, L. K. (2014). Confusing claims for data: A critique of common practices for presenting qualitative research on learning. *Journal of the Learning Sciences*, *23*(1), 37–46. <https://doi.org/10.1080/10508406.2013.802652>
- Hand, B., Park, S., & Suh, J. K. (2018). Examining teachers' shifting epistemic orientations in improving students' scientific literacy through adoption of the science writing heuristic approach. In K.-S. Tang & K. Danielsson (Hrsg.), *Global developments in literacy research for science education* (S. 339–355). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8_20
- Hasnunidah, N., Susilo, H., Irawati, M., & Suwono, H. (2020). The contribution of argumentation and critical thinking skills on students' concept understanding in different learning models. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, *17*(1), 6. <https://doi.org/10.53761/1.17.1.6>
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Casulleras, R. P., Welzel, M., Kommission, E., & Kommission, E. (Hrsg.). (2015). *Science education for responsible citizenship: Report to the european commission of the expert group on science education*. Publications Office of the European Union.
- Henderson, J. B., McNeill, K. L., González-Howard, M., Close, K., & Evans, M. (2018). Key challenges and future directions for educational research on scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(1), 5–18. <https://doi.org/10.1002/tea.21412>
- Henderson, J. B., Zillmer, N., Holton, A., Weiner, S., Greenwald, E., Goss, M., Lopez, M. L., Morales, C., Pearson, P. D., & McNeill, K. L. (2021). How science teachers DiALoG classrooms: Towards a practical and responsive formative assessment of oral argumentation. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(6), 803–815. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09921-4>
- Herzog, W., & von Felten, R. (2001). Erfahrung und Reflexion. Zur Professionalisierung der Praktikumsausbildung von Lehrerinnen und Lehrern. *BzL-Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *19*(1), 17–28. <https://doi.org/10.36950/bzl.19.1.2001.10308>

- Hoffmann, M. H. G. (2016). Reflective argumentation: A cognitive function of arguing. *Argumentation*, 30(4), 365–397. <https://doi.org/10.1007/s10503-015-9388-9>
- Hollingsworth, H., & Clarke, D. (2017). Video as a tool for focusing teacher self-reflection: Supporting and provoking teacher learning. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 20(5), 457–475. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9380-4>
- Holton, A., Henderson, J. B., Zillmer, N., Greenwald, E., Goss, M., & Morales, C. (2020). Assessing teachers' professional vision of oral scientific argumentation, 4. <https://repository.isls.org/handle/1/6524>
- Holton, A. B. (2021). *Seeing through the Noise: A Mixed Methods Study of the Development of Teachers' Argumentation Professional Vision* [Diss.]. Verfügbar 29. November 2021 unter <https://www.proquest.com/docview/2532498588/abstract/B011F3957F6D4EC0PQ/1>
- Hull, M. M., & Hopf, M. (2021). Students' conceptions. In H. E. Fischer & R. Girwitz (Hrsg.), *Physics education* (S. 383–411). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_14
- Jacobs, V. R., Lamb, L. L. C., & Philipp, R. A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. *Journal for Research in Mathematics Education*, 41(2), 169–202. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.41.2.0169>
- Jahn, G., Stürmer, K., Seidel, T., & Prenzel, M. (2014). Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Lehramtsstudierenden: Eine Scaling-up Studie des Observe-Projekts. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 46(4), 171–180. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000114>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In M. P. Jiménez-Aleixandre & S. Erduran (Hrsg.), *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research* (S. 3–29). Springer.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kapon, S., Ganiel, U., & Eylon, B. (2009). Scientific argumentation in public physics lectures: Bringing contemporary physics into high-school teaching. *Physics Education*, 44(1), 33–38. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/44/1/004>
- Karisan, D., & Topcu, M. S. (2016). Contents Exploring the Preservice Science Teachers' Written Argumentation Skills: The Global Climate Change Issue. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(6), 1347–1363. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1114293>
- Katsh-Singer, R., McNeill, K. L., & Loper, S. (2016). Scientific argumentation for all? comparing teacher beliefs about argumentation in high, mid, and low socioeconomic status schools. *Science Education*, 100(3), 410–436. <https://doi.org/10.1002/sc.21214>
- Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service teachers' conceptual understanding of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1139–1158. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.770935>

- Kersting, N. (2008). Using video clips of mathematics classroom instruction as item prompts to measure teachers' knowledge of teaching mathematics. *Educational and Psychological Measurement*, 68(5), 845–861. <https://doi.org/10.1177/0013164407313369>
- Khishfe, R. (2012). Relationship between nature of science understandings and argumentation skills: A role for counterargument and contextual factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 489–514. <https://doi.org/10.1002/tea.21012>
- Kilinc, A., Demiral, U., & Kartal, T. (2017). Resistance to dialogic discourse in SSI teaching: The effects of an argumentation-based workshop, teaching practicum, and induction on a preservice science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6), 764–789. <https://doi.org/10.1002/tea.21385>
- Kim, L. E., & Klassen, R. M. (2018). Teachers' cognitive processing of complex school-based scenarios: Differences across experience levels. *Teaching and Teacher Education*, 73, 215–226. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.04.006>
- Kim, S., & Hand, B. (2015). An analysis of argumentation discourse patterns in elementary teachers' science classroom discussions. *Journal of Science Teacher Education*, 26(3), 221–236. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9416-x>
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0>
- Kleinknecht, M., & Gröschner, A. (2016). Fostering preservice teachers' noticing with structured video feedback: Results of an online- and video-based intervention study. *Teaching and Teacher Education*, 59, 45–56. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.05.020>
- KMK. (2020a). Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife – Chemie. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- KMK. (2020b). Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife – Physik. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- KMK. (2024a). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Chemie_MSA.pdf
- KMK. (2024b). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-WeBiS_Physik_MSA.pdf
- Knight-Bardsley, A., & McNeill, K. L. (2016). Teachers' pedagogical design capacity for scientific argumentation. *Science Education*, 100(4), 645–672. <https://doi.org/10.1002/sce.21222>
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Harvard University Press.
- König, J., & Kramer, C. (2016). Teacher professional knowledge and classroom management: On the relation of general pedagogical knowledge (GPK) and classroom management expertise (CME). *ZDM*, 48, 139–151. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0705-4>

- Kramer, C., König, J., Kaiser, G., Ligtvoet, R., & Blömeke, S. (2017). Der Einsatz von Unterrichtsvideos in der universitären Ausbildung: Zur Wirksamkeit video- und transkriptgestützter Seminare zur Klassenführung auf pädagogisches Wissen und situationspezifische Fähigkeiten angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *20*(1), 137–164. <https://doi.org/10.1007/s11618-017-0732-8>
- Krepf, M., Plöger, W., Scholl, D., & Seifert, A. (2018). Pedagogical content knowledge of experts and novices—what knowledge do they activate when analyzing science lessons? *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(1), 44–67. <https://doi.org/10.1002/tea.21410>
- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, *94*(5), 810–824. <https://doi.org/10.1002/sce.20395>
- Kuhn, D., & Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child development*, *74*(5), 1245–1260. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00605>
- Kunter, M., Baumert, J., & Blum, W. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Waxmann Verlag.
- Kunter, M., & Klusmann, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften—Methodische Herausforderungen. *Unterrichtswissenschaft*, *38*(1), 68–86.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 805–820. <https://doi.org/10.1037/a0032583>
- Kutluca, A. Y. (2021). An investigation of elementary teachers' pedagogical content knowledge for socioscientific argumentation: The effect of a learning and teaching experience. *Science Education*, *105*(4), 743–775. <https://doi.org/10.1002/sce.21624>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, *33*(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Larraín, A., Moreno, C., Grau, V., Freire, P., Salvat, I., López, P., & Silva, M. (2017). Curriculum materials support teachers in the promotion of argumentation in science teaching: A case study. *Teaching and Teacher Education*, *67*, 522–537. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.07.018>
- Lawson, A. E. (2010). Basic inferences of scientific reasoning, argumentation, and discovery. *Science Education*, *94*(2), 336–364. <https://doi.org/10.1002/sce.20357>
- Lazarou, D., Erduran, S., & Sutherland, R. (2017). Argumentation in science education as an evolving concept: Following the object of activity. *Learning, Culture and Social Interaction*, *14*, 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2017.05.003>
- Lederman, N. G. (2013). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). Routledge.
- Lee, C. J., Sugimoto, C. R., Zhang, G., & Cronin, B. (2013). Bias in peer review. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, *64*(1), 2–17. <https://doi.org/10.1002/asi.22784>

- Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (S. 164–181). Beltz. <https://doi.org/10.25656/01:7376>
- Loper, S., McNeill, K. L., & González-Howard, M. (2017). Multimedia educative curriculum materials (MECMs): Teachers' choices in using MECMs designed to support scientific argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 28(1), 36–56. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2016.1277600>
- Loper, S., McNeill, K. L., González-Howard, M., Marco-Bujosa, L. M., & O'Dwyer, L. M. (2019). The impact of multimedia educative curriculum materials (MECMs) on teachers' beliefs about scientific argumentation. *Technology, Pedagogy and Education*, 28(2), 173–190. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2019.1583121>
- Lottero-Perdue, P., Mikeska, J., & Nester, M. S. (2022). Using preservice teachers' transcript coding of simulated argumentation discussions to characterize aspects of their noticing about argument construction and critique. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 22(1), 105–139. <https://www.learntechlib.org/primary/p/219078/>
- Lytzerinou, E., & Iordanou, K. (2020). Teachers' ability to construct arguments, but not their perceived self-efficacy of teaching, predicts their ability to evaluate arguments. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1722864>
- Marco-Bujosa, L. M., McNeill, K. L., González-Howard, M., & Loper, S. (2017). An exploration of teacher learning from an educative reform-oriented science curriculum: Case studies of teacher curriculum use. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 141–168. <https://doi.org/10.1002/tea.21340>
- Martin, A. M., & Hand, B. (2009). Factors affecting the implementation of argument in the elementary science classroom. a longitudinal case study. *Research in Science Education*, 39(1), 17–38. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9072-7>
- Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. https://www.ssoar.info/ssoar/bitstream/handle/document/39517/ssoar-2014-mayring-Qualitative_content_analysis_theoretical_foundation.pdf
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Auflage). Beltz.
- McDonald, C. V., & Heck, D. (2012). How do we teach argumentation in the new Australian Curriculum. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 58(3), 22–28.
- McDonald, C. V. (2010). The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1137–1164. <https://doi.org/10.1002/tea.20377>

- McDonald, S. P. (2016). The transparent and the invisible in professional pedagogical vision for science teaching. *School Science and Mathematics*, 116(2), 95–103. <https://doi.org/10.1111/ssm.12156>
- McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R., & Loper, S. (2016a). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 261–290. <https://doi.org/10.1002/tea.21252>
- McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R., & Loper, S. (2017). Moving beyond pseudoargumentation: Teachers' enactments of an educative science curriculum focused on argumentation. *Science Education*, 101(3), 426–457. <https://doi.org/10.1002/sce.21274>
- McNeill, K. L., Katsh-Singer, R., González-Howard, M., & Loper, S. (2016b). Factors impacting teachers' argumentation instruction in their science classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(12), 2026–2046. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1221547>
- McNeill, K. L., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: The impact of professional development on k–12 teachers. *Science Education*, 97(6), 936–972. <https://doi.org/10.1002/sce.21081>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. S. (2011). Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing. *Pearson*.
- McNeill, K. L., Marco-Bujosa, L. M., González-Howard, M., & Loper, S. (2018). Teachers' enactments of curriculum: Fidelity to Procedure versus Fidelity to Goal for scientific argumentation. *International Journal of Science Education*, 40(12), 1455–1475. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1482508>
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203–229. <https://doi.org/10.1002/sce.20364>
- Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*. Logos-Verlag.
- Meschede, N., Fiebranz, A., Möller, K., & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs: On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. *Teaching and Teacher Education*, 66, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.04.010>
- Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M., & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 43(4). http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=PPN513613439_0041%7CLOG_0039
- Mikeska, J. N., Howell, H., & Kinsey, D. (2023). Do simulated teaching experiences impact elementary preservice teachers' ability to facilitate argumentation-focused discussions

- in mathematics and science? *Journal of Teacher Education*, 74(5), 422–436. <https://doi.org/10.1177/00224871221142842>
- Miller, K. (2012). Thinking in the classroom: Mobile eye-tracking of novice and experienced teachers. *International Journal of Psychology*, 47, 309–309.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, t. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264–269.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Möhrke, P. (2020). Messunsicherheiten im Physikunterricht – Befragung von Lehrkräften in Baden-Württemberg. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 876). Universität Duisburg-Essen.
- Morris, B. J., Croker, S., Masnick, A. M., & Zimmerman, C. (2012). The emergence of scientific reasoning. *Current Topics in Children's Learning and Cognition*. <https://doi.org/10.5772/53885>
- Moshman, D. (2020). *Reasoning, argumentation, and deliberative democracy* (1. Aufl.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429316029>
- Murphy, P. K., Greene, J. A., Allen, E., Baszczewski, S., Swearingen, A., Wei, L., & Butler, A. M. (2018). Fostering high school students' conceptual understanding and argumentation performance in science through quality talk discussions. *Science Education*, 102(6), 1239–1264. <https://doi.org/10.1002/sc.21471>
- Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2018). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>
- Newman, M., & Gough, D. (2020). Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond & K. Buntins (Hrsg.), *Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application* (S. 3–22). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1
- NGSS. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. National Academies Press.
- Noroozi, O. (2023). The role of students' epistemic beliefs for their argumentation performance in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*, 60(4), 501–512. <https://doi.org/10.1080/14703297.2022.2092188>
- Nussbaum, E. M. (2008). Collaborative discourse, argumentation, and learning: Preface and literature review. *Contemporary Educational Psychology*, 33(3), 345–359. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.06.001>

- OECD. (2002). Definition and Selection of Competencies (DESECO): Theoretical and Conceptual Foundations. Strategy Paper. <http://hdl.voced.edu.au/10707/156754>
- Ogan-Bekiroglu, F., & Aydeniz, M. (2013). Enhancing Pre-service Physics Teachers' Perceived Self-efficacy of Argumentation-based Pedagogy through Modelling and Mastery Experiences. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9(3), 233–245. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.932a>
- Opfer, V. D., & Pedder, D. (2011). Conceptualizing teacher professional learning. *Review of Educational Research*, 81(3), 376–407. <https://doi.org/10.3102/0034654311413609>
- Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *Science*, 328(5977), 463–466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>
- Osborne, J., Donovan, B. M., Henderson, J. B., MacPherson, A. C., & Wild, A. (2016a). *Arguing from evidence in middle school science: 24 activities for productive talk and deeper learning*. Corwin Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994–1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Osborne, J., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S.-Y. (2016b). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821–846. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to argue: A study of four schools and their attempt to develop the use of argumentation as a common instructional practice and its impact on students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315–347. <https://doi.org/10.1002/tea.21073>
- Osborne, J. F., Borko, H., Fishman, E., Gomez Zaccarelli, F., Berson, E., Busch, K. C., Reigh, E., & Tseng, A. (2019). Impacts of a practice-based professional development program on elementary teachers' facilitation of and student engagement with scientific argumentation. *American Educational Research Journal*, 56(4), 1067–1112. <https://doi.org/10.3102/0002831218812059>
- Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535–1554. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.577842>
- Pimentel, D. S., & McNeill, K. L. (2013). Conducting talk in secondary science classrooms: Investigating instructional moves and teachers' beliefs. *Science Education*, 97(3), 367–394. <https://doi.org/10.1002/sce.21061>
- Prediger, S., & Link, M. (2012). Fachdidaktische Entwicklungsforschung—Ein lernprozessfokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. *Formate Fachdidaktischer Forschung. Empirische Projekte—historische Analysen—theoretische Grundlegungen. Fachdidaktische Forschungen*, 2, 29–46.

- Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning about measurement uncertainties in secondary education: A model of the subject matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 45–68. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0>
- Priemer, B., & Lederman, N. G. (2021). Nature of scientific knowledge and nature of scientific inquiry in physics lessons. In H. E. Fischer & R. Girwizd (Hrsg.), *Physics education* (S. 113–150). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_5
- Rapanta, C. (2018). Potentially argumentative teaching strategies—and how to empower them. *Journal of Philosophy of Education*, 52(3), 451–464. <https://doi.org/10.1111/1467-9752.12304>
- Rapanta, C. (2019). *Argumentation Strategies in the Classroom*. Vernon Art; Science Inc. Verfügbar 1. Dezember 2022 unter <http://ebookcentral.proquest.com/lib/huberlin-ebooks/detail.action?docID=5627052>
- Rapanta, C., & Felton, M. K. (2022). Learning to argue through dialogue: A review of instructional approaches. *Educational Psychology Review*, 34(2), 477–509. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09637-2>
- Rapanta, C., Garcia-Mila, M., & Gilabert, S. (2013). What is meant by argumentative competence? an integrative review of methods of analysis and assessment in education. *Review of Educational Research*, 83(4), 483–520. <https://doi.org/10.3102/0034654313487606>
- Rapanta, C., & Iordanou, K. (2023). Argumentation and critical thinking. In R. J. Tierney, F. Rizvi & K. Erkican (Hrsg.), *International encyclopedia of education (fourth edition)* (S. 575–587). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.14073-4>
- Rehm, M., & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 213–225). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_18
- Reznitskaya, A., & Wilkinson, I. (2015). Professional development in dialogic teaching: Helping teachers promote argument literacy in their classrooms. In *The SAGE handbook of learning* (S. 219–231). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.4135/9781473915213.n21>
- Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(1), 167–187.
- Rosaen, C. L., Lundeberg, M., Terpstra, M., Cooper, M., Niu, R., & Fu, J. (2010). Constructing videocases to help novices learn to facilitate discussions in science and english: How does subject matter matter? *Teachers and Teaching*, 16(4), 507–524. <https://doi.org/10.1080/13540601003754905>
- Roth, K. J. (2006). *Teaching science in five countries: Results from the TIMSS 1999 video study : Statistical analysis report*. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics.

- Russ, R. S., Sherin, B., & Sherin, M. G. (2011). Images of Expertise in Mathematics Teaching. In Y. Li & G. Kaiser (Hrsg.), *Expertise in Mathematics Instruction* (S. 35–54). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7707-6_3
- Sabers, D. S., Cushing, K. S., & Berliner, D. C. (1991). Differences among teachers in a task characterized by simultaneity, multidimensional, and immediacy. *American educational research journal*, 28(1), 63–88. <https://doi.org/10.3102/00028312028001063>
- Sampson, V., Enderle, P. J., & Walker, J. P. (2012). The Development and Validation of the Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom (ASAC) Observation Protocol: A Tool for Evaluating How Students Participate in Scientific Argumentation. In M. Khine (Hrsg.), *Perspectives on Scientific Argumentation* (S. 195–211). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2470-9_12
- Sampson, V., & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122–1148. <https://doi.org/10.1002/tea.21037>
- Sampson, V., Carafano, P., Enderle, P., Fannin, S., Grooms, J., Southerland, S. A., Stallworth, C., & Williams, K. (2015). *Argument-driven inquiry in chemistry: Lab investigations for grades 9-12*. NSTA Press, National Science Teachers Association Arlington, VA.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the ways students generate arguments in science education: Current perspectives and recommendations for future directions. *Science Education*, 92(3), 447–472. <https://doi.org/10.1002/sce.20276>
- Sánchez-Martín, J., Zamora-Polo, F., Moreno-Losada, J., & Parejo-Ayuso, J. P. (2017). Innovative education tools for developing ethical skills in university science lessons. The case of the moral cross dilemma. *Ramon Llull Journal of Applied Ethics*, (8), 225–245. <https://raco.cat/index.php/rljae/article/view/321836>
- Santagata, R., & Yeh, C. (2016). The role of perception, interpretation, and decision making in the development of beginning teachers' competence. *ZDM*, 48(1), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0737-9>
- Sarıbaşı, D., Ceyhan, G. D., & Lombardi, D. (2019). Bilimin doğasının öğretimi sırasında bilimsel pratiklere ve kanıta dayalı öğretime yakından bakış: Öğretmen yetiştirme programında bir çalışma. *İlköğretim Online*, 343–366. <https://doi.org/10.17051/ilkoonline.2019.527626>
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(1), 45–66.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Schiefele, U., & Schaffner, E. (2015). Teacher interests, mastery goals, and self-efficacy as predictors of instructional practices and student motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 42, 159–171. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.06.005>
- Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S., Köller, O., & Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderungen. In M.

- Prenzel, C. Sälzer, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2012. Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland* (S. 189–216). Waxmann.
- Schneider, J., Bohl, T., Kleinknecht, M., Rehm, M., Kuntze, S., & Syring, M. (2020). *Unterricht analysieren und reflektieren mit unterschiedlichen Fallmedien: Ist Video wirklich besser als Text?* SocArXiv. <https://doi.org/10.31235/osf.io/bdsjq>
- Schneider, K. (2019). What does competence mean? *Psychology*, 10(14), 1938–1958. <https://doi.org/10.4236/psych.2019.1014125>
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.12.001>
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2008). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen — Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. In M. Prenzel, I. Gogolin & H. H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (S. 195–208). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6_12
- Seidel, T. (2022). Professionelle Unterrichtswahrnehmung als Teil von Expertise im Lehrberuf. *Lehren und Forschen mit Videos in der Lehrkräftebildung*, 17–35.
- Seidel, T., Blomberg, G., & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE.
- Seidel, T., & Stürmer, K. (2014). Modeling and measuring the structure of professional vision in preservice teachers. *American Educational Research Journal*, 51(4), 739–771. <https://doi.org/10.3102/0002831214531321>
- Sengul, O. (2018). *Science teachers’ epistemological beliefs, PCK of argumentation, and implementation: An exploratory study* [Diss., Georgia State University]. https://scholarworks.gsu.edu/mse_diss/53
- Sengul, O., Enderle, P. J., & Schwartz, R. S. (2020). Science teachers’ use of argumentation instructional model: linking PCK of argumentation, epistemological beliefs, and practice. *International Journal of Science Education*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1748250>
- Sengul, O., Enderle, P. J., & Schwartz, R. S. (2021). Examining science teachers’ enactment of argument-driven inquiry (ADI) instructional model. *International Journal of Science Education*, 43(8), 1273–1291. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908641>
- Shakespeare, D. (2003). Starting an argument in science lessons. *School Science Review*, 85, 103–108.
- Shemwell, J. T., Gwarjanski, K. R., Capps, D. K., Avargil, S., & Meyer, J. L. (2015). Supporting teachers to attend to generalisation in science classroom argumentation. *International Journal of Science Education*, 37(4), 599–628. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.1000428>
- Sherin, M. (2007). The Development of Teachers’ Professional Vision in Video Clubs. In *Video Research in the Learning Sciences*. Routledge.

- Sherin, M., Jacobs, V., & Philipp, R. (2011). Situation awareness in teaching: What educators can learn from video-based research in other fields. In *Mathematics teacher noticing* (S. 81–95). Routledge.
- Sherin, M., & van Es, E. (2002). Using video to support teachers' ability to interpret classroom interactions. *society for information technology & teacher education international conference*, 2532–2536. <https://www.learntechlib.org/primary/p/17741/>
- Sherin, M., & van Es, E. A. (2009). Effects of video club participation on teachers' professional vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37. <https://doi.org/10.1177/0022487108328155>
- Sherin, M. G. (2014). Developing a professional vision of classroom events. In *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics* (S. 75–94). Taylor; Francis. <https://doi.org/10.4324/9781410612335-7>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Siarova, H., Sternadel, D., & Szónyi, E. (2019). *Research for CULT Committee – Science and Scientific Literacy as an Educational Challenge*. European Parliament, Policy Department for Structural und Cohesion Policies. Brussels. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/629188/IPOL_STU\(2019\)629188_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/629188/IPOL_STU(2019)629188_EN.pdf)
- Simon, S. (2008). Using toulmin's argument pattern in the evaluation of argumentation in school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 31(3), 277–289. <https://doi.org/10.1080/17437270802417176>
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2), 235–260. <https://doi.org/10.1080/09500690500336957>
- Sommerhoff, D., Codreanu, E., Nickl, M., Ufer, S., & Seidel, T. (2023). Pre-service teachers' learning of diagnostic skills in a video-based simulation: Effects of conceptual vs. interconnecting prompts on judgment accuracy and the diagnostic process. *Learning and Instruction*, 83, 101689. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101689>
- Soysal, Y., & Yilmaz-Tuzun, O. (2019). Relationships between teacher discursive moves and middle school students' cognitive contributions to science concepts. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09881-1>
- Stahnke, R., & Blömeke, S. (2021). Novice and expert teachers' situation-specific skills regarding classroom management: What do they perceive, interpret and suggest? *Teaching and Teacher Education*, 98, 103243. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103243>
- Stahnke, R., Schueler, S., & Roesken-Winter, B. (2016). Teachers' perception, interpretation, and decision-making: A systematic review of empirical mathematics education research. *ZDM*, 48(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s11858-016-0775-y>
- Star, J. R., Lynch, K., & Perova, N. (2011). Using video to improve mathematics teachers' abilities to attend to classroom features: A replication study. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics Teachers' Noticing: Seeing Through*

- Teachers' Eyes* (S. 117–133). Routledge. <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:4889489>
- Steffensky, M., Gold, B., Holdynski, M., & Möller, K. (2015). Professional vision of classroom management and learning support in science classrooms—does professional vision differ across general and content-specific classroom interactions? *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(2), 351–368. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9607-0>
- Steyer, R., Schmitt, M., & Eid, M. (1999). Latent state–trait theory and research in personality and individual differences. *European Journal of Personality*, *13*(5), 389–408. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0984\(199909/10\)13:5<389::AID-PER361>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0984(199909/10)13:5<389::AID-PER361>3.0.CO;2-A)
- Stroupe, D. (2014). Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, *98*(3), 487–516. <https://doi.org/10.1002/sce.21112>
- Stürmer, K., Könings, K. D., & Seidel, T. (2015). Factors within university-based teacher education relating to preservice teachers' professional vision. *Vocations and Learning*, *8*(1), 35–54. <https://doi.org/10.1007/s12186-014-9122-z>
- Stürmer, K., Seidel, T., & Holzberger, D. (2016). Intra-individual differences in developing professional vision: Preservice teachers' changes in the course of an innovative teacher education program. *Instructional Science*, *44*(3), 293–309. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9373-1>
- Stürmer, K., Seidel, T., & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice: Preservice teachers' professional vision changes following practical experience: A video-based approach in university-based teacher education. *Gruppendynamik und Organisationsberatung*, *44*(3), 339–355. <https://doi.org/10.1007/s11612-013-0216-0>
- Sunder, C., Todorova, M., & Möller, K. (2016a). Entwicklung der professionellen Wahrnehmung im Studium. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 146–148). Universität Regensburg.
- Sunder, C., Todorova, M., & Möller, K. (2016b). Kann die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden trainiert werden? – Konzeption und Erprobung einer Intervention mit Videos aus dem naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0037-5>
- Sykes, G., & Bird, T. (1992). Chapter 10: Teacher education and the case idea. *Review of Research in Education*, *18*(1), 457–521. <https://doi.org/10.3102/0091732X018001457>
- Taber, K. S. (2014). Methodological issues in science education research: a perspective from the philosophy of science. In M. R. Matthews (Hrsg.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (S. 1839–1893, Bd. 3). Springer Netherlands.

- Tekbiyik, A. (2015). The use of jigsaw collaborative learning method in teaching socio-scientific issues: The case of nuclear energy. *Journal of Baltic Science Education*, 14(2), 237–253.
- Todorova, M., Sunder, C., Steffensky, M., & Möller, K. (2017). Pre-service teachers' professional vision of instructional support in primary science classes: How content-specific is this skill and which learning opportunities in initial teacher education are relevant for its acquisition? *Teaching and Teacher Education*, 68, 275–288. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.08.016>
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge university press.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Tripp, T. R., & Rich, P. J. (2012). The influence of video analysis on the process of teacher change. *Teaching and Teacher Education*, 28(5), 728–739. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.01.011>
- Ünal Çoban, G., Akpınar, E., Baran, B., Kocagül Sağlam, M., Özcan, E., & Kahyaoglu, Y. (2016). The evaluation of “technological pedagogical content knowledge based argumentation practices” training for science teachers. *TED EĞİTİM VE BİLİM*, 41(188). <https://doi.org/10.15390/EB.2016.6615>
- Van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to notice: Scaffolding new teachers' interpretations of classroom interactions. *Journal of technology and teacher education*, 10(4), 571–596. <https://www.learntechlib.org/primary/p/9171/>
- Van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers'“learning to notice” in the context of a video club. *Teaching and teacher education*, 24(2), 244–276. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.005>
- van Driel, J. H., Meirink, J. A., van Veen, K., & Zwart, R. C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: A review of design features and quality of research. *Studies in Science Education*, 48(2), 129–160. <https://doi.org/10.1080/03057267.2012.738020>
- van Eemeren, F. H., Jackson, S., & Jacobs, S. (2015). Argumentation. In F. H. van Eemeren (Hrsg.), *Reasonableness and effectiveness in argumentative discourse: Fifty contributions to the development of pragma-dialectics* (S. 3–25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20955-5_1
- van Lankveld, T., Schoonenboom, J., Volman, M., Croiset, G., & Beishuizen, J. (2017). Developing a teacher identity in the university context: A systematic review of the literature. *Higher Education Research & Development*, 36(2), 325–342. <https://doi.org/10.1080/07294360.2016.1208154>
- Vogt, F., & Schmiemann, P. (2020). Assessing biology pre-service teachers' professional vision of teaching scientific inquiry. *Education Sciences*, 10(11), 332. <https://doi.org/10.3390/educsci10110332>
- von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their sci-

- tific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101–131. <https://doi.org/10.1002/tea.20213>
- von Aufschnaiter, C., & Prechtel, H. (2018). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 87–104). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_6
- Walker, J. P., & Wolf, S. F. (2017). Getting the Argument Started: A Variation on the Density Investigation. *Journal of Chemical Education*, 94(5), 632–635. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00621>
- Walker, J. P., Sampson, V., & Zimmerman, C. O. (2011). Argument-Driven Inquiry: An Introduction to a New Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs. *Journal of Chemical Education*, 88(8), 1048–1056. <https://doi.org/10.1021/ed100622h>
- Walker, J. P., Van Duzor, A. G., & Lower, M. A. (2019). Facilitating Argumentation in the Laboratory: The Challenges of Claim Change and Justification by Theory. *Journal of Chemical Education*, 96(3), 435–444. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00745>
- Walpuski, M., & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente—Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae*, 37(104), 6–27.
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Weinert, F. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. *Defining and selecting key competencies Ashland/Hogrefe & Huber Publishers*.
- Weiss, K. A., McDermott, M. A., & Hand, B. (2022). Characterising immersive argument-based inquiry learning environments in school-based education: a systematic literature review. *Studies in Science Education*, 58(1), 15–47. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1897931>
- Weß, R. (2023). Research Data for the Systematic Review "Professional Development Programs to Improve Science Teachers' Argumentation Skills". <https://doi.org/10.18452/24795>
- Weß, R., Priemer, B., & Parchmann, I. (2023). Professional development programs to improve science teachers' skills in the facilitation of argumentation in science classroom—a systematic review. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00076-3>
- Wess, R., & Priemer, B. (2024). Pre-Service Teachers' Professional Vision of Argumentation Opportunities in Their Analysis of Videotaped Science Classroom Episodes. *Journal of Science Teacher Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2410062>
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_3

- Wirtz, M. A. (2016). State-Trait-Modell der Affektivität im Dorsch Lexikon der Psychologie. Verfügbar 17. September 2024 unter <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/state-trait-modell-der-affektivitaet>
- Wöhlke, C. (2020). *Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte (Volume 298)*. Logos Verlag Berlin.
- Wöhlke, C., & Höttecke, D. (2022). Teachers' professional vision in teaching physics—a validation study. *International Journal of Science Education*, 44(15), 2306–2329. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2120372>
- Yoon, H.-G., Park, J., Song, Y., Kim, M., & Joung, Y. J. (2018). Analyzing Studies on Teacher Professional Vision: A Literature Review. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(6), 765–780. <https://doi.org/10.14697/jkase.2018.38.6.765>
- Zaccarelli, F. G., Schindler, A.-K., Borko, H., & Osborne, J. (2018). Learning from professional development: a case study of the challenges of enacting productive science discourse in the classroom. *Professional Development in Education*, 44(5), 721–737. <https://doi.org/10.1080/19415257.2017.1423368>
- Zembal-Saul, C., & Vaishampayan, A. (2019). Research and practice on science teachers' continuous professional development in argumentation. In S. Erduran (Hrsg.), *Argumentation in Chemistry Education* (S. 142–172). Royal Society of Chemistry.
- Ziepprecht, K., Schwanewedel, J., Heitmann, P., Jansen, M., Fischer, H. E., Kauertz, A., Kobow, I., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2017). Modellierung naturwissenschaftlicher Kommunikationskompetenz – ein fächerübergreifendes Modell zur Evaluation der Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 113–125. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0061-8>
- Zohar, A. (2007). Science teacher education and professional development in argumentation. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Hrsg.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research* (S. 245–268). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6670-2_12
- Zucker, V. (2019). *Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden (Bd. 281)*. Logos Verlag Berlin GmbH.

Anhang

A. Additional Material for the Review Study (Study 1)

A.1. Example coding of the categorization of argumentation competence

Tabelle A1.: Three examples of the categorization of argumentation competence using the category system of Rapanta et al. (2013)

Study	Coding Rater I		Coding Rater II	
	<i>Analysis</i>	<i>Assessment</i>	<i>Analysis</i>	<i>Assessment</i>
Crippen (2012)	Form	Metacognitive	Form, Goal	Metacognitive, Metastrategic, Epistemological
Loper et al. (2019)	Strategy	Metacognitive, Metastrategic	unclear	unclear
Kaya (2013)	Form	Metacognitive	Form	Metacognitive

For one of this examples (Kaya, 2013), we were able to come to an agreement in terms of the underlying argumentation conception: Analysis is constituted through a Form approach, in this specific study adapting an argumentation level analysis by Dawson und Venville (2010) that is based on the work of Toulmins argumentation model (Toulmin, 2003). The levels of argumentation are structured through the structural components of claim, data/warrant and so on (Kaya, 2013). Besides this form approach both raters chose the metacognitive assessment category, that Rapanta et al. (2013) defined as referring mainly to declarative knowledge ('know-what'). This includes knowledge about the structure of an argument, its conceptual or epistemic quality. In this study, the students wrote an argumentation survey before and after the intervention, where 'pre-service teachers were aimed to construct good-quality arguments' (Kaya, 2013, S. 1149) regarding the concept of chemical equilibrium. Here, both raters were able to get to a consensus based on the provided information, in contrast to the other two examples.

Taking a closer look at Crippen (2012), one rater coded similar to Kaya (2013) form and metacognitive. The other rated additionally to this also goal for analysis and for assessment also metastrategic and epistemological. As Crippen (2012) defines the goal of the study as an investigation on teacher knowledge for a socio-scientific issue and beliefs about science, one author understood the approach to reach this goal exclusively by using a Form approach, since

structural elements were used to analyze the argument maps built during the intervention (e.g., Crippen, 2012, S. 859). This also leads to the single rating of metacognitive assessment, as the rater saw in this stated argue-to-learn approach the declarative knowledge as the main category of interest. The second author also acknowledges this by rating the same categories but also saw hints in the study referring to the consequential need to reach this declarative knowledge by thematizing strategies to use argumentation and furthermore the importance of epistemological assessment for why an argue-to-learn approach is important. The first rater mentioned he could follow the second raters' argumentation logic, but due to the possibility, that this could have been part of the underlying argumentation framework and thematized in the argumentation intervention, just without being clearly explicit in the paper, both rater agreed to not come to an agreement and point out this ambiguity in the description of the underlying argumentation framework and the resulting uncertainty in the rating.

The last of our three examples (Loper et al., 2019) confirms our previous experience. Since on rater was able to identify an emphasis in the underlying argumentation framework on strategies and the corresponding metastrategic knowledge, he also found hints in the study referring to declarative knowledge, so the metacognitive assessment category. Yet, the other rater stated, that by the given information in the study, he was unable to make a clear description, what the underlying framework and most emphasized part in the argumentation competence was. He stated that the amount of information, e.g. 'we focus on two interrelated aspects of scientific argumentation: structure and dialogic interactions' (Loper et al., 2019, S. 175) and the further description and relation to beliefs was too unspecific for our purpose and by using the categories of Rapanta et al. (2013). This may be due to the study focus of Loper et al. (2019), that lies more in the impact of multimedia educative curriculum materials on the teachers' beliefs about scientific argumentation as in argumentation of the material itself.

Overall, these three examples (Table A1) illustrate that the categories can be applied, but heavily depends on the information provided in the studies. Additionally, this information cannot be expected, when the study and PDP focus was slightly different from or not exclusively on argumentation.

A.2. Overview of countries where PDPs were enacted

Table A2.: Countries where PDPs were enacted (alphabetical order). Note that the number here exceeds the total number of studies, since one PDP (Bayram-Jacobs et al., 2019) was implemented in four countries.

Country	N
Australia	1
Brazil	4
Chile	1
Columbia	1
Cyprus	1
Finland	1
France	1
Indonesia	1
Israel	2
Norway	1
South Africa	3
Spain	2
Turkey	11
UK	9
USA	29

A.3. Overview of published studies sorted by year

Tabelle A3.: Amount of published studies sorted by year

Year	Amount of Published Studies
2000	0
2001	0
2002	0
2003	0
2004	1
2005	0
2006	2
2007	1
2008	3
2009	4
2010	4
2011	1
2012	2
2013	4
2014	1
2015	8
2016	8
2017	8
2018	8
2019	8
2020	1
2000 – 2020	64

B. Argumentationsanlässe — Kategoriensystem / Argumentation Opportunities — Category System

B.1. Deutsche Fassung — Langversion

Begleitschreiben für Studierendenerhebung in Studie 3

In diesem Kategoriensystem finden Sie vier Fokussierungen, mit denen man Argumentationsanlässe im Chemie- und Physikunterricht erkennen und erklären kann. Dieses Kategoriensystem eignet sich sowohl für potenzielle wie auch explizite Argumentationsanlässe. Die einzelnen Fokussierungen sind untereinander nicht disjunkt, d.h. ein Argumentationsanlass, der z. B. für eine Kategorie der Fokussierung Variablenkontrolle identifiziert wird, kann ebenso in eine Kategorie der Fokussierung Schülervorstellung passen. Die Kategorien innerhalb einer Fokussierung sind jedoch disjunkt, d.h. ein Argumentationsanlass, der z. B. für die Kategorie Ersetzung Variable erkannt wurde, passt nicht in einer andere Kategorie der gleichen Fokussierung, z. B. Veränderung der Variablenausprägung.

Das Ziel dieses Kategoriensystems ist primär zu zeigen, dass das Erkennen und Erklären von Argumentationsanlässen unter den hier gewählten Fokussierungen möglich und sinnvoll ist. Das Ziel hier ist dementsprechend nicht, ein vollständiges Kategoriensystem aller möglichen Argumentationsanlässe für den Chemie- und Physikunterricht zu präsentieren. Zu jeder Kategorie finden Sie eine Definition, Kodierregel und Ankerbeispiele, die Ihnen die Kategorien verständlicher machen sollen. In den Ankerbeispielen sind Transkripte von Aussagen aus realen und fiktiven Unterrichtsgesprächen (L = Lehrkraft, S = Schüler*innen) festgehalten. Die Argumentationsanlässe sind im Text hervorgehoben.

Fokussierung 1: Variablenkontrolle und -manipulation (VK)

Diese Fokussierung bezieht sich auf Argumentationsanlässe, die sich über den Umgang mit Variablen in einem Gespräch oder während einer experimentellen Durchführung identifizieren und erklären lassen.

Fokussierung 2: Gültigkeitsbereiche und Grenzen von Modellen und Verfahren (G)

Diese Fokussierung bezieht sich auf Argumentationsanlässe, die sich über die Gültigkeitsbereiche und Grenzen von Modellen und Verfahren identifizieren und erklären lassen. Grundlegend wird hier die Auffassung vertreten, dass es für den Chemie- und Physikunterricht wichtig erscheint, darüber zu argumentieren, wie gültig das verwendete Modell oder Verfahren für einen Erkenntnisgewinn ist und welche Einschränkungen dafür gelten.

Fokussierung 3: Repräsentationsform (R)

Diese Fokussierung bezieht sich auf Argumentationsanlässe, die sich mit der Repräsentationsform (z. B. makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Ebene) identifizieren und

erklären lassen. Die drei vorgestellten Repräsentationsformen sind nur ein exemplarisches Modell zur Beschreibung verschiedener Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Johnstone, 1991), ebenso könnte man z. B. anstelle von symbolischer Repräsentationform auch von mathematischer Formel oder Reaktionsgleichung sprechen.

Fokussierung 4: Vorstellungen von Schüler:innen (S)

Diese Fokussierung bezieht sich auf Argumentationsanlässe, die sich mit dem Konzept Schülervorstellungen identifizieren und erklären lassen.

Tabelle B1.: Kategoriensystem zur Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
Variablen- kontrolle	VK1: Erset- zung Variable	Ersetzen einer Va- riable durch Varia- ble gleicher Art	Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten ei- ne Argumentation über die Änderung einer Variable an. Insbesondere ist damit das Ersetzen einer Variable durch eine andere gleicher Art gemeint. Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus der Situation her- aus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder di- rekt auftauchen: „Was passiert, wenn diese Variable X1 durch eine andere gleicher Art (z. B. X2) ersetzt wird?“	<p>AU5-3-mod, <i>Art der Lösung bei Zugabe von Silbernitrat erzeugt einen Niederschlag (z. B. Halogenidlösung wird mit Silbernitrat versetzt):</i></p> <p>S: Um, what sort of ions in the solution.</p> <p>L: Oh, what sort of ions in the solution. What if this has not Cl^- but Br^- here, would there also be a precipitation?</p> <p>S: Yes.</p> <p>L: All right. If the solution was pure water -</p> <p>S: No, it wouldn't.</p> <p>PE-1, <i>Versuch zum Photoeffekt:</i></p> <p>L: Ihr habt im ersten Experiment eine Entladung einer negativen Ladung festgestellt; wie wäre das nun im elektrisch positiv aufgeladenen Fall?</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
VK2: Veränderung Variablenausprägung	Veränderung einer gleichen Variable in ihrer Ausprägung	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation über die Änderung einer Variable in ihrer Ausprägung an.</p> <p>Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus der Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen: „Variable X verdreifacht sich“; „Was bedeutet es für X, wenn Y nur halb so groß ist?“</p> <p>Hier bleibt im Gegensatz zur Kategorie VK1 die Variable gleich, lediglich ihre Größe in Relation zu einer anderen Variable variiert. Hierunter fallen auch Extremfälle, z. B. Auswirkungen einer Änderung einer Variable X in Ihre minimale oder maximale Ausprägung. Sie ist somit eine Prozessgröße. Die Variable wird hier bei einer Verkleinerung (in Abgrenzung zur Idealisierung) immer noch berücksichtigt. Im Gegensatz hierzu ist die Idealisierung in VK4 als absolute Größe aufzufassen.</p>	<p>NL1-4, <i>Änderung der eingesetzten Wassermenge nach Experiment:</i></p> <p>S: Hey miss, with this, two times the amount of water does that boil at exactly the same time?</p> <p>AU5-3: <i>Einfluss der Änderung der Masse eines Körpers auf die resultierende Weglänge bei gleicher Kraft, den Wagen in Bewegung zu setzen:</i></p> <p>L: What it weighs. All right, why would it the weight make a difference? Look, I can demonstrate that here. If I give this a little push, it just rolls along like so.</p> <p>L: If I put some weights on there and give the same little push it doesn't go quite as far, and the more weight I put on there the more force I'm going to exert to get it going, isn't it?</p>	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
	VK3: Kontrollieren einer Variable	Konstanthalten einer Variable in ihrer Ausprägung	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation zur Kontrolle oder zum Konstant halten einer Variable an.</p> <p>Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn Aussagen aus den folgenden exemplarischen Themenfeldern in der Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen: Störvariablen (z. B. Störionen), externe Einflüsse (z. B. Luftdruck), ... Anders als in VK1 und VK2 wird hier also darauf abgezielt, eine Variable möglichst konstant zu halten und nicht zu verändern.</p>	<p>NL1-5: <i>Experimentelle Siedepunktermittlung von Wasser ergab über 100°C — Position des Thermometers als Kontrollvariable:</i></p> <p>L: Because, in fact, I'm not only measuring the temperature of the water, but I'm also measuring the beaker temperature of the bottom of the beaker, right?</p>
	VK4: Idealisierung (abstrakt)	Aussagen zur Vereinfachung oder Vernachlässigung einer abstrakten Größe, einer Variable oder eines Zusammenhangs	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation über die Vereinfachung oder Vernachlässigung einer Variable an.</p> <p>Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus der Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen: „Was passiert, wenn wir die Variable Z vernachlässigen?“ „Nehmen wir mal an, X ist in unserem Beispiel gleich null“</p> <p>Dies hier ist im Gegensatz zur Minimalisierung einer Variable in VK2 ein absoluter Wegfall dieser.</p>	<p>AU5-2-mod: <i>Weglassen des Einflusses von Luftwiderstand auf die Zeitmessung beim Fallen von Objekten:</i> L: Hm-/ Schauen wir uns das mal genauer an. Der Stein benötigt 14 Sekunden bis zum Aufprall. S: Ja. L: Was wäre denn, wenn wir keine Luftreibung hätten? Würde-, äh, würde der Stein dann schneller oder langsamer fallen?</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
Grenzen und Gültigkeitsbereiche	G1: Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells	Instruktionen und Aussagen, die die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells thematisieren	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation über die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells an. Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus der Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen: „Unter welchen Annahmen/Bedingungen können wir unser Modell als gültig betrachten?“ oder „Welche Schlussfolgerungen sind mit unserem verwendeten Modell nicht zulässig?“</p> <p>Exemplarische Merkmale der Lernumgebung wären in diesem Sinne: „Eine Beobachtung lässt sich nicht mit dem zur Verfügung stehenden Modell erklären“</p> <p>Diese Kategorie ist eng verwandt mit der Gültigkeit und den Grenzen von Verfahren, grenzt sich jedoch dadurch ab, dass die Anlässe aus den Verfahren einen konkreten praktischen Ursprung haben, während Modelle als abstrakte Repräsentationen aufzufassen sind, mit denen man Elemente von Phänomenen und Theorien für einen bestimmten Zweck zueinander in Beziehung setzt.</p>	<p>Norm-1, <i>5°-Näherung beim Fadenpendel</i>: L: Was bedeutet es für die Aufnahme unserer Messwerte, wenn wir die Gültigkeit unserer Formel nur bis 5° gewährleisten können?</p> <p>Norm-3, <i>Grenzen des Thompson-Atommodells nach dem Rutherford'schem Streuversuch</i>: L: So, und nun? Welche Schlüsse lassen unsere Ergebnisse aus dem Rutherford'schen Streuversuch für Aussagen aus dem Rosinenkuchenmodell von Thompson zu? Müssen wir, äh, Veränderungen vornehmen?</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
G2: Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Verfahrens	Instruktionen und Aussagen, die die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Verfahrens (z. B. einer Messung) thematisieren	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation über die Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Verfahrens an.</p> <p>Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus der Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen, z. B.: „Unter welchen Annahmen / Bedingungen können wir unsere Messung als ausreichend betrachten?“ Dies umfasst sowohl Aussagen, die allgemeiner als auch speziell auf eine Situation zugeschnittener Natur sind (z. B. allgemeine Abweichung vom Theoriewert oder spezielle Abweichung vom Theoriewert anhand einer konkreten Messung). Exemplarische Merkmale der Lernumgebung wären in diesem Sinne: Auftauchen von Ausreißerwerten, Abweichung von Messwerten gegenüber Literaturwerten oder Erwartungen, Ausbleiben einer erwarteten Beobachtung, allgemeine Überlegungen zu einem Verfahren, z. B. zu den Gütekriterien einer experimentellen Durchführung.</p> <p>Diese Kategorie ist eng verwandt mit der Gültigkeit und den Grenzen von Modellen, grenzt sich jedoch dadurch ab, dass die Anlässe aus den Verfahren einen konkreten praktischen Ursprung haben (z. B. konkrete Messtätigkeit während eines Experiments), während Modelle als abstrakte Repräsentationen aufzufassen sind, mit denen man Elemente von Phänomenen und Theorien für einen bestimmten Zweck zueinander in Beziehung setzt.</p>	<p>CHE1-mod, <i>Nachweis von Ammoniumchlorid („Salmiak-salz“) in Salmiakpastillen über pH-Papier:</i></p> <p>L: Unter welchen Bedingungen ist das von uns verwendete Verfahren zum Nachweis von Ammoniumchlorid eigentlich gültig?</p> <p>NL1-2-mod, <i>Allg. Abweichung vom Theoriewert:</i></p> <p>L: An unserem Experiment stimmt etwas nicht. Was könnte der Grund sein, warum etwas von der Theorie abweicht?</p>	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
Repräsentationsform	R1: Wechsel der Repräsentationsform	Instruktionen und Aussagen, die den Übergang von einer Repräsentationsform in eine andere Repräsentationsform erfordert	<p>Aussagen oder Merkmale der Lernumgebung bieten eine Argumentation an, da die zugrundeliegende Evidenz zur Klärung eines Phänomens in einer anderen Repräsentationsform (z. B. Verwendung eines Teilchenmodells) liegt.</p> <p>Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn folgende exemplarische Aussagen aus einer Situation heraus theoretisch denkbar und sinnvoll sind oder direkt auftauchen: „Wie ließen sich diese qualitativen Zusammenhänge quantitativ in einer Formel ausdrücken?“, „Was bedeutet dieses Reaktionsverhalten auf Teilchenebene?“</p> <p>Diese Kategorie ist eng verwandt mit der Kategorie G1, <i>Gültigkeitsbereiche und Grenzen eines verwendeten Modells</i>, grenzt sich jedoch dadurch ab, dass sie explizit den Übergang von einer Repräsentationsform in die andere fokussiert und nicht auf eine einzelne abstrakte Repräsentation (= das Modell) selbst abzielt.</p>	<p>US2-6-mod, <i>Massenerhalt und Molekülanzahl beim Verbrennen eines Streichholzes im geschlossenen System</i>:</p> <p>L: Okay, beim ersten Wiegen vor der Verbrennung haben wir 3,4 g an Streichhölzern gewogen. Nun zeigt die Waage 3,2 g an?</p> <p>S: Ja, genau.</p> <p>L: Hm. Was denkst du denn, ist auf Molekülebene passiert? Bedeutet das, dass manche Moleküle verschwunden sind? Ich meine, 3,2 g ist weniger als 3,4 g. Hat sich irgendetwas an der Gesamtzahl der Moleküle geändert?</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
Vorstellungen von Schüler:innen	S1: Präkonzepte	Instruktionen und Aussagen, die die für eine Lehrkraft erwartbare Präkonzepte und Fehlvorstellungen eines Lernenden thematisieren	Ad-hoc Aussagen von SuS, die als fachlich inkorrekt zu werten sind, bieten eine Argumentation an, unabhängig davon, ob die Aussage aufgrund von unzureichenden Präkonzepten oder (hausgemachten) Fehlvorstellungen getätigt wurde. Ein Anlass kann hier also identifiziert werden, wenn eine beliebige SuS-Aussage aus einer Situation heraus für eine Argumentation theoretisch denkbar und relevant (!) ist oder direkt als Beginn einer Argumentation auftaucht. Hier ist nochmal zu betonen, dass es besonders wichtig ist, was als Argumentationsanlass gemäß dem Vorwissen und Kompetenzen der SuS als erwartbar und relevant von den Lehrkräften eingeschätzt wird. Gäbe es diese Einschränkung der Relevanz nicht, wäre ansonsten jede Aussage eines Lernenden, auf die man mit „Warum?“ antworten könnte, ein Argumentationsanlass, um für die vorher getätigte Aussage weitere Evidenz einzufordern.	AU2-1, <i>Farbänderung eines Indikators für Metalle (= rot) und Nichtmetalle (=blau) für den Sonderfall amphoterer Stoffe:</i> S: Have you got the um, (inaudible) purple. (inaudible). Put-put one of them in because red and blue makes purple so we'd get purple. PE-2, <i>Versuch zum Photoeffekt:</i> S: Wenn der Spalt größer wäre, käme mehr Licht auf die Blende, was zu einer schnelleren Entladung führt.

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Fokussierung	Kategorie	Definition	Kodierregel	Ankerbeispiele (Anlass hervorgehoben)
S2: Intuition / „Raten“	Instruktionen und Aussagen, die eher nicht-rationalen Kriterien entstammen	Intuitive, „ad-hoc“ Aussagen von Lernenden zu einem Sachverhalt, zu dem von der Lehrkraft aus gesehen aber gehaltvollere Aussagen vom Lernenden erwartbar sind. Auch hier gilt, wie bei S1, dass es besonders wichtig ist, was als Argumentationsanlass gemäß dem Vorwissen und Kompetenzen der SuS als erwartbar und relevant von den Lehrkräften eingeschätzt wird. Gäbe es diese Einschränkung der Relevanz nicht, wäre ansonsten jede Aussage eines Lernenden, auf die man mit „Warum?“ antworten könnte, ein Argumentationsanlass, um für die vorher getätigte Aussage weitere Evidenz einzufordern. Die Unterscheidung zu S1 liegt sozusagen nur im höheren Ausmaß der Unsicherheit, mit der die entsprechende SuS-Aussage getätigt wurde.	AU5-2, <i>Diskussion der These „Körper in Bewegung erfahren kontinuierlich eine Kraft in Bewegungsrichtung“</i> : L: We were- Who’s- who’s in agreement on this that things that are moving have got to have a force behind them to keep them moving? Who thinks that’s right? Don’t be shy. L: It’s okay to think that. All right, who disagrees? All the heretics put their hands up. Oh, this is good. I like the heretics. Murray? S: What? L: Why do you disagree? S: Because it just doesn’t seem right.	

Ende der Tabelle

B.2. English Version — long version

Cover letter for student survey in study 3

In this typology you will find four science education topics that describe typical argumentation opportunities in chemistry and physics classes that can be used to identify and explain them in the science classroom. This typology is suitable for both potential and explicit argumentation opportunities. The individual science education topics are not disjoint among themselves, i.e., an argumentation opportunity identified for a category of variable control, for example, can also fit into a category of the students' conceptions. However, the categories within a science education topic are disjoint, i.e., an argumentation opportunity identified for the category Replacement of a Variable, for example, does not fit into another category of the same topic, e.g., Change in Variable Expression.

The goal of this typology is primarily to show that the identification and explanation of argumentation opportunities with the here chosen science education topics is possible and meaningful. Accordingly, the goal here is not to provide a complete typology of all possible argumentation opportunities for teaching chemistry and physics. For each category you will find a definition, coding rule, and anchor examples, which should make the categories more understandable for you. In the anchor examples are transcripts of statements from real and fictional classroom conversations (speakers: T = teacher, S = students). The argumentation opportunities are highlighted in the text.

Science Education Topic 1: Variable control and manipulation (CV)

This topic refers to argumentation opportunities that can be identified and explained via the handling of variables in a conversation or during an experimental procedure.

Science Education Topic 2: Scope and limits of models and procedures (SL)

This topic refers to argumentation opportunities that can be identified and explained via the scope and limits of models and procedures. The basic view here is that it seems important for chemistry and physics teaching to argue about how valid the model or procedure used is for gaining knowledge and what the limitations are.

Science Education Topic 3: Representation Form (RF)

This topic refers to argumentation opportunities that can be identified and explained by the form of representation (i.e., macroscopic, submicroscopic, and symbolic form). The three forms of representation presented are only an exemplary model for describing different representations in science education (Johnstone, 1991); likewise, instead of symbolic form of representation, one could also speak of mathematical formula or reaction equation, for example.

Science Education Topic 4: Students Conceptions (SC)

This topic refers to argumentation opportunities that can be identified and explained with an origin in student conceptions.

Tabelle B2.: Typology of Argumentation Opportunities in the Science Classroom

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
Variable control and manipulation	CV-1: Replacement of a Variable	Replace a variable with variable(s) of the same type	Statements or characteristics of the learning environment offer an argumentation about the change of a variable. In particular, the replacement of a variable by another of the same kind is meant. An opportunity can thus be identified, if the following exemplary statements from the situation theoretically are theoretically conceivable and meaningful or arise directly: "What happens, if this variable X1 is replaced by variable of the same kind (e.g., X2)?"	<p>AU5-3-mod, <i>Type of solution when silver nitrate is added produces a precipitate (e.g., halide solution is mixed with silver nitrate):</i></p> <p>S: Um, what sort of ions in the solution.</p> <p>T: Oh, what sort of ions in the solution. What if this has not Cl^- but Br^- here, would there also be a precipitation?</p> <p>S: Yes.</p> <p>T: All right. If the solution was pure water -</p> <p>S: No, it wouldn't.</p> <p>PE-1, <i>experiment on the photoelectric effect:</i></p> <p>T: In the first experiment you found a discharge of a negative charge; how would that be now in the electrically positively charged case?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
	CV-2: Change in Variable expression	Change of a same variable in its expression	<p>Statements or features of the learning environment offer an argumentation about the change of a variable in its expression. An opportunity can be identified here if the following exemplary statements are theoretically conceivable and meaningful from the situation or arise directly: "Variable X triples"; "What does it mean for X if Y is only half as large?"</p> <p>Here, in contrast to category CV-1, the variable remains the same, only its size in relation to another variable varies. This also includes extreme cases, e.g. effects of a change of a variable X to its minimum or maximum value. It is therefore a process variable. The variable is here (in distinction to the idealization) still considered. In contrast to this the idealization in CV-4 is to be understood as an absolute value.</p>	<p>NL1-4, <i>change the amount of water used after experiment:</i> S: Hey miss, with this, two times the amount of water does that boil at exactly the same time?</p> <p>AU5-3: <i>Influence of change of mass of a body on the resulting path length with the same force to set the cart in motion:</i> T: What it weighs. All right, why would it the weight make a difference? Look, I can demonstrate that here. If I give this a little push, it just rolls along like so. T: If I put some weights on there and give the same little push it doesn't go quite as far, and the more weight I put on there the more force I'm going to exert to get it going, isn't it?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
	CV-3: Control of a Variable	Keeping a variable constant in its expression	<p>Statements or features of the learning environment offer an argumentation to control or hold a variable constant.</p> <p>An opportunity can be identified here, if statements from the following exemplary topics are theoretically conceivable and reasonable in the situation or appear directly: disturbing variables (e.g., disturbing ions), external influences (e.g., air pressure), ...</p> <p>Unlike in CV-1 and CV-2, the aim here is to keep a variable as constant as possible and not to change it.</p>	<p>NL1-5: <i>Experimental determination of boiling point of water resulted in over 100°C — position of thermometer as control variable:</i></p> <p>L: Because, in fact, I'm not only measuring the temperature of the water, but I'm also measuring the beaker temperature of the bottom of the beaker, right?</p>
	CV-4: Idealization	Statements to simplify or neglect an abstract quantity, variable, or relationship.	<p>Statements or features of the learning environment offer an argumentation about the simplification or neglect of a variable.</p> <p>Thus, an opportunity can be identified here when the following exemplary statements are theoretically conceivable and meaningful from the situation or arise directly: "What happens if we neglect variable Z? Suppose X is zero in our example".</p> <p>This here is in contrast to the minimization of a variable in CV-2 an absolute omission.</p>	<p>AU5-2-mod: <i>Omit the influence of air resistance on the timing of falling objects:</i></p> <p>T: Hm-/ Let's take a closer look. The stone takes 14 seconds to hit the ground.</p> <p>S: Yes.</p> <p>T: Well, what would happen if we didn't have air friction? Would-, uh, would the stone fall faster or slower then?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
Scope and limits of models and procedures	SL-1: Scope and limits of a used model	Instructions and statements that address the scope and limitations of a model being used	<p>Statements or features of the learning environment offer an argumentation about the scope and limits of a model used.</p> <p>Thus, an opportunity can be identified here when the following exemplary statements are theoretically conceivable and reasonable from the situation or arise directly: "Under which assumptions/conditions can we consider our model valid?" or "Which conclusions are not permissible with our used model?" Exemplary features of the learning environment in this sense would be "An observation cannot be explained with the available model"</p> <p>This category is closely related to the validity and limitations of procedures, but is distinguished by the fact that the opportunities from the procedures have a concrete practical origin, while models are to be understood as abstract representations with which one relates elements of phenomena and theories for a specific purpose.</p>	<p>Norm-1, 5°-approximation for the thread pendulum: T: What does it mean for the recording of our measured values if we can guarantee the validity of our formula only up to 5°?</p> <p>Norm-3, <i>limits of the Thompson atomic model according to Rutherford's scattering experiment</i>: T: So, now what? What conclusions do our results from the Rutherford's scattering test allow for statements from Thompson's raisin cake model? Do we need to, uh, make any changes?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
	SL-2: Scope and limits of a procedure	Instructions and statements that address the scope and limitations of a procedure used (e.g., a measurement)	<p>Statements or characteristics of the learning environment offer an argumentation about the scope and limits of a procedure used.</p> <p>Thus, an opportunity can be identified here when the following exemplary statements are theoretically conceivable and reasonable from the situation or arise directly: "Under what assumptions/conditions can we consider our measurement to be sufficient?ör "What difficulties or limitations were encountered in conducting the experiment?"This includes statements that are both general and specific to a situation (e.g., general deviation from the theory value or specific deviation from the theory value based on a specific measurement). Exemplary features of the learning environment in this sense would be: emergence of outlier values, deviation of measured values from literature values or expectations, failure to make an expected observation, general considerations about a procedure, e.g., the quality criteria of an experimental procedure.</p> <p>This category is closely related to the validity and limitations of models, but is distinguished by the fact that the opportunities from the procedures have a concrete practical origin (e.g., concrete measurement activity during an experiment), while models are to be understood as abstract representations with which one relates elements of phenomena and theories for a specific purpose.</p>	<p>CHE1-mod, <i>Detection of ammonium chloride (salmiac salt) in salmiac pastilles via pH paper:</i> T: Under what conditions is the method we used to detect ammonium chloride actually valid?</p> <p>NL1-2-mod, <i>general deviation from the theoretical value:</i> T: There is something wrong with our experiment. What could be the reason why something deviates from the theory?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
Representation Form	RF-1: Change of representation form	Instructions and statements that require the transition from one form of representation to another form of representation	<p>Statements or features of the learning environment offer an argumentation because the underlying evidence for clarifying a phenomenon lies in another form of representation (e.g., use of a particle model).</p> <p>Thus, an opportunity can be identified here when the following exemplary statements are theoretically conceivable and meaningful from a situation or arise directly: "How could these qualitative relationships be expressed quantitatively in a formula?", "What does this reaction behavior mean at the particle level?"</p> <p>This category is closely related to the category SL-1 <i>scope and limits of a model used</i>, but differentiates itself by explicitly focusing on the transition from one form of representation to another and not on a single abstract representation (= the model) itself.</p>	<p>US2-6-mod, <i>mass conservation and number of molecules when a match burns in a closed system</i>:</p> <p>T: Okay, the first time we weighed matches before burning, we weighed 3.4 g of matches. Now the scale reads 3.2 g?</p> <p>S: Yes, exactly.</p> <p>T: Hmm. What do you think happened at the molecular level? Does that mean that some molecules disappeared? I mean, 3.2 g is less than 3.4 g. Did anything change in the total number of molecules?</p>

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
Student conceptions	Con- SC-1: Preconceptions	Instruction and statements that address a learner's pre-conceptions and misconceptions that are expected of a teacher	Ad-hoc statements of students, which are to be judged as technically incorrect, offer an argumentation, regardless of whether the statement was made due to insufficient pre-concepts or (homemade) misconceptions. Thus, an opportunity can be identified here if any student statement from a situation is theoretically conceivable and relevant (!) for an argumentation or directly emerges as the beginning of an argumentation. Here it is to be emphasized again that it is particularly important what is assessed as an argumentation opportunity according to the previous knowledge and competences of the students as expectable and relevant by them. If this restriction of relevance did not exist, every statement of a learner to which one could answer with "Why?" would otherwise be a reason for argumentation in order to demand further evidence for the statement made before.	AU2-1, <i>color change of an indicator for metals (=red) and nonmetals (=blue) for the special case of amphoteric substances:</i> S: Have you got the um, (inaudible) purple. (inaudible). Put-put one of them in because red and blue makes purple so we'd get purple. PE-2, <i>experiment on the photoelectric effect:</i> S: If the slit was larger, more light would reach the aperture, resulting in a faster discharge.

Continued on the next page

Topic	Category	Definition	Coding rule	Anchor examples (Opportunity highlighted)
	SC-2: Intuition / Guessing	Instructions and statements that are more likely to be non-rational in nature	Ad-hoc statements of students, which are to be evaluated as technically correct or incorrect, offer an argumentation opportunity, if it is evident that the statements of students are rather intuitive in nature, i.e. casually said: The students guess an answer. However, this does not mean that every guess is an argumentation opportunity. Similar to SC-1, the question of the relevance of the argumentation (to be anticipated) arises here as well. Only in cases where previous knowledge or corresponding competencies can be expected (e.g. through previous treatment of the argumentation object), an initiation of an argumentation seems to make sense.	AU5-2, <i>discussion of the thesis "Bodies in motion continuously experience a force in the direction of motion."</i> : T: We were- Who's- who's in agreement on this that things that are moving have got to have a force behind them to keep them moving? Who thinks that's right? Don't be shy. T: It's okay to think that. All right, who disagrees? All the heretics put their hands up. Oh, this is good. I like the heretics. Murray? S: What? T: Why do you disagree? S: Because it just doesn't seem right.

End of table

C. Erprobung der vignettenbasierten Praxisaktivität durch Expert:innen

Dieser Teil des Anhangs dokumentiert das Expertenrating sowie den daraus resultierenden Expertenkonsens. Neben einer Übersicht über die im Rating verwendeten Vignetten, werden die Ergebnisse der Expert:innen aus einer Erprobung dargestellt sowie der Expertenkonsens aus zwei Interviews nach der Erprobung. Um die Auswahl der Vignetten vom Expertenrating bis hin zum Einsatz in der Erprobung mit Studierenden deutlicher zu machen, sind diese Vignetten in den folgenden Tabellen sowohl **hervorgehoben** als auch **unterstrichen**.

C.1. Übersicht über verwendete Vignetten

Siehe Tabelle auf der nächsten Seite.

Tabelle C1.: Übersicht über im Rating verwendete Vignetten

Vignette Code ^(a)	Art der Vignette ^(b)	Quelle ^(c)	Zeitmarke ^(d) (Rating - Version 1)	Zeitmarke (Rating - Version 2)	Bearbeitet von Expert:in
<u>AU5_K1</u>	Video	AU5 Force and Motion	00:14:22 – 00:18:04	00:14:22 – 00:17:06	1,2,3,4
AU5_K2	Video	AU5 Force and Motion	00:45:27 – 00:46:52	00:45:27 – 00:46:52	1,2,3,4
US2_K3	Video	US2 Polymers	00:22:33 – 00:28:12	00:26:03 – 00:28:12	1,2,3,4
AU4_K4	Video	AU4 Energy Transfer	00:02:46 – 00:06:00	00:02:46 – 00:04:00	1,2,3,4
<u>NL1_K5</u>	Text	NL1 Suspension and Emulsion	00:05:52 – 00:07:28	00:06:16 – 00:07:28	1,2,3,4
AU5_NV1	Video	AU5 Force and Motion	00:18:05 – 00:21:29	00:18:05 – 00:21:29	1
AU5_NV2	Video	AU5 Force and Motion	00:24:36 – 00:27:53	00:24:36 – 00:27:44	1,2
<u>US2_NV3</u>	Video	US2 Polymers	01:23:08 – 01:24:04	01:23:08 – 01:24:04	1,3,4

^(a) K1-K5 sind die Kernvignetten, die von allen bearbeitet wurden, NV1-3 bezeichnet die Nebenvignetten, die lediglich aus Zeitgründen nicht von allen Expert:innen bearbeitet wurden. Für die **hervorgehobenen 6** Vignetten, die von mindestens drei Expert:innen bearbeitet wurden, wurden Ergebnisse dargestellt und ein Konsens über die Argumentationsanlässe geschaffen. Die 3 Vignetten, die zusätzlich unterstrichen sind, wurden darüber hinaus in der späteren Erprobung mit den Studierenden eingesetzt.

^(b) Alle Vignetten sind Videovignetten mit Ausnahme von NL1_K5. Da der Unterricht in niederländischer Sprache gehalten wurde, wurde hier nur auf das englischsprachige Transkript zurückgegriffen.

^(c) Letzter Aufruf aller Webseiten: 18.10.24

^(d) Diese Spalte zeigt die Länge der Videoausschnitte des ersten Ratings. Um die Bearbeitungszeit im vorgesehenen Umfang zu halten, wurden die Vignetten 1, 3 und 5 in der zweiten Version gekürzt.

C.2. Antworten im Rating der Expert:innen (Zusammenfassung)

Tabelle C2.: Ergebnisse aus dem Einzelrating der Expert:innen

Vignette	Identifikation		Begründung	
	Anzahl Übereinstimmung identifizierter Anlässe (höchstens eine abweichende Expertenmeinung)	Anzahl identifizierte Anlässe (mind. 2 abweichende Expertenmeinungen)	Anzahl Übereinstimmung Kategorie im gleichen identifizierten Anlass (höchstens eine abweichende Expertenmeinung)	Anzahl Kategorien im gleichen identifizierten Anlass (mind. 2 abweichende Expertenmeinungen)
<u>AU5_K1</u>	4	1	3	7
<u>AU5_K2</u>	-	1	1	-
<u>US2_K3</u>	2	-	4	3
<u>AU4_K4</u>	-	1	1	-
<u>NL1_K5</u>	1	-	1	3
<u>US2_NV3</u>	2	-	2	7
Summe	9	3	12	20

C.3. Konsens der Expert:innen für die sechs ausgewählten Vignetten

Tabelle C3.1.: Konsens zur Vignette **AU5_K1**: Änderung von Kräften bei der Bewegung eines Wagens

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	14:38 – 14:52	<p>L: Let's just look at this one more time. Does this take a force to get it moving?</p> <p>S: Yes.</p> <p>S: Push.</p> <p>L: Does it take a force to stop it moving?</p> <p>S: Yes.</p> <p>L: What force was that?</p> <p>S: Friction.</p>	Ist eine Kraft nötig für eine Änderung vom Bewegungszu- stand?	S1, VK2

Fortsetzung auf nächster Seite

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
2	14:52 – 15:17	<p>L: Friction. Okay. Now what if there was no friction?</p> <p>S: It would just slide.</p> <p>S: It wouldn't stop.</p> <p>L: It would keep going?</p> <p>S: It would just keep on going.</p> <p>S: Yes, it would slide.</p> <p>L: Okay. Would- Diane, would you agree that after- after I'd given that a force, a shove like that, and I'm not touching it anymore, would you agree that I'm not applying any more force to it?</p> <p>S: Um, kind of. Yeah but no because-</p> <p>S: //Yes and no because it-</p> <p>S: //(inaudible) type force to it (inaudible) friction but (inaudible).</p> <p>L: Yeah but, I'm just talking about- what- it's sitting there.</p>	Vernachlässigung der Reibung I	VK4
3	15:20 – 15:29	<p>S: (You applied force before) and like it loses the force gradually, slowly as it's sliding across the table as it gets slower.</p> <p>L: Loses the force.</p> <p>S: Yeah, like- loses energy like-</p> <p>L: Well, energy is different from force, isn't it? We learned that earlier on. Okay. All right. Is- is- is there any force being applied to this by me at the moment?</p>	Kraft oder Energie?	S1

Fortsetzung auf nächster Seite

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
		L: Okay. Was there any other force stopping it other than friction? S: Yes. S: Mm hm. S: Gravity (inaudible).		
4	16:07 – 16:28	L: Well, um, gravity you say? Okay. Uh, which direction does gravity- gravity act in? S: Pull. S: Down. L: Down. Which direction is it moving? S: Across. S: Across. S: Horizontal. L: To stop something moving that way don't we need something acting that way rather than that way? S: Yes.	Einfluss Gravitation auf den (horizontalen) Bewegungsablauf	S1, VK4

Fortsetzung auf nächster Seite

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
5	16:37 – 16:49	<p>L: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?</p> <p>S: It just-</p> <p>L: No air resistance, no friction.</p> <p>S: It just-</p> <p>L: Who says it will keep moving? Any dissenters? Anyone disagree with that? Right. If it keeps moving, a number of you said it needs a force to be acting to keep it moving.</p>	Vernachlässigung der Reibung II	G1, VK4

Ende der Tabelle

Tabelle C3.2.: Konsens zur Vignette AU5_K2: Experimentelle Messwerte weichen teilweise voneinander ab

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	45:45 – 46:04	<p>L: Let me have a look and see what you've got here. Eight, 10, oh, these are quite low. Okay, but they're smaller than those, right?</p> <p>L: Should that be so? //Should be, should it? Do you really feel convinced about that?</p> <p>S: //Yep.</p> <p>S: Yes.</p>	Diskussion über Qualität der experimentellen Daten	G2

Tabelle C3.3.: Konsens zur Vignette US2_K3: Interpretation des Verhaltens bei Ausdehnung eines Polymers auf Teilchenebene

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	27:21 – 27:36	<p>S: And I ripped it too.</p> <p>L: This brings up a point. Jason's poor plumber's tape, he really got it really stretched out.</p> <p>S: But I (supported) my scientific thing.</p> <p>L: You- okay. You took it one step further. What do you think happened to these poor polymer chains? From what Jason did to them?</p>	<p>Interpretation des Gesehenen auf submikroskopischer Ebene je nach Ausrichtung der (Zug)Kraft</p>	G1, R1, VK2
2	27:52 – 27:57	<p>S: Okay, whenever you stretch the tape out do the chains get more compressed or do they just come closer together;</p> <p>S: or do they actually get more like- do they all get thinner?</p>	<p>Aussage eines Lernenden zum Verhalten auf Teilchenebene</p>	G1, R1, S1

Tabelle C3.4.: Konsens zur Vignette AU4_K4: Richtung der Wärmeübertragung

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	03:33 – 03:52	<p>L: Yeah, okay. Thanks. Okay, so, it's cold. If you lifted your foot up and you felt the tiles, what would you notice about the tiles where your foot was?</p> <p>S: It's made a print upon it.</p> <p>L: Yeah, what else?</p> <p>S: They've warmed //up (inaudible).</p> <p>L: //They've warmed up, haven't they? Where's that warmth come from? //Jack?</p> <p>S: //Our body temperature.</p>	Körpertemperatur / Fliesen- erwärmung (Erwärmt sich die Fliese?)	S2

Tabelle C3.5.: Konsens zur Vignette NL1_K5: Nachgespräch Siedepunktbestimmung von Wasser

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	06:37 – 07:06	<p>L: We are dealing with very slight deviations here, right. So in this case, we try to find an explanation for the deviation that we measure ourselves.</p> <p>L: There are substantial differences between you all individually. One had 98 degrees, the other had something over 100,</p> <p>S: One hundred and a half.</p> <p>L: But, apparently, the theory says that the boiling point of water is exactly 100, one hundred point zero degrees Celsius.</p> <p>L: Okay. Try to explain the deviation that you guys have found here. You are not allowed to write down 100 when you measure 98. Got that?</p>	<p>Abweichung Messwerte / Literaturwert (Die experimentelle Siedepunkt- bestimmung ergibt nicht den Literaturwert 100°C)</p>	G2, S1, VK4

Tabelle C3.6.: Konsens zur Vignette US2_NV3: Erhitzen und Verformen eines Polymers

Anlass Nr.	Zeitmarke	Transkript	Argumentationsanlass — kurze Beschreibung	Expertenkonsens Kategorie
1	01:23:11	L: Before heating you had point nine grams, after heating you had point six grams?	Masseverlust liegt an Unsicherheit des Messgerätes	G2
2	01:23:17	L: Hm. What happened when you- did some of the molecules go away? I mean point six is less than point nine and where-	Masseverlust liegt an veränderter Teilchenanzahl (Widerspruch Massenerhaltung)	G2, R1

D. Vignettenbasierte Praxisaktivität / Vignette-based Practice Activity

D.1. Deutsche Fassung

Die folgenden drei Teilkapitel stellen die Instruktionen und bereitgestellten Vignetteninformationen der vignettenbasierten Praxisaktivität aus der Studierendenerprobung genauer vor. Diese Praxisaktivität ist als digitale Lernumgebung mit *limesurvey* erstellt worden (siehe Screenshot, Abb. 8).

D.1.1 — Instruktionen in der Praxisaktivität

Tabelle D1.1.: Instruktionen der Praxisaktivität

Professionelle Wahrnehmung	Instruktion	Antwortmöglichkeit
Identifikation	1.) Erkennen Sie in dem gezeigten Ausschnitt einen oder mehrere Argumentationsanlässe?	Dichotome Antwort (ja / nein)
	2.) Wenn ja, notieren Sie bitte die Zeitmarken und die dazugehörigen identifizierten Argumentationsanlässe.	Freitext*
Beschreibung	3.) Beschreiben Sie den Argumentationsanlass.	Freitext
Erklärung	4.) Erklären Sie die strittige Situation und ordnen Sie diese einer Kategorie des Kategoriensystems zu.	Freitext und Wahl im Kategoriensystem
Vorhersage	5.) Formulieren Sie eine argumentationsförderliche Handlungsoption.	Freitext

* Es war möglich, mehr als einen Argumentationsanlass pro Vignette zu nennen.

D.1.2 — Übersicht über ausgewählte Vignetten 1–3

Vignette Nr. 1: Force and Motion (Code: AU5_K1)

Quelle: <https://www.timssvideo.com/au5-force-and-motion>

Art der Vignette: Video

Kontextinfo: Die Szene stammt aus dem Physikunterricht einer 8. Klasse aus Australien. Sie wurde im Rahmen der TIMSS-Studie aufgenommen. Sie befasst sich mit der Beziehung zwischen Kraft und Bewegung. In der Unterrichtsstunde sollen die Schüler:innen experimentell den Unterschied zwischen Gleit- und Haftreibung bestimmen.

Kurze Beschreibung des gezeigten Ausschnitts: Die ausgewählte Szene beginnt bei Minute 14 der Stunde, nachdem die Schüler:innen die ersten Zusammenhänge zwischen Kraft und gleichmäßiger bzw. beschleunigter Bewegung diskutiert haben. Die Szene zeigt, wie die Lehrkraft die Diskussion mit der Klasse fortführt.

Zeitmarke (Länge): 00:14:22 - 00:17:06 (2 min 44 sec)

Transkript (L = Lehrkraft, S = Schüler:in):

00:14:22 L: Um, one, two, okay, three, right-o. Okay, we'll come back to that a little bit more later on because we need to talk about forces and things moving. Okay?
00:14:38 L: Let's just look at this one more time. Does this take a force to get it moving?
00:14:44 S: Yes.
00:14:44 S: Yes.
00:14:45 S: Push.
00:14:46 L: Does it take a force to stop it moving?
00:14:49 S: Yes.
00:14:50 L: What force was that?
00:14:51 S: Friction.
00:14:52 L: Friction. Okay. Now what if there was no friction?
00:14:56 S: It would just slide.
00:14:57 S: It wouldn't stop.
00:14:58 L: It would keep going?
00:14:58 S: It would just keep on going.
00:14:59 S: Yes, it would slide.
00:15:00 L: Okay. Would- Diane, would you agree that after- after I'd given that a force, a shove like that, and I'm not touching it anymore, would you agree that I'm not applying any more force to it?
00:15:11 S: Um, kind of. Yeah but no because-
00:15:13 S: //Yes and no because it-

00:15:15 S: //(inaudible) type force to it (inaudible) friction but (inaudible).
00:15:17 L: Yeah but, I'm just talking about- what- it's sitting there.
00:15:20 S: (You applied force before) and like it loses the force gradually, slowly as it's sliding across the table as it gets slower.
00:15:26 L: Loses the force.
00:15:27 S: Yeah, like- loses energy like-
00:15:29 L: Well, energy is different from force, isn't it? We learned that earlier on. Okay. All right. Is- is- is there any force being applied to this by me at the moment?
00:15:40 S: No.
00:15:41 L: No. Is there now?
00:15:43 S: Yes.
00:15:44 L: All right. I'll just give it a short burst of force. Once it left contact with my hand, are we agreed that I was no longer exerting a force on it?
00:15:55 S: Yes.
00:15:56 L: Okay, but would you agree that the force of friction stopped it?
00:16:01 S: Yes.
00:16:02 L: Okay. Was there any other force stopping it other than friction?
00:16:07 S: Yes.
00:16:08 S: Mm hm.
00:16:08 S: Gravity (inaudible).
00:16:10 L: Well, um, gravity you say? Okay. Uh, which direction does gravity-gravity act in?
00:16:16 S: Pull.
00:16:16 S: Down.
00:16:17 L: Down. Which direction is it moving?
00:16:20 S: Across.
00:16:21 S: Across.
00:16:22 S: Horizontal.
00:16:24 L: To stop something moving that way don't we need something acting that way rather than that way?
00:16:28 S: Yes.
00:16:29 S: See-
00:16:30 S: Air pressure.
00:16:37 L: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?
00:16:47 S: It just-
00:16:48 L: No air resistance, no friction.
00:16:48 S: It just-
00:16:49 L: Who says it will keep moving? Any dissenters? Anyone disagree with that? Right. If it keeps moving, a number of you said it needs a force to be acting to keep it moving.

Vignette Nr. 2: Suspension and Emulsion (Code: NL1_K5)

Quelle: <https://www.timssvideo.com/nl1-suspension-and-emulsion>

Art der Vignette: Text

Kontextinfo: Der Textauszug stammt aus dem Chemieunterricht einer 8. Klasse aus den Niederlanden. Er wurde im Rahmen der TIMSS-Studie aufgezeichnet. Stundenthema ist die Unterscheidung zwischen Suspensionen und Emulsionen. Es handelt sich um die zweite Stunde in einer Folge von acht Stunden über die Eigenschaften von Wasser.

Kurze Beschreibung des gezeigten Ausschnitts: Der vorliegende Textauszug beginnt bei Minute 06:16 der Stunde. Er zeigt die Klassendiskussion zu Beginn der Stunde, die sich mit dem Experiment (Bestimmung des Siedepunktes von Wasser) aus der vorangegangenen Stunde beschäftigt. Im unmittelbar vorangegangenen Unterrichtsgeschehen ging es um die Genauigkeit einer Messung - allgemein und speziell auf das Experiment bezogen. In diesem Textausschnitt geht es nun um die Abweichung vom Literaturwert von Wasser (100 °C) einiger Gruppen bei der experimentellen Siedepunktbestimmung.

Zeitmarke (Länge): 00:06:16 - 00:07:28, (1/2 A4-Seite)

Transkript:

<p>00:06:16 L: If we measure something and the result is different from what we expected, then there's two things we can do.</p> <p>00:06:26 L: We can try to find an explanation for this deviation, or we can try- we can say, "That theory is completely wrong. I think it should be this and that."</p> <p>00:06:37 L: We are dealing with very slight deviations here, right. So in this case, we try to find an explanation for the deviation that we measure ourselves.</p> <p>00:06:46 L: There are substantial differences between you all individually. One had 98 degrees, the other had something over 100,</p> <p>00:06:52 S: One hundred and a half.</p> <p>00:06:56 L: But, apparently, the theory says that the boiling point of water is exactly 100, one hundred point zero degrees Celsius.</p> <p>00:07:04 L: Okay. Try to explain the deviation that you guys have found here. You are not allowed to write down 100 when you measure 98. Got that?</p> <p>00:07:12 L: Write down what you measure. Loraine?</p> <p>00:07:16 S: Can the (thermometer) be broken?</p> <p>00:07:18 L: It can be broken, that's right. And what exactly do you mean by broken?</p> <p>00:07:24 S: Because it doesn't reach to 100.</p> <p>00:07:28 L: Yes... but something I noticed about several thermometers, and I'm not sure if that applies to your thermometers.</p>

Vignette Nr. 3: Polymers (Code: US2_NV3)

Quelle: <https://www.timssvideo.com/us2-polymers>

Art der Vignette: Video

Kontextinfo: Die Szene stammt aus einer 8. Klasse im Chemieunterricht in den USA. Sie wurde im Rahmen der TIMSS-Studie aufgenommen. Sie befasst sich mit der Vernetzung von Polymerketten und wie sich diese unter verschiedenen äußeren Einflüssen (z. B. Temperatur oder mechanische Kraft) verändern. In der Stunde untersuchen die Schüler:innen diese Beziehungen experimentell.

Kurze Beschreibung der gezeigten Szene: Die ausgewählte Szene beginnt bei Minute 01:23:08 der Stunde. Sie zeigt die Auswertung in Partnerarbeit nach der Experimentierphase. In der vorangegangenen Experimentierphase wurde u. a. ein Polymer (genauer: ein Thermoplast) gewogen, in einem Ofen erhitzt, dabei verformt und anschließend erneut gewogen. In dieser Szene geht die Lehrkraft herum und überprüft die Dokumentation und die Ergebnisse der Schüler:innen.

Zeitmarke (Länge): 01:23:08 - 01:24:04 (circa 1 minute)

Transkript:

01:23:08 L: Okay. I have a question for you.
01:23:10 S: All right.
01:23:11 L: Before heating you had point nine grams, after heating you had point six grams?
01:23:15 S: Uh-huh.
01:23:17 L: Hm. What happened when you- did some of the molecules go away? I mean point six is less than point nine and where-
01:23:24 L: what happened to the molecules?
01:23:26 S: They reduced.
01:23:28 L: They reduced? Where did they go?
01:23:30 S: Uh, they melted?
01:23:32 L: Mm-hm, I don't know if they melted.
01:23:36 S: Disintegrated.
01:23:37 L: Disintegrated?
01:23:39 L: The characteristics before: this was thin, right?
01:23:42 L: Wasn't this //thin before?
01:23:43 S: //Yeah.
01:23:44 S: It's only a //physical change, not a chemical change.
01:23:45 L: //And flexible?
01:23:46 S: Yeah, and now it's thick and not very flexible.
01:23:48 L: It's not very flexible, but it's still thick. So do you still have the same amount of molecules in there?
01:23:53 S: Um, yes.
01:23:54 L: Yes. So what should these answers be?
01:23:57 S: The same?
01:23:58 L: Bingo!

D.1.3 — Screenshot der Praxisaktivität

Vignette Nr. 1: Force & Motion (00:14:22 - 00:17:06)


Vignetteninfo

Kontext: Die Szene stammt aus dem Physikunterricht einer 8. Klasse in Australien. Sie wurde im Rahmen der TIMSS-Studie aufgenommen. Sie behandelt den Zusammenhang von Kraft und Bewegung. In dem Unterricht sollen die SuS experimentell den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung ermitteln.

Kurzbeschreibung der Szene: Die ausgewählte Szene beginnt bei Minute 14 der Unterrichtseinheit, nachdem die SuS im Unterrichtsgespräch erste Zusammenhänge von Kraft und gleichförmiger bzw. beschleunigter Bewegung besprochen haben. Die Szene zeigt das weiterführende Gespräch der Lehrperson mit der Klasse.

Länge der Vignette: ca. 2,5 min

Videoausschnitt (00:14:22 - 00:17:06) Transkript



Video player interface showing a classroom scene. The video title is 'S-AU5 Force and Motion (TIMSS Video)'. There are 'Ansehen auf YouTube' and 'Teilen' buttons.

00:14:22 Um, one, two, okay, three, right-o. Okay, we'll come back to that a little bit more later on because we need to talk about forces and things moving. Okay?

00:14:38 Let's just look at this one more time. Does this take a force to get it moving?

00:14:44 Yes.

00:14:44 Yes.

00:14:45 Push.

00:14:46 Does it take a force to stop it moving?

00:14:49 Yes.

00:14:50 What force was that?

00:14:51 Friction.

00:14:52 Friction. Okay. Now what if there was no friction?

00:14:56 It would just slide.

00:14:57 It wouldn't stop.

00:14:58 It would keep going?

***Erkennen Sie in dem gezeigten Ausschnitt einen oder mehrere Argumentationsanlässe?**

Hinweis: Wenn Sie keine Argumentationsanlässe identifizieren konnten und mit **Nein** antworten, brauchen Sie die Folgeaufträge nicht mehr bearbeiten und können direkt zur nächsten Vignette übergehen.

Ja

Nein

Wenn ja, notieren Sie bitte die Zeitmarke(n) und die dazugehörigen identifizierten Aussage(n) im nachfolgenden Textfeld.

Hinweis: Sie können die relevante(n) Stelle(n) aus dem Transkript kopieren und hier einfügen.

[Hilfe](#)

Abbildung 8.: Screenshot der Praxisaktivität

D.2. English Version

The following three subsections present the instructions and vignette information provided for the vignette-based practice activity from the student trial in more detail. This practice activity was created as a digital learning environment with *limesurvey* (see Screenshot, Fig. 9).

D.2.1 — Instructions of the Practice Activity

Tabelle D2.1.: Overview of the vignette tasks

Professional Vision	Task	Response Type
Identification	1.) Answer the following question: Is there an argumentation opportunity in the vignette?	Dichotomous response (yes / no)
	2.) Provide the time marker and statement(s) of the identified opportunity.	Free text*
Description	3.) Describe the opportunity.	Free text
Explanation	4.) Explain the contentious situation and categorize the opportunity using the typology.	Free text and typology category selection(s)
Prediction	5.) Formulate an argumentative option for action.	Free text

* It was possible to name more than one opportunity per vignette

D.2.2 — Overview of used vignettes 1–3

Vignette No. 1: Force and Motion (Code: AU5_K1)

Source: <https://www.timssvideo.com/au5-force-and-motion>

Type: Video

Context Info: The scene is from an 8th grade physics class in Australia. It was recorded as part of the TIMSS study. It deals with the relationship between force and motion. In the lesson, the students are asked to experimentally determine the difference between static and dynamic friction.

Short Description of Situation: The selected scene begins at minute 14 of the lesson, after the students have discussed the first connections between force and uniform or accelerated movement. The scene shows the teacher continuing the discussion with the class.

Time Stamp (Length): 00:14:22 - 00:17:06 (2 min 44 sec)

Transcript (T = Teacher, S = Student):

00:14:22 T: Um, one, two, okay, three, right-o. Okay, we'll come back to that a little bit more later on because we need to talk about forces and things moving. Okay?
00:14:38 T: Let's just look at this one more time. Does this take a force to get it moving?
00:14:44 S: Yes.
00:14:44 S: Yes.
00:14:45 S: Push.
00:14:46 T: Does it take a force to stop it moving?
00:14:49 S: Yes.
00:14:50 T: What force was that?
00:14:51 S: Friction.
00:14:52 T: Friction. Okay. Now what if there was no friction?
00:14:56 S: It would just slide.
00:14:57 S: It wouldn't stop.
00:14:58 T: It would keep going?
00:14:58 S: It would just keep on going.
00:14:59 S: Yes, it would slide.
00:15:00 T: Okay. Would- Diane, would you agree that after- after I'd given that a force, a shove like that, and I'm not touching it anymore, would you agree that I'm not applying any more force to it?
00:15:11 S: Um, kind of. Yeah but no because-
00:15:13 S: //Yes and no because it-

00:15:15 S: //(inaudible) type force to it (inaudible) friction but (inaudible).
00:15:17 T: Yeah but, I'm just talking about- what- it's sitting there.
00:15:20 S: (You applied force before) and like it loses the force gradually, slowly as it's sliding across the table as it gets slower.
00:15:26 T: Loses the force.
00:15:27 S: Yeah, like- loses energy like-
00:15:29 T: Well, energy is different from force, isn't it? We learned that earlier on. Okay. All right. Is- is- is there any force being applied to this by me at the moment?
00:15:40 S: No.
00:15:41 T: No. Is there now?
00:15:43 S: Yes.
00:15:44 T: All right. I'll just give it a short burst of force. Once it left contact with my hand, are we agreed that I was no longer exerting a force on it?
00:15:55 S: Yes.
00:15:56 T: Okay, but would you agree that the force of friction stopped it?
00:16:01 S: Yes.
00:16:02 T: Okay. Was there any other force stopping it other than friction?
00:16:07 S: Yes.
00:16:08 S: Mm hm.
00:16:08 S: Gravity (inaudible).
00:16:10 T: Well, um, gravity you say? Okay. Uh, which direction does gravity-gravity act in?
00:16:16 S: Pull.
00:16:16 S: Down.
00:16:17 T: Down. Which direction is it moving?
00:16:20 S: Across.
00:16:21 S: Across.
00:16:22 S: Horizontal.
00:16:24 T: To stop something moving that way don't we need something acting that way rather than that way?
00:16:28 S: Yes.
00:16:29 S: See-
00:16:30 S: Air pressure.
00:16:37 T: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?
00:16:47 S: It just-
00:16:48 T: No air resistance, no friction.
00:16:48 S: It just-
00:16:49 T: Who says it will keep moving? Any dissenters? Anyone disagree with that? Right. If it keeps moving, a number of you said it needs a force to be acting to keep it moving.

Vignette No. 2: Suspension and Emulsion (Code: NL1_K5)

Source: <https://www.timssvideo.com/nl1-suspension-and-emulsion>

Type: Text

Context Info: The text excerpt is from an 8th grade chemistry class from the Netherlands. It was recorded as part of the TIMSS study. It deals with the distinction between suspensions and emulsions. It is the second lesson in a sequence of eight lessons on the properties of water.

Short Description of Situation: The selected text excerpt begins at minute 06:16 of the lesson. It shows the class discussion at the beginning of the lesson, which deals with the experiment (determination of the boiling point of water) of the previous lesson. The immediately preceding text excerpt dealt with the accuracy of a measurement - in general and specifically related to the experiment. This text excerpt now deals with the deviation from the literature value (100 °C) of some groups in the experimental boiling point determination of water.

Time Stamp (Length): 00:06:16 - 00:07:28, (1/2 page)

Transcript:

00:06:16 T: If we measure something and the result is different from what we expected, then there's two things we can do.
00:06:26 T: We can try to find an explanation for this deviation, or we can try- we can say, "That theory is completely wrong. I think it should be this and that."
00:06:37 T: We are dealing with very slight deviations here, right. So in this case, we try to find an explanation for the deviation that we measure ourselves.
00:06:46 T: There are substantial differences between you all individually. One had 98 degrees, the other had something over 100,
00:06:52 S: One hundred and a half.
00:06:56 T: But, apparently, the theory says that the boiling point of water is exactly 100, one hundred point zero degrees Celsius.
00:07:04 T: Okay. Try to explain the deviation that you guys have found here. You are not allowed to write down 100 when you measure 98. Got that?
00:07:12 T: Write down what you measure. Loraine?
00:07:16 S: Can the (thermometer) be broken?
00:07:18 T: It can be broken, that's right. And what exactly do you mean by broken?
00:07:24 S: Because it doesn't reach to 100.
00:07:28 T: Yes... but something I noticed about several thermometers, and I'm not sure if that applies to your thermometers.

Vignette No. 3: Polymers (Code: US2_NV3)

Source: <https://www.timssvideo.com/us2-polymers>

Type: Video

Context Info: The scene is from an 8th grade chemistry class in the USA. It was recorded as part of the TIMSS study. It deals with the cross-linking of polymer chains and how they change under various external influences (e.g. temperature or mechanical force). In the lesson, the students are asked to experimentally determine these relationships.

Short Description of Situation: The selected scene begins at minute 01:23:08 of the lesson. It shows the evaluation in partner work after the experimentation phase. In the previous experimentation phase, among other things, a polymer (more precisely: a thermoplastic) was weighed, heated in an oven where it was deformed, and then weighed again. In this scene, the teacher goes around and checks the documentation and results of the students.

Time Stamp (Length): 01:23:08 - 01:24:04 (circa 1 minute)

Transcript:

01:23:08 T: Okay. I have a question for you.
01:23:10 S: All right.
01:23:11 T: Before heating you had point nine grams, after heating you had point six grams?
01:23:15 S: Uh-huh.
01:23:17 T: Hm. What happened when you- did some of the molecules go away? I mean point six is less than point nine and where-
01:23:24 T: what happened to the molecules?
01:23:26 S: They reduced.
01:23:28 T: They reduced? Where did they go?
01:23:30 S: Uh, they melted?
01:23:32 T: Mm-hm, I don't know if they melted.
01:23:36 S: Disintegrated.
01:23:37 T: Disintegrated?
01:23:39 T: The characteristics before: this was thin, right?
01:23:42 T: Wasn't this //thin before?
01:23:43 S: //Yeah.
01:23:44 S: It's only a //physical change, not a chemical change.
01:23:45 T: //And flexible?
01:23:46 S: Yeah, and now it's thick and not very flexible.
01:23:48 T: It's not very flexible, but it's still thick. So do you still have the same amount of molecules in there?
01:23:53 S: Um, yes.
01:23:54 T: Yes. So what should these answers be?
01:23:57 S: The same?
01:23:58 T: Bingo!

D.2.3 — Screenshot of the Practice Activity

Vignette Nr. 1: Force & Motion (00:14:22 - 00:17:06)


Vignetteninfo

Kontext: Die Szene stammt aus dem Physikunterricht einer 8. Klasse in Australien. Sie wurde im Rahmen der TIMSS-Studie aufgenommen. Sie behandelt den Zusammenhang von Kraft und Bewegung. In dem Unterricht sollen die SuS experimentell den Unterschied zwischen Haft- und Gleitreibung ermitteln.

Kurzbeschreibung der Szene: Die ausgewählte Szene beginnt bei Minute 14 der Unterrichtseinheit, nachdem die SuS im Unterrichtsgespräch erste Zusammenhänge von Kraft und gleichförmiger bzw. beschleunigter Bewegung besprochen haben. Die Szene zeigt das weiterführende Gespräch der Lehrperson mit der Klasse.

Länge der Vignette: ca. 2,5 min

Videoausschnitt (00:14:22 - 00:17:06) Transkript



00:14:22 Um, one, two, okay, three, right-o. Okay, we'll come back to that a little bit more later on because we need to talk about forces and things moving. Okay?

00:14:38 Let's just look at this one more time. Does this take a force to get it moving?

00:14:44 Yes.

00:14:44 Yes.

00:14:45 Push.

00:14:46 Does it take a force to stop it moving?

00:14:49 Yes.

00:14:50 What force was that?

00:14:51 Friction.

00:14:52 Friction. Okay. Now what if there was no friction?

00:14:56 It would just slide.

00:14:57 It wouldn't stop.

00:14:58 It would keep going?

*Erkennen Sie in dem gezeigten Ausschnitt einen oder mehrere Argumentationsanlässe?

Hinweis: Wenn Sie keine Argumentationsanlässe identifizieren konnten und mit **Nein** antworten, brauchen Sie die Folgeaufträge nicht mehr bearbeiten und können direkt zur nächsten Vignette übergehen.

- Ja
- Nein

Wenn ja, notieren Sie bitte die Zeitmarke(n) und die dazugehörigen identifizierten Aussage(n) im nachfolgenden Textfeld.

Hinweis: Sie können die relevante(n) Stelle(n) aus dem Transkript kopieren und hier einfügen.

[Hilfe](#)

Figure 9.: Screenshot of the practice activity (in german)

E. Additional Material for the practice activity testing with students (Study 3)

E.1. Course Description as Intervention

The course overview is provided in Fig. 10. In the first two meetings, the PSTs were introduced with the main topics of the course, had tasks to engage with the categories and solve any misunderstandings. Additionally, they had the opportunity to recap on argumentation that they heard in their previous studies (e.g., rewatching the general [lecture on argumentation](#) from the HU Berlin Physics Education Department YouTube Channel) at home. This was the only preparation given before voluntarily participating in the Pre-Survey.

In the third meeting, they had a reading assignment to get more in-depth knowledge of one of the three topics, meet in expert groups and then share this knowledge in small presentation (think-pair-share). They could choose between the following papers (Tab. E1):

Tabelle E1.: Overview of Reading Assignment Studies

Professional Vision	Argumentation	Argumentation Opportunities
Barnhart and van Es (2015): Studying teacher noticing	Osborne (2010): Arguing to Learn in Science	Shakespeare (2003): Starting an argument in science lessons
Seidel and Stürmer (2014): Modelling and Measuring the Structure of Professional Vision	Osborne et al. (2004): Enhancing the quality of argument in school science	Walker et al. (2019): Facilitating Argumentation in the Laboratory
Wöhlke (2018, 2020): Conference Proceedings on the professional vision of physics teachers	Von Aufschnaiter & Prechtel (2018): Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht	Ludwig und Priemer (2017): Argumentieren beim Experimentieren

After this, the expert teams were mixed so that from each of the three reading assignment groups on expert is represented in the new founded groups. They then had the (guided) task over multiple meetings to design own text vignettes with argumentation opportunities from the category system that were based on situations from their own teaching experiences. The first author guided and moderated this process throughout by giving stronger guidance in the beginning, that faded away as the PSTs had more progress and confidence with it.

Before the 10th meeting, the students send the first author their vignettes and he embedded them in a digital learning environment, where each group had the task to notice and interpret the argumentation opportunities in the vignette of another group in the four-step model (identification, description, explanation and prediction). With this, each group gained PSTs' answers on their text vignette from a different group. This was used for a comparison of the groups sample solution on argumentation opportunities within the four steps (identification, description, explanation and prediction). The findings from this comparison were presented to the whole course in the 12th meeting. After this, they were asked a second time to voluntarily participate in the practice activity. The 13th session was used to document the findings from the own-trodden research process with text vignettes and argumentation opportunities, which was the foundation for a reflection on final 14th meeting.

Meeting	Content(s)	
1	Introduction, Short recap on Argumentation, Thematic Overview: Professional Vision and Argumentation Opportunities	
2	Introduction Category system of Argumentation Opportunities	
Pre- Intervention Assessment	Vignette-based practice activity	
3	Reading Assignment for Research Papers of the three topics: Professional Vision, Argumentation, Facilitation of Argumentation in Science Classroom; Preparation of ½ page summary for the next meeting	Intervention
4	Presentation of the paper and summary, Exchange in course group	
5	Own development of a video vignette based on a classroom sequence (together in plenary and in groups)	
6	Presenting and discussing the video vignettes the students have created and the opportunities they contain.	
7	Developing a text vignette based on the category system: Planning and first ideas	
8	Developing a text vignette based on the category system: Formulation reasoning steps professional vision of own opportunities, scripting	
9	Developing a text vignette based on the category system: transcript development, vignette information, completion of own text vignette	
10	Exchange of text vignettes between groups: Description of argumentation opportunities in the text vignette of another group. Feedback on the proposed solution (of opportunities) of the others group text vignette.	
11	Evaluation of the other groups work on the own text vignette	
12	Presentation and Discussion of text vignettes: Presentation of the revised vignettes (based on the results from the last course session), discussion of doubtful cases, etc.	
Post- Intervention Assessment	Vignette-based practice activity	
13	Documentation of own research activity	
14	Final meeting	

Figure 10.: Detailed Course Description as Intervention

E.2. Instructions for expert rating of argumentation opportunity quality

Tabelle E2.: Instructions for expert rating of argumentation opportunity quality

Professional Vision (Reasoning Step)	Instruction	Response Type	Rating Level
Description	1) Is a description available?	1) Dichotomous response (yes/no)	- Very good: Instructions 1–3 affirmed
	2) Does the description refer to the identified opportunity?	2) Dichotomous response (yes/no)	- Good: Instructions 1+2 affirmed, 3 answered with “Yes, partial fit”
	3) Does the description fit the identified opportunity in terms of the content?	3) Response Options: - Yes, clear fit - Yes, partial fit - No	- Medium: Instructions 1+2 affirmed, 3 negated - Low: Instruction 1 affirmed and Instruction 2 negated OR instruction 1 negated
Explanation	4) Please give a general assessment of the quality of the explanation.	4) Response Options (corresponding to the rating level): Very good quality, Good quality, Medium quality, Low quality	
Prediction	5) Please give a general assessment of the quality of the prediction.	5) Response Options (corresponding to the rating level): Very good quality, Good quality, Medium quality, Low quality	

E.3. Amount of identified opportunities and given categories per person

Tabelle E3.: Amount of identified opportunities and given categories per person, separated after vignette and survey time

Person	Vignette Force and Motion				Vignette Suspension & Emulsion				Vignette Polymers			
	Pre		Post		Pre		Post		Pre		Post	
	N_{Opp}	N_{Cat}	N_{Opp}	N_{Cat}	N_{Opp}	N_{Cat}	N_{Opp}	N_{Cat}	N_{Opp}	N_{Cat}	N_{Opp}	N_{Cat}
Dominique	1	1	1	1	0*	0	0*	0	1	1	1	1
Nelly	0*	0	2	3	1	1	1	1	1	2***	1	1
Malek	3	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2
Kasimir	5	4** (1f)	7	8***	3	1** (2f)	3	4	1	1	1	1
Bahar	1	4** (3f)	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
Hazel	4	4	3	3	1	1	1	1	1	1	2	2
Clara	4	5***	3	5** (1f)	1	1	0*	0	0*	0	2	2
Hannah	1	1	3	3	1	1	2	2	0*	0	3	3

* No opportunities identified, as existence of argumentation opportunities in the vignette denied in advance.

** Opportunity identified but no category of category system assigned

*** More than one category of category system assigned to opportunity

E.4. Recommendations for vignette use

Tabelle E4.: Recommendations for focusing the vignettes when using the category system with pre-service teachers

Vignette	Commonly identified opportunity	Suitable category for identification and explanation for deeper analysis
Force and Motion	T: Friction. Okay. Now what if there was no friction?	CV-4: Idealization of a variable
	T: Loses the force. S: Yeah, like- loses energy like- T: Well, energy is different from force, isn't it? We learned that earlier on.	SC-1: Preconceptions
	T: Resistance to air. Good. Okay, anyway, coming back to this argument. After I've set it in motion, let's say there was no air resistance and no friction. Got that?	CV-4: Idealization of a variable
Suspension and Emulsion	T: But, apparently, the theory says that the boiling point of water is exactly 100, one hundred point zero degrees Celsius. T: Okay. Try to explain the deviation that you guys have found here. You are not allowed to write down 100 when you measure 98. Got that?	SL-2: Scope and limits of an (experimental) procedure
	T: Before heating you had point nine grams, after heating you had point six grams? S: Uh-huh. T: Hm. What happened when you- did some of the molecules go away? I mean point six is less than point nine and where - what happened to the molecules?	RF-1: Change of representational form
Polymers	S: They reduced. T: They reduced? Where did they go? S: Uh, they melted? T: Mm-hm, I don't know if they melted. S: Disintegrated. T: Disintegrated?	SC-2: Intuition / Guessing*

* As a *false friend*, since it's commonly recognized but not a fruitful argumentation opportunity.

Abbildungsverzeichnis

1	Komponenten professioneller Kompetenz als Kontinuum (Blömeke et al., 2015)	11
2	Verortung der eigenen Forschungsarbeit in den drei relevanten Forschungsfeldern.	17
3	Übersicht über die eigene Forschungsarbeit im Sinne fachdidaktischer Entwicklungsforschung.	20
4	Schritte fachdidaktischer Entwicklungsforschung der Studien 2 und 3 (Studie 2: Schritte 1 und 2; Studie 3: Schritt 3).	21
5	Flowchart Diagram of the Paper Selection Process According to PRISMA (Moher et al., 2009)	39
6	Grouped Reasons for Results given by the Study Authors	46
7	Participants' most frequently achieved quality ratings in three reasoning steps of professional vision across all three vignettes after short instruction (pre-intervention assessment) and a nine-week intervention (post-intervention assessment).	92
8	Screenshot der Praxisaktivität	178
9	Screenshot of the practice activity (in german)	184
10	Detailed Course Description as Intervention	186

Tabellenverzeichnis

Professional Development Programs to Improve Science Teachers' Argumentation Skills – A Systematic Review (Studie 1)

1.1	Categories for classifying the research focus – Overview	34
1.2	Characteristics of the PDP Analyzed	36
1.3	Categories for the Results and Attributed Reasons	36
1.4	Criteria for Developing Search Terms	38
1.5	Databases and Search Terms	40
1.6	Interrater Reliability (Cohen's Kappa) for Each Category ($N = 11$)	41
1.7	Research Focus Characteristics of Included Studies*	42
1.8	PDP Characteristics of Included Studies*	44
1.9	Reported Change of Teacher Competence Based on PD and Direction of Change*	45

Professionelle Wahrnehmung von Argumentationsanlässen – Entwicklung Kategoriensystem und vignettenbasierte Praxisaktivität (Studie 2)

2.1	Im Beitrag dargestellte Stufen der fachdidaktischen Entwicklungsforschung; wesentliche Arbeitsschritte	63
2.2	Kategoriensystem zur Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht	65
2.3	Übersicht Operationalisierung und Adaption	69

Pre-Service Teachers' Professional Vision of Argumentation Opportunities in Their Analysis of Videotaped Science Classroom Episodes (Studie 3)

3.1	Category system of argumentation opportunities in the science classroom*	79
3.2	General description of the vignettes	81
3.3	Overview of the vignette tasks	82
3.4	Type of conducted data analysis for each research question	84
3.5	Number of identified opportunities per participant, vignette, and assessment	86
3.6	Examples of participants' description step responses	87
3.7	Participants' responses indicating their understanding of the category system categories	88
3.8	Responses indicating participants' misunderstanding of the category system categories	89

3.9	Participants' responses in the explanation step that were rated as <i>good</i> or <i>very good</i> (examples)	89
3.10	Responses that fit the subject matter but deviated from the identified situation (example)	90

Anhang

A1	Three examples of the categorization of argumentation competence using the category system of Rapanta et al. (2013)	137
A2	Countries where PDPs were enacted (alphabetical order). Note that the number here exceeds the total number of studies, since one PDP (Bayram-Jacobs et al., 2019) was implemented in four countries.	139
A3	Amount of published studies sorted by year	140
B1	Kategoriensystem zur Identifikation und Begründung von Argumentationsanlässen im Chemie- und Physikunterricht	143
B2	Typology of Argumentation Opportunities in the Science Classroom	153
C1	Übersicht über im Rating verwendete Vignetten	162
C2	Ergebnisse aus dem Einzelrating der Expert:innen	163
C3.1	Konsens zur Vignette AU5_K1	164
C3.2	Konsens zur Vignette AU5_K2	168
C3.3	Konsens zur Vignette US2_K3	169
C3.4	Konsens zur Vignette AU4_K4	170
C3.5	Konsens zur Vignette NL1_K5	171
C3.6	Konsens zur Vignette US2_NV3	172
D1.1	Instruktionen der Praxisaktivität	173
D2.1	Overview of the vignette tasks	179
E1	Overview of Reading Assignment Studies	185
E2	Instructions for expert rating of argumentation opportunity quality	187
E3	Amount of identified opportunities and given categories per person, separated after vignette and survey time	188
E4	Recommendations for focusing the vignettes when using the category system with pre-service teachers	189

Abkürzungen

ABI argument-based inquiry	31, 32, 59, 72
ADI Argument-Driven-Inquiry	31, 32, 59, 72
ASAC Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom Observation Protocol	65
CER claim-evidence-reasoning framework	30, 59, 72
CK <i>content knowledge</i>	7, 87, 93, 97
DiALoG <i>Diagnosing Argumentation Levels of Groups</i> assessment tool	15, 61, 80
IDEAS Ideas, Evidence and Argument in Science	31, 32
IST in-service teacher	78
PCK <i>pedagogical content knowledge</i>	7, 9, 26, 58, 79, 87, 93, 97, 99, 103, 106, 107, 110
PD professional development	26–29, 31–33, 35–37, 40, 47–50, 52, 53
PDP professional development program	26–38, 42–53, 78, 79
PK <i>pedagogical knowledge</i>	7
PRISMA Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses . . .	22, 33
PST pre-service teacher	78–82, 85, 87, 93, 96–100
RO Research Objectives	33
TAP Toulmin’s Argument Pattern	30, 59, 72
TIMSS Trends in International Mathematics and Science Study	22, 63, 70, 82

Danksagung

Diese Dissertation ist ein Produkt aus unzähligen Arbeitsstunden, an dem — direkt wie auch indirekt — viele Menschen ihren Anteil daran haben. Euch möchte ich mit dieser Seite meinen herzlichsten Dank aussprechen, auch wenn die paar verfügbaren Zeilen meiner Dankbarkeit euch gegenüber nur schwerlich gerecht werden können. Gleichzeitig lässt sich wohl ein gewisses Pathos nicht vermeiden, bitte seht es mir nach.

Zuerst möchte ich mich bei euch, Ilka und Burkhard, bedanken, dass ihr euch auf diese Forschungsarbeit und die gemeinsame Betreuung eingelassen habt. Ihr habt mir stets Interesse und Vertrauen in meine Arbeit entgegengebracht. Ilka, deine präzisen Rückmeldungen und sehr hilfreichen Rückfragen haben mir immer wieder Motivation und Orientierung gegeben, das Ziel dieser Forschungsarbeit nicht aus dem Blick zu verlieren. Burkhard, dir möchte ich dafür danken, dass du dir in unzähligen Beratungen, Kodierrunden und Kaffeepausen die Zeit nahmst, mich in meiner Forschungsarbeit zu beraten und zu stärken. Vielmehr danke ich dir aber dafür, dass du mir Zeit und Freiheiten gabst, mich — ganz im Sinne einer explorativen Forschung — im Feld der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung zurechtzufinden und ich nicht einfach ein vorgegebenes Thema nach einem bestimmten Schema abarbeiten musste. Durch diese Freiheiten hatte ich ein Arbeitsumfeld, dass ich stets zu schätzen gewusst habe und vermissen werde.

An diesem Umfeld haben auch meine Kolleg:innen ihren Anteil. Mein Dank geht raus an die gesamte Arbeitsgruppe der Physikdidaktik der HU Berlin. Tobias, vielen Dank dafür, dass du in der Anfangsphase der Dissertation stets eine offene Tür und ein offenes Ohr hattest sowie im Laufe der Jahre ein stetes Interesse an der weiteren Arbeit gezeigt hast. Karel, du *dude!* Es war mir eine Freude mit dir das Büro zu teilen. Und du hast es tatsächlich mit deinen ständigen Erinnerungen ans Schreiben meiner Diss geschafft, mich so zu nerven, dass diese Arbeit doch wirklich fertig geworden ist. Im Dank deiner Dissertation fragst du ungeeignet, wie ich es mit dir aushalten konnte, ich frage mich manchmal umgekehrt das gleiche: Ik denk dat we voor elkaar zijn gemaakt. Des Weiteren geht ein besonderer Dank an Nora. Du hast mich wahrscheinlich erst in die richtigen Bahnen gelenkt, überhaupt eine Promotion zu beginnen. Ich möchte meine Zeit bei dir im ProMINT-Kolleg wie auch das unzählige gemeinsame koreanische Essen nicht missen!

In diesem Zuge möchte ich allen an der Forschungsarbeit beteiligten Personen danken, seien es die anonymen Expert:innen aus der Bewertung und Erprobung des Kategorien-

Danksagung

systems, aus dem Rating der Studierendenantworten oder die Gutachter:innen der Studien. Hierzu zählt auch der erkenntnisreiche Austausch auf Tagungen und auf dem GDGP-Doktorierendenkolloquium.

Ein riesiger Dank gilt ebenso allen Teilnehmer:innen des Forschungsseminars, die sich dazu bereit erklärt haben, die Praxisaktivität zu erproben und an der Studie teilzunehmen. Insbesondere Konrad Nitz möchte ich für die tolle Zusammenarbeit und hervorragende Auswertung der argumentationsförderlichen Vorhersagen im Rahmen seiner Masterarbeit danken.

Ich nutze die Gelegenheit, meiner ganzen Familie und meinem Freundeskreis zu danken, die zum Teil als Pseudonyme in der dritten Studie herhalten durften. Auf euch ist in allen Lebenslagen Verlass und ihr habt mir immer wieder gezeigt, dass es neben der wissenschaftlichen Arbeit auch andere schöne Dinge zu sehen und zu erleben gibt. Finja, vielen lieben Dank für das sorgfältige Korrekturlesen dieser Arbeit!

Mama, Papa, euch danke ich für euer kontinuierliches Grundvertrauen mit dem richtigen Maß norddeutscher Gemütlichkeit, dass ich meinen *Weech* schon gehen werde. Dafür und für eure bedingungslose Unterstützung, nicht nur im Zuge der Dissertation, bin ich euch unendlich dankbar!

Jenni, nawet jeżeli się nasze drogi rozeszły, i każdy z nas idzie w swoją stronę, jestem szczęśliwy, że wspólnie tą drogę dzieliliśmy. Bez ciebie nie przyjął bym obecnej pracy, i nie zasmakował bym rodzinnego, wspólnego życia, nie mówiąc o mojej pracy doktorskiej, która zbliża się ku końcowi. Dziękuję bardzo, że przejęłaś część moich obowiązków i dzięki temu mogłem się skoncentrować nad moim doktoratem. Bardzo dziękuję za wszystkie piękne chwile.

Und Kasimir, vielleicht liest du ja irgendwann mal auch diese Seite. Dir möchte ich dieses Buch widmen. Deine Neugierde, Wissbegierde und zugleich fröhlich-quatschige Art lässt echt jede Forschungsarbeit in den Hintergrund treten. Das dicke Buch ist nun endlich fertig.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation — abgesehen von der Beratung durch meine Betreuer:innen — nach Inhalt und Form selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft entstanden.

Sie wurde weder im Ganzen noch in Teilen an einer anderen Stelle im Rahmen eines Promotionsverfahrens vorgelegt. Teile dieser Arbeit wurden bereits in Form von Zeitschriftenartikeln in *peer reviewed scientific journals* publiziert. Das betrifft die Review-Studie (Kapitel 4) und die Erprobung der vignettenbasierten Praxisaktivität mit Physik-Lehramtsstudierenden (Kapitel 6), die in dieser Dissertation präsentiert wurden. Der Datensatz aus dem Review wurde bereits an anderer Stelle als Forschungsdatensammlung veröffentlicht und entsprechend zitiert.

Ich versichere ferner, dass mir kein akademischer Grad entzogen wurde.

Ort, Datum

Raphael Weiß