Zeitschrift für Erziehungswissenschaft
https://doi.org/10.1007/s11618-026-01409-4

SCHWERPUNKT

Wie hängen das fachdidaktische Wissen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Naturwissenschaftslehrkräften mit ihrem selbst berichteten Unterrichtsangebot zusammen? Zur moderierenden Rolle wahrgenommener schulischer Kontext- und Prozessmerkmale

Oliver Tepner · Benjamin Münch · Victoria Telser · Arne Dittmer · Christina Ehras · Stefan Krauss · Knut Neumann · Stefan Sorge · Pia Todtenhöfer · Anja Schiepe-Tiska

Eingegangen: 7. Mai 2025 / Überarbeitet: 15. März 2026 / Angenommen: 29. März 2026
© The Author(s) 2026

Zusammenfassung Qualitätsvoller Unterricht erfordert fachdidaktisches Wissen (FDW) und motivationale Orientierungen. Weitgehend unklar ist, wie Facetten des FDW und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen mit zentralen Dimensionen des selbst berichteten Unterrichtsangebots (Adaptivität, konstruktive Unterstützung, Disziplin) zusammenhängen und wie schulische Kontext- und Prozessmerkmale (Autonomieerleben, Austausch und Koordination im Kollegium, vertrauensvolles Arbeitsklima) diese Beziehungen moderieren. Analysiert wurden 82 vollständige Datensätze der PISA-Ceco-Lehrkräftebefragung 2022 mittels linearer Regressionsmodelle mit Interaktionstermen. Die Ergebnisse zeigen konsistente Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogener Selbstwirksamkeit und allen drei Dimensionen des Unterrichtsangebots, während sich für FDW keine generellen direkten Effekte finden. Zugleich deuten die Befunde darauf hin, dass einzelne Zusammenhänge zwischen professionellen Merkmalen und Unterrichtsangebot von schulischen Kontext- und Prozessmerkmalen abhängen. Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung, professionelle Kompetenzfacetten und Arbeitsbedingungen gemeinsam zu betrachten.

Schlüsselwörter Fachdidaktisches Wissen · Selbstwirksamkeitserwartungen · Unterrichtsqualität · Kollegiale Kooperation · Autonomie

Ausführliche Informationen zu den Autoren befinden sich auf der letzten Seite dieses Artikels.

Published online: 18 June 2026

How are science teachers' pedagogical content knowledge and self-efficacy beliefs related to their self-reported teaching practices? The moderating role of perceived school context and process characteristics

Abstract High-quality instruction requires pedagogical content knowledge (PCK) and motivational orientations. It remains largely unclear how facets of PCK and science-related self-efficacy beliefs are associated with key dimensions of teachers' self-reported instructional practices (adaptivity, constructive support, classroom discipline) and how school contextual and process characteristics (experienced autonomy, collegial exchange and coordination, a trusting work climate) moderate these relationships. The analysis draws on 82 complete datasets from the PISA Ceco 2022 teacher survey, using linear regression models with interaction terms. The findings show consistent associations between science-related self-efficacy and all three dimensions of self-reported instructional practice, whereas PCK and its facets do not exhibit general direct effects. At the same time, the results indicate that some relationships between professional characteristics and self-reported instructional practices depend on school contextual and process factors. Overall, the findings highlight the importance of jointly considering professional competence facets and working conditions in science education research.

Keywords Pedagogical content knowledge · Self-efficacy beliefs · Instructional quality · Teacher collaboration · Autonomy

1 Einleitung

Die Gestaltung qualitätsvollen naturwissenschaftlichen Unterrichts setzt voraus, dass Lehrkräfte über mehrdimensionale professionelle Kompetenzen verfügen. Modelle professioneller Handlungskompetenz (Baumert und Kunter 2006; Blömeke et al. 2015) betonen, dass sowohl kognitive als auch motivationale Merkmale entscheidend für die qualitätsvolle Gestaltung von Lernumgebungen sind. Während globale Effekte von Professionswissen und motivationalen Orientierungen gut belegt sind (Ditton 2000; Helmke 2015), besteht bislang wenig Wissen darüber, welchen Beitrag verschiedene Facetten fachdidaktischen Wissens (FDW) und motivationale Orientierungen jeweils zur Erklärung des Unterrichtsangebots von Lehrkräften leisten – sowohl für Unterricht im Allgemeinen als auch spezifisch für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Leuchter et al. 2020; Sorge et al. 2026; Voss et al. 2013).

Im Zentrum dieses Beitrags stehen daher FDW sowie naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen als zentrale professionelle Merkmale von Lehrkräften. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung von FDW und Selbstwirksamkeitserwartungen in ein qualitätsvolles Unterrichtsangebot durch unterstützende Kontext- und Prozessmerkmale der Schule begünstigt wird (Burić und Kim 2020; Holzberger und Schiepe-Tiska 2021). Dazu gehören ein vertrauensvolles Arbeitsklima, Austausch und Koordination mit Kolleg:innen sowie die wahrgenommene Autonomie in Bezug auf das Unterrichten. Diese Merkmale lassen sich im Sinne der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993) als

relevante Arbeitsbedingungen verstehen, die zur Befriedigung der psychologischen Bedürfnisse nach sozialer Eingebundenheit und Autonomie beitragen. Nach Aelterman et al. (2019) führen Arbeitsbedingungen, welche die Befriedigung psychologischer Grundbedürfnisse von Lehrkräften unterstützen, zur Anwendung eines motivierenden Unterrichtsstils, während die Frustration der Bedürfnisse einen eher demotivierenden Stil zur Folge hat.

Vor diesem Hintergrund geht die Studie den Fragestellungen nach, wie mehrdimensionale Merkmale professioneller Handlungskompetenz – konkret FDW und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen – mit einem qualitätsvollen Unterrichtsangebot im naturwissenschaftlichen Unterricht (Adaptivität, konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer) zusammenhängen und inwieweit diese Zusammenhänge durch bedürfnisrelevante Arbeitsbedingungen (Autonomieerleben, Austausch und Koordination im Kollegium, vertrauensvolles Arbeitsklima) beeinflusst werden. Die Analysen beziehen sich dabei auf das von Lehrkräften selbst eingeschätzte Unterrichtsangebot und bilden zentrale Dimensionen von Unterrichtsqualität aus Lehrkraftperspektive ab.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 Professionelle Handlungskompetenz der Lehrkräfte

Die Gestaltung qualitätsvollen Unterrichts erfordert eine Kombination aus kognitiven und motivationalen professionellen Merkmalen bei Lehrkräften.

Im vorliegenden Beitrag werden Dimensionen professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften berücksichtigt, welche sich nach Baumert und Kunter (2006) in Überzeugungen/Werthaltungen, Motivationale Orientierungen, Selbstregulative Fähigkeiten und Professionswissen unterteilen lassen. Im Fokus stehen dabei das FDW sowie die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung als zentrale Komponenten professioneller Handlungskompetenz.

2.1.1 Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften

Das FDW stellt eine zentrale kognitive Komponente professioneller Handlungskompetenz dar. Eine international besonders in den Naturwissenschaften rezipierte, aktuelle Konzeptualisierung des fachdidaktischen Wissens wird durch das Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge (PCK) von Carlson et al. (2019) vorgeschlagen. Das Modell hebt die Bedeutung der praktischen Umsetzung fachdidaktischen Wissens bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht (enacted PCK) hervor. Grundlage hierfür ist das individuelle, persönliche PCK (personal PCK), das sowohl auf kollektivem, theoretischem PCK (collective PCK) als auch auf individuellen Lehrerfahrungen basiert. Dadurch werden kontextspezifische Aspekte, pädagogische und fachliche Kompetenzen sowie Kenntnisse über Lernende, Lehrpläne und Leistungserfassung berücksichtigt (Carlson et al. 2019).

Die Bedeutung des FDW für die Qualität von Unterricht ist im Grundsatz empirisch belegt (Anderson und Taner 2023; Baumert et al. 2010; Kunter et al. 2013).

Weniger geklärt ist jedoch, welche Rolle unterschiedliche kognitive Facetten des FDW für das Unterrichtsangebot von Lehrkräften spielen und in welchem Verhältnis diese zu motivationalen Orientierungen stehen (Leuchter et al. 2020; Sorge et al. 2026; Voss et al. 2013).

Im Fokus der vorliegenden Studie stehen drei spezifische kognitive Facetten des FDW: Das *Wissen über kognitive Schülerfehler und -schwierigkeiten (Skog)* umfasst Kenntnisse von Lehrkräften über fachtypische Schülerkognitionen, welche primär Ausdruck von Verständnisschwierigkeiten sind (Metcalfe 2017). Diese Kenntnisse ermöglichen eine gezielte Unterrichtsplanung, das Vorbereitet-Sein auf Verständnisfragen im Unterricht sowie adaptive Reaktionen auf Lernschwierigkeiten im Unterricht (Gropengießer und Marohn 2018; Krauss et al. 2008; Schecker et al. 2018). Die große Relevanz von Schülervorstellungen findet sich sowohl in theoretischen Konzeptionalisierungen als auch konkreten naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsprojekten wie KiL und ProwiN der letzten Jahre wider (Carlson et al. 2019; Pacaci et al. 2024; Shulman 1986; Sorge et al. 2019a; Tepner et al. 2012). Auch in drei aktuellen Metastudien zeigen sich allgemeine und individuelle Kenntnisse über Schülerinnen und Schüler als zentrale Merkmale professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Anderson und Taner 2023; Deng et al. 2025; Fukaya et al. 2025).

Das *Wissen über Erklären und Repräsentieren von Inhalten (E&R)* beschreibt die Fähigkeit von Lehrkräften, fachliche Inhalte über verschiedene Erklärungsansätze und Repräsentationsformen verständlich zu vermitteln (Shulman 1987). Zur Veranschaulichung und Erklärung können Beispiele, Visualisierungen oder – wie es in den Naturwissenschaften typisch ist – Modelle und Experimente eingesetzt werden (Sorge et al. 2019; Tepner und Dollny 2014). Zusammenhänge mit Unterrichtsqualität bzw. Schülerleistung finden sich in Bezug auf Erklärungen nur wenige, während es zur Wirkung von Modellen und Experimenten einige empirische Belege in den Naturwissenschaften gibt (Bartels et al. 2019; Förtsch et al. 2018; Reimer und Tepner 2025).

Eine weitere wichtige Facette ist das *Wissen über das Potenzial zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen (Pot).* Besonders im naturwissenschaftlichen Unterricht ist dieses Wissen zentral, da Schüler:innen durch den Einsatz naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und durch eine explizite Reflexion über das Wesen der Naturwissenschaften u. a. dazu befähigt werden sollen, am (öffentlichen) Diskurs über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungs- und Entscheidungsprozesse teilzunehmen (Osborne und Pimentel 2023). Auch das Gewinnen von Erkenntnissen mit fachtypischen Methoden ist zentral in den aktuellen Bildungsstandards für die Fächer Biologie, Chemie und Physik in Deutschland verortet und umfasst u. a. das Entwickeln von Experimenten und Modellen zum Testen von Hypothesen (KMK 2024a, b, c). Empirisch lässt sich anhand videobasierter Unterrichtsanalysen zeigen, dass Lehrkräftefort- oder -ausbildung zu Phasen der experimentellen Erkenntnisgewinnung mit der Qualität der unterrichtlichen Umsetzung entsprechender Lerngelegenheiten sowie der Schüler:innenleistung zusammenhängen (Anthofer 2017; Schmitt und Melle 2015). Zugleich weisen einzelne Befunde darauf hin, dass wissensbezogene und motivationale Merkmale von (angehenden) Lehrkräften empirisch nicht ohne Weiteres deckungsgleich sind. So fand Anthofer (2017) keine Zusammenhänge zwischen Selbstwirksamkeitserwartungen angehender Che-

mielehrkräfte und ihrem experimentell-fachdidaktischen Wissen. Dies unterstreicht, dass zur Beschreibung professioneller Kompetenz von Lehrkräften neben kognitiven auch motivationale Merkmale zu berücksichtigen sind.

2.1.2 Naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen

Da die professionelle Kompetenz von Lehrkräften als mehrdimensional konzipiert wird, spielen neben kognitiven Merkmalen auch motivationale Orientierungen eine zentrale Rolle für die Gestaltung qualitätsvollen Unterrichts. Selbstwirksamkeitserwartungen werden dabei als bedeutsamer Aspekt der motivationalen Orientierung von Lehrkräften angesehen, der eine qualitätsvolle Unterrichtsgestaltung beeinflussen kann (Florin 2020; Lazarides und Schiefele 2021; Milius et al. 2023; Täschner et al. 2023). Selbstwirksamkeitserwartungen beschreiben die „Überzeugung einer Person, über die Fähigkeiten und Mittel zu verfügen, um diejenigen Handlungen durchführen zu können, die notwendig sind, um ein definiertes Ziel zu erreichen – und zwar auch dann, wenn Barrieren zu überwinden sind“ (Baumert und Kunter 2006, S. 502). Aus Perspektive der sozial-kognitiven Theorie (Bandura 1986, 1997) ist anzunehmen, dass hohe Selbstwirksamkeitserwartungen die Bereitschaft fördern, sich auf anspruchsvolle Aufgaben einzulassen, Ziele zu setzen, Anstrengung zu investieren und auch bei Schwierigkeiten an deren Umsetzung festzuhalten. Auf den Lehrberuf übertragen bedeutet dies, dass Lehrkräfte mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen Unterrichtsanforderungen eher als bewältigbar einschätzen und eher in der Lage sind, ihr Handeln zielgerichtet auf die Gestaltung qualitativ hochwertigen Unterrichts auszurichten (Schunk und DiBenedetto 2020; Tschannen-Moran et al. 1998). Aktuelle Reviewbefunde unterstreichen zudem die Relevanz motivationaler Merkmale von Lehrkräften für ihr Unterrichtsverhalten, verweisen jedoch zugleich darauf, dass die zugrunde liegenden Prozesse und Bedingungen ihres Wirkens noch nicht hinreichend geklärt sind (Lazarides et al. 2025).

In Bezug auf Lehrkräfte lassen sich domänenspezifische Selbstwirksamkeitserwartungen – etwa im naturwissenschaftlichen Unterricht – von allgemeineren pädagogischen Selbstwirksamkeitserwartungen unterscheiden (Rabe et al. 2012). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung als zentrales Merkmal professioneller Kompetenz betrachtet. Sie umfasst die Überzeugung, naturwissenschaftliche Inhalte effektiv und wirksam unterrichten zu können (Milius et al. 2023).

2.2 Subjektiv wahrgenommene schulische Kontext- und Prozessmerkmale als bedürfnisrelevante Bedingungen des naturwissenschaftlichen Unterrichtsangebots von Lehrkräften

Neben kognitiven und motivationalen Merkmalen professioneller Handlungskompetenz sind auch schulische Kontext- und Prozessmerkmale als relevante Bedingungen des Unterrichtsangebots von Lehrkräften zu berücksichtigen. Aus Perspektive der Schuleffektivitätsforschung wird angenommen, dass Unterricht nicht ausschließlich durch Merkmale einzelner Lehrkräfte bestimmt wird, sondern auch durch schulische Rahmenbedingungen geprägt ist, unter denen Lehrkräfte arbeiten (Scheerens

2016). Dazu zählen insbesondere Merkmale der Schulleitung, der Zusammenarbeit im Kollegium und des Schulklimas (Hallinger 2018; Kuger und Klieme 2016; Vangrieken et al. 2015). Frühere Befunde weisen darauf hin, dass solche schulischen Prozessmerkmale mit Aspekten des Unterrichtsangebots zusammenhängen und Unterschiede zwischen Schulen mit erklären können. Dabei erwiesen sich insbesondere die Wahrnehmungen der Lehrkräfte als bedeutsam (Holzberger und Schiepe-Tiska 2021).

Für die theoretische Einordnung dieser Bedingungen erscheint die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993) anschlussfähig. Die Theorie geht davon aus, dass die Befriedigung der psychologischen Grundbedürfnisse nach Autonomie, Kompetenz und sozialer Eingebundenheit eine zentrale Voraussetzung für Motivation, Wohlbefinden und engagiertes Handeln darstellt. Während diese Annahmen im Bildungskontext bislang vor allem für Schüler:innen untersucht wurden (Deci und Ryan 1993; Hagenauer und Raufelder 2020), wird zunehmend auch für Lehrkräfte argumentiert, dass bedürfnisunterstützende Arbeitskontexte ihre berufliche Motivation, ihr Wohlbefinden und ihre Unterrichtspraxis fördern können (Aelterman et al. 2019; Burić und Kim 2020; Korthagen und Evelein 2016; Moè und Katz 2020, 2022). Für die vorliegende Studie ist dabei insbesondere relevant, dass schulische Arbeitsbedingungen nicht nur in direktem Zusammenhang mit dem Unterrichtsangebot stehen können, sondern auch mit beeinflussen dürften, inwieweit professionelles Wissen und Selbstwirksamkeitserwartungen im Unterricht wirksam werden.

Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang das Erleben von Autonomie und sozialer Eingebundenheit. *Autonomieerleben* bezeichnet das Empfinden, eigene Entscheidungen selbstbestimmt treffen und Handlungen entsprechend den eigenen Werten und Interessen gestalten zu können. Im Lehrberuf bedeutet Autonomie, pädagogische Freiräume nutzen zu können und nicht ausschließlich fremdbestimmten Vorgaben zu unterliegen (Martinek 2012). Sie kann sich sowohl auf didaktische als auch allgemeinpädagogische/erzieherische Aspekte beziehen. Aus Perspektive der Selbstbestimmungstheorie ist anzunehmen, dass die Befriedigung des Bedürfnisses nach Autonomie motivationsförderliches berufliches Handeln begünstigt. Dazu passend zeigen metaanalytische Befunde, dass die autonome Motivation von Lehrkräften positiv mit unterstützenden Unterrichtsstilen bzw. motivationsförderlichem Unterrichtsverhalten zusammenhängt (Slemp et al. 2020). Ein aktuelles Review weist zudem darauf hin, dass Unterrichtsverhalten eine vermittelnde Rolle im Zusammenhang zwischen der autonomen Motivation von Lehrkräften und der autonomen Motivation von Schüler:innen einnehmen kann, wenngleich die zugrunde liegenden Befunde bislang überwiegend aus querschnittlichen Studien stammen (Bardach und Klassen 2021).

Soziale Eingebundenheit beschreibt das Bedürfnis, sich im schulischen Kontext zugehörig, anerkannt und wertgeschätzt zu fühlen. Für Lehrkräfte betrifft dies insbesondere die Beziehungen zu Kolleg:innen, zur Schulleitung sowie das allgemeine Schulklima (Ittner et al. 2019; Solzbacher et al. 2014). Positive Beziehungen zu Kolleg:innen und Schulleitung stehen zudem mit der Gesundheit von Lehrkräften und ihrer Offenheit für Bildungsinnovationen in Zusammenhang (Ittner et al. 2019; Klusmann und Waschke 2018). Ein vertrauensvolles Schulklima sowie Möglichkeiten zum Austausch und zur Koordination im Kollegium können daher als bedürfnisre-

levante Bedingungen verstanden werden, die professionelles Handeln unterstützen. Dass Zusammenarbeit, Unterstützung durch die Schulleitung und Merkmale des Schulklimas mit Aspekten des Unterrichtsangebots zusammenhängen, wird auch durch frühere Studien und Reviews nahegelegt (Goddard et al. 2007; Hallinger 2018; Holzberger und Schiepe-Tiska 2021; Ronfeldt et al. 2015; Vangrieken et al. 2015; Warwas und Helm 2018).

Anknüpfend an diese Überlegungen werden *vertrauensvolles Arbeitsklima, Austausch und Koordination mit Kolleg:innen* sowie *wahrgenommene Autonomie* in Bezug auf das Unterrichten in der vorliegenden Studie als bedürfnisrelevante schulische Kontextbedingungen aufgefasst. Diese Bedingungen können dazu beitragen, dass FDW und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen in einem von den Lehrkräften als qualitätsvoll eingeschätzten Unterrichtsangebot wirksam werden.

2.3 Adaptivität, konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer als Dimensionen des naturwissenschaftlichen Unterrichtsangebots

Unterrichtsqualität lässt sich nach Klieme et al. (2006) als „jegliches Merkmal der Lernumgebung, das dazu beitragen könnte, intensivierte Lernzeit möglichst effizient zu nutzen“ (Klieme et al. 2006, S. 127) auffassen. In der Unterrichtsforschung wurden hierfür unterschiedliche Rahmenmodelle vorgeschlagen, darunter insbesondere die drei Basisdimensionen kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung (Klieme et al. 2006; Praetorius et al. 2018). Darüber hinaus liegt mit dem Syntheseframework von Praetorius und Charalambous (2018) ein integratives Modell vor, das generische und fachspezifisch hybride Dimensionen von Unterrichtsqualität systematisch zusammenführt. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht erscheint dieses Framework grundsätzlich anschlussfähig. So zeigen Praetorius et al. (2020a) für die Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum insgesamt eine hohe Übereinstimmung mit dem Syntheseframework, weisen für die Naturwissenschaften jedoch zugleich darauf hin, dass die Fachspezifität von Unterrichtsqualität dadurch nicht vollständig abgebildet wird und auf Ebene einzelner Subdimensionen Ergänzungen erforderlich sind. Auch Kleickmann et al. (2020) gehen für den naturwissenschaftlichen Unterricht von der grundsätzlichen Relevanz der drei Basisdimensionen aus, identifizieren mit kognitiver Unterstützung jedoch zugleich eine weitere lernerfolgsrelevante Dimension. Zugleich wird darauf hingewiesen, dass Unterrichtsqualität – insbesondere in groß angelegten Schulleistungsstudien wie PISA – auch sparsamer modelliert werden kann, wenn der Fokus auf ausgewählten, theoretisch zentralen und empirisch belastbaren Dimensionen liegt (Praetorius et al. 2020a). Für die vorliegende Studie wird daher auf drei Dimensionen des von Lehrkräften selbst eingeschätzten Unterrichtsangebots fokussiert: Adaptivität, konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer.

Die Fähigkeit, Unterricht u. a. an die kognitiven und motivationalen Lernvoraussetzungen der Schüler:innen anzupassen, gilt als wesentliches Merkmal qualitätsvollen Unterrichts (Hardy et al. 2019; Lazarides und Schiepe-Tiska 2022). Unter Adaptation des Unterrichts (*Adaptivität*) kann einerseits die spontane Anpassung des Handelns einer Lehrkraft auf die Bedürfnisse ihrer Schülerinnen und Schüler

auf Basis ihrer direkten oder indirekten Rückmeldungen verstanden werden (Corno 2008). Andererseits kann zwischen Adaptivität in der Handlung und in der Planung unterschieden werden, sodass adaptiv handelnde Lehrkräfte ihren Unterricht bereits in der Planungsphase entsprechend auf die Bedürfnisse ihrer Schülerinnen und Schüler abstimmen können (Beck et al. 2008). Die konzeptuelle Verortung von Adaptivität innerhalb der Unterrichtsqualitätsforschung ist bislang nicht abschließend geklärt. So wird diskutiert, in welchem Verhältnis Adaptivität zu etablierten Qualitätsdimensionen des Unterrichts steht und ob sie eher als eigenständige Dimension oder als querschnittliches Merkmal qualitätsvollen Unterrichts zu verstehen ist (Dumont 2019; Dumont et al. 2024). Im Syntheseframework wird sie der Dimension Unterstützung des Lernens aller Schüler:innen zugeordnet (Praetorius et al. 2020). Gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht kann Adaptivität dabei auch bedeuten, fachtypische Lerngelegenheiten, Erklärungen oder experimentelle Zugänge an unterschiedliche kognitive und motivationale Lernvoraussetzungen der Schüler:innen anzupassen (Kleickmann et al. 2020).

Die Dimension *Konstruktive Unterstützung* umfasst unterstützende Formen der Rückmeldung und Begleitung von Lernprozessen durch die Lehrkraft. Feedback kann dabei als ein zentraler Aspekt instruktionaler Unterstützung verstanden werden (Pianta und Hamre 2009). Es bezeichnet Informationen, die Lehrkräfte über den Lernfortschritt und die Leistung von Schüler:innen geben und die darauf abzielen, die Diskrepanz zwischen intendierten Lernzielen und dem bisher Erreichten zu verringern (Hattie und Timperley 2007). Gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem Lernprozesse häufig durch fachtypische Denk- und Arbeitsweisen, das Erklären von Phänomenen und das Auswerten von Beobachtungen geprägt sind, erscheint eine solche feedbackbezogene Unterstützung bedeutsam. Feedbackbezogene Unterstützung gilt als lernrelevant für Schüler:innen, da Rückmeldungen zu Leistung und Lernfortschritt sowohl mit höherem Lernerfolg als auch mit motivationalen Vorteilen in Verbindung gebracht werden (Hattie 2008; Rakoczy et al. 2008; Scheerens und Bosker 1997).

Eine weitere zentrale Dimension des Unterrichtsangebots betrifft die *Disziplin im Klassenzimmer*. Sie stellt einen Teilaspekt der Dimension Klassenführung dar, die in der Unterrichtsforschung als zentrale Voraussetzung lernwirksamen Unterrichts gilt (Klieme et al. 2006; Praetorius et al. 2020a). Klassenführung umfasst neben einem zeitnahen und konstruktiven Umgang mit Unruhe und Störungen auch Aspekte der zeitlichen Strukturierung einer Stunde, inkl. Gewährleistung der Sicherheit (Praetorius et al. 2020a). Gerade im naturwissenschaftlichen Unterricht erscheint dieser Aspekt bedeutsam, da strukturierte und störungsarme Lernumgebungen eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung fachtypischer Lerngelegenheiten wie Beobachten, Experimentieren und Auswerten darstellen. Es ist anzunehmen, dass die im Allgemeinen als generisch aufgefasste Dimension Klassenführung in den Naturwissenschaften, in denen der Umgang mit elektrischen Geräten und Gefahrstoffen stattfindet, nicht unter allen Subdimensionen des Konstrukts exakt dasselbe darstellt wie in anderen Fächern (Reusser und Pauli 2021).

2.4 Zusammenhänge mehrdimensionaler Kompetenzfacetten von Lehrkräften mit dem Unterrichtsangebot in den Naturwissenschaften und die Rolle schulischer Kontextbedingungen

Während von einer grundsätzlichen Bedeutung des FDW für qualitätsvollen Naturwissenschaftsunterricht ausgegangen werden kann, sind Zusammenhänge zwischen dem FDW (angehender) Lehrkräfte und ihrem Unterrichtsangebot nur in wenigen Forschungsarbeiten und Teilaspekten des FDW nachweisbar (Cauet 2015; Leuchter et al. 2020). Zudem scheinen diese fachspezifisch zu sein. So sind für das Fach Physik im Projekt ProwiN keine Zusammenhänge zwischen Professionswissen und der inhaltlichen Strukturierung der Physikstunden nachzuweisen, während im Fach Chemie ein Zusammenhang des fachdidaktischen Wissens mit der Klarheit und Strukturiertheit einer Unterrichtsstunde zu finden ist (Liepertz und Borowski 2019; Strübe 2021). Für das Fach Physik lässt sich ein Mediationseffekt einer kognitiv aktivierenden Unterrichtsgestaltung zwischen fachdidaktischem Wissen und Lernleistung von Schüler:innen nachweisen (Keller et al. 2017).

Auch für Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften liegen Hinweise auf Zusammenhänge mit dem Unterrichtsangebot vor, wenngleich die Befundlage nicht in allen Bereichen konsistent ist. Studien mit Lehrkräften verschiedener Fächer berichten positive Zusammenhänge zwischen Selbstwirksamkeitserwartungen und unterschiedlichen Aspekten von Unterrichtsqualität, insbesondere mit Klassenführung und kognitiver Aktivierung (Burić und Kim 2020; Holzberger und Prestele 2021; Künsting et al. 2016; Tschannen-Moran und Hoy 2001). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht liegen bislang deutlich weniger spezifische Befunde vor. Milius et al. (2023) zeigen für eine Stichprobe von Biologielehrkräften positive Zusammenhänge zwischen allgemeinen und domänenspezifischen Selbstwirksamkeitserwartungen und dem selbsteingeschätzten Unterrichtsangebot von Lehrkräften. Dabei hingen allgemeine Selbstwirksamkeitserwartungen eher mit allgemeinen Aspekten der Unterrichtsqualität wie einem lernförderlichen Unterrichtsklima zusammen, wohingegen domänenspezifische Selbstwirksamkeitserwartungen eher mit höherer fachspezifischer kognitiver Aktivierung einhergingen. Zugleich legen neuere Arbeiten nahe, dass der Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Unterrichtsqualität nicht unabhängig von der Erhebungsperspektive interpretiert werden kann. So zeigen Jerrim et al. (2025) auf Basis der TALIS Video Study für den Mathematikunterricht, dass sich Zusammenhänge insbesondere dann finden, wenn Unterrichtsqualität aus Lehrkraftperspektive erfasst wird, während sie bei externen Beobachtungsmaßen deutlich schwächer ausfallen.

Zur Wirkung schulischer Kontext- und Prozessbedingungen auf die Qualität des Unterrichtsangebots weisen bisherige Studien darauf hin, dass Unterschiede im Unterrichtsangebot nicht nur zwischen Lehrkräften, sondern in begrenztem Maße auch zwischen Schulen bestehen und teilweise mit schulischen Merkmalen zusammenhängen. So zeigen zum Beispiel Holzberger und Schiepe-Tiska (2021) differenzielle Zusammenhänge zwischen schulischen Prozessmerkmalen und einzelnen Aspekten des Unterrichtsangebots: Austausch und Kooperation mit Kolleg:innen standen in positivem Zusammenhang mit feedbackbezogenen Aspekten des Unterrichtsangebots, während die wahrgenommene Unterstützung durch die Schulleitung mit bes-

serer Disziplin im Klassenzimmer zusammenhing. Diese Befunde sprechen dafür, schulische Kontext- und Prozessbedingungen nicht nur als Hintergrundmerkmale, sondern als relevante Bedingungen für die Ausgestaltung des Unterrichtsangebots zu betrachten.

Darüber hinaus legen theoretische Ansätze aus der Arbeits- und Organisationspsychologie nahe, dass das Zusammenspiel personaler und kontextueller Merkmale für berufliches Handeln entscheidend sein kann (Latham und Pinder 2005). Übertragen auf den schulischen Kontext bedeutet dies, dass sich professionelle Merkmale von Lehrkräften, etwa Selbstwirksamkeitserwartungen, nicht unter allen schulischen Bedingungen gleichermaßen in qualitätsvolles Unterrichtsangebot übersetzen müssen. Vielmehr ist anzunehmen, dass förderliche schulische Bedingungen dazu beitragen, dass professionelle Ressourcen stärker wirksam werden, während ungünstige Bedingungen ihre unterrichtliche Entfaltung erschweren können. Auch Holzberger et al. (2013) weisen in Anlehnung an die Selbstbestimmungstheorie darauf hin, dass schulische Kontextbedingungen die Wirksamkeit personaler Ressourcen moderieren können. So zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen hoher Selbstwirksamkeit und einer positiven Lehrer-Schüler-Beziehung als Aspekt von Unterrichtsqualität nur dann, wenn Lehrkräfte ihr schulisches Umfeld als unterstützend in Bezug auf psychologische Grundbedürfnisse wahrnahmen. In ähnlicher Weise zeigen Holzberger und Prestele (2021) für Lehrkräfte verschiedener Fächer auf Basis österreichischer TALIS-2018-Daten, dass schulische Kontextmerkmale die Zusammenhänge zwischen individueller Selbstwirksamkeit und dem selbst berichteten Unterrichtsangebot mit beeinflussen können: Für Klassenführung fanden sie sowohl einen Kontexteffekt schulischer Selbstwirksamkeit als auch einen moderierenden Effekt von Kooperation im Kollegium.

Insgesamt deuten bisherige Befunde darauf hin, dass sowohl fachdidaktisches Wissen als auch Selbstwirksamkeitserwartungen mit Aspekten des Unterrichtsangebots zusammenhängen können. Die Befundlage ist jedoch begrenzt: Für den naturwissenschaftlichen Unterricht liegen deutlich weniger Studien vor als für andere Fächer, insbesondere Mathematik. Zudem wurden unterschiedliche Facetten des fachdidaktischen Wissens bislang nur selten in ihrem differenziellen Zusammenhang mit einzelnen Aspekten des Unterrichtsangebots untersucht. Während zu konstruktiver Unterstützung bzw. feedbackbezogenen Aspekten und zu Klassenführung bzw. Disziplin bereits erste Befunde vorliegen, wurde Adaptivität bislang deutlich seltener untersucht. Schließlich gibt es zwar erste Hinweise darauf, dass schulische Kontext- und Prozessbedingungen die Zusammenhänge zwischen Selbstwirksamkeitserwartungen und Unterrichtsangebot mit beeinflussen können, für fachdidaktisches Wissen wurde dies bislang kaum geprüft. Hier setzt die vorliegende Studie an.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Vor dem Hintergrund des theoretischen Rahmens und der bisherigen Befundlage untersucht die Studie folgende Forschungsfragen:

F1 Wie hängen fachdidaktisches Wissen sowie dessen einzelne Wissensfacetten und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften mit ihrem selbst berichteten Unterrichtsangebot in Bezug auf *Adaptivität, Konstruktive Unterstützung* sowie *Disziplin im Klassenzimmer* zusammen?

H1a Höheres fachdidaktisches Wissen von Naturwissenschaftslehrkräften geht positiv mit einem qualitätsvolleren selbst berichteten Unterrichtsangebot einher. Für die einzelnen Wissensfacetten werden die Zusammenhänge mit dem Unterrichtsangebot aufgrund der begrenzten und differenziellen Befundlage explorativ betrachtet.

H1b Höhere naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften gehen positiv mit einem qualitätsvolleren selbst berichteten Unterrichtsangebot einher. Auf Basis der bisherigen Befunde werden insbesondere für konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer positive Zusammenhänge erwartet; der Zusammenhang mit Adaptivität wird explorativ untersucht.

F2 Inwiefern wird der Zusammenhang zwischen den professionellen Kompetenzfacetten von Naturwissenschaftslehrkräften und ihrem selbst eingeschätzten Unterrichtsangebot durch subjektiv wahrgenommene schulische Kontext- und Prozessmerkmale – *wahrgenommene Autonomie, Austausch und Koordination im Kollegium* sowie ein *vertrauensvolles Arbeitsklima* – moderiert?

H2a Förderliche arbeitsbezogene Kontext- und Prozessbedingungen der Schule verstärken die positiven Zusammenhänge zwischen fachdidaktischem Wissen und einem qualitätsvolleren selbst berichteten Unterrichtsangebot von Naturwissenschaftslehrkräften. Für die einzelnen Wissensfacetten werden diese Moderationseffekte aufgrund der bislang sehr begrenzten Befundlage explorativ betrachtet.

H2b Förderliche arbeitsbezogene Kontext- und Prozessbedingungen der Schule verstärken die positiven Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und einem qualitätsvolleren selbst berichteten Unterrichtsangebot von Lehrkräften. Auf Basis der bisherigen Befunde werden solche Moderationseffekte insbesondere für konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer erwartet; der Zusammenhang mit Adaptivität wird explorativ untersucht.

4 Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde auf Daten der internationalen PISA-Studie 2022 sowie auf die damit verbundene nationale Ergänzungsstudie PISA-Ceco zurückgegriffen (Lewalter et al. 2023; Schiepe-Tiska et al. 2025b). Im Rahmen der nationalen PISA-Ceco-Erhebung wurden alle Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräfte, die an PISA 2022 teilgenommen haben, eingeladen, einen zusätzlichen Online-Fragebogen auszufüllen. Dieser Fragebogen erfasste insbesondere Aspekte des fachdidaktischen Wissens (Hohenleitner et al. 2025), Disziplin im Klassen-

zimmer, konstruktive Unterstützung sowie naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte (Todtenhöfer et al. 2025). Im Rahmen des internationalen PISA-Lehrkräftefragebogens machten die Lehrkräfte Angaben zu ihrer Wahrnehmung schulischer Kontext- und Prozessmerkmale sowie zur Adaptivität und zum selbsteingeschätzten Unterrichtsangebot (Müller et al. 2025).

4.1 Stichprobe

Die Teilnahme an der ergänzenden Online-Erhebung war freiwillig. Informationen zur Stichprobenziehung finden sich in Schiepe-Tiska et al. (2025a). Von potenziell eingeladenen 1399 in Deutschland unterrichtenden Lehrkräften der Fächer Biologie, Chemie und Physik haben 122 sowohl eine der gezogenen neunten Klassen unterrichtet als auch den Online-Fragebogen ausgefüllt. Final konnten 82 vollständige Datensätze in die Analyse einbezogen werden. Als unvollständig gewertet und damit unberücksichtigt blieben z. B. Tests, bei denen weniger als zwei Drittel der Aufgaben bearbeitet worden sind. Von den 82 Lehrkräften unterrichten 44 an Gymnasien/Gesamtschulen und 38 an anderen Schulformen. Die Fächer sind wie folgt vertreten: Biologie ($n = 32$), Chemie ($n = 25$), Physik ($n = 25$). Die mittlere Lehrerfahrung beträgt 14,71 Jahre ($SD = 9{,}29$, $min = 1$, $max = 39$). Der überwiegende Teil der Lehrkräfte hat ein Lehramtsstudium absolviert ($n = 54$), während $n = 8$ über Quer- und Seiteneinstiege in den Lehrberuf wechselten. Zwanzig Lehrpersonen machen hierzu keine Angabe. Insgesamt sind die befragten Lehrkräfte in PISA-Ceco weitgehend repräsentativ für die an PISA-2022 teilnehmenden Lehrkräfte, da sich beide Stichproben bzgl. Alter ($p = 0{,}264$) und Berufserfahrung ($p = 0{,}403$) nicht signifikant unterscheiden. Ein schwacher Effekt findet sich lediglich hinsichtlich des Geschlechts: Lehrkräfte, die an PISA-Ceco teilgenommen haben, sind – mit geringer Effektstärke – etwas häufiger männlich ($p = 0{,}003$, $d = 0{,}19$).

4.2 Instrumente

4.2.1 Fachdidaktisches Wissen

Das fachdidaktische Wissen wurde über einen Online-Fragebogen erfasst, der für die PISA-Ceco-Erhebung eigens entwickelt worden ist (Hohenleitner et al. 2025). Dieser besteht aus sechs fachspezifischen, offen gestalteten Items zu den drei Facetten *Wissen über kognitive Schülerfehler und -schwierigkeiten* (Skog), *Wissen über Erklären und Repräsentieren von Inhalten (E&R)* und *Wissen über das Potenzial zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen (Pot)*. Jede Facette ist durch zwei Items operationalisiert, die durch eine unterrichtliche Situation kontextualisiert sind (siehe Tab. 1 aus Sorge et al. 2026). Die Items decken pro Fach zwei bis drei Themenbereiche ab (Biologie u. a. *Genetik*; Chemie u. a. *Saure und Basische Lösungen*, Physik u. a. *Elektrische Stromkreise*). In den Facetten *Skog* und *E&R* sollen Lehrkräfte möglichst viele verschiedene Schülervorstellungen oder Erklärvarianten nennen und beschreiben, um das Repertoire an Handlungsalternativen zu erfassen. Jeder inhaltlich korrekt beschriebene Aspekt wird mit einem Punkt bewertet. In der Facette *Pot* werden Lehrkräfte um eine Unterrichtsskizze zu forschend-entdeckendem

Tab. 1 Beispielitems zu jeder im Test repräsentierten Facette aus jeweils einem Fach (Sorge et al. 2026)

FDW-Facette	Fach	Beispielitem
Skog	Biologie	Eine Schülerin macht folgende Aussage: *„Evolution ist ja auch nur eine Theorie! Die einen glauben halt an Gott, die anderen an Darwin!"* Nennen Sie möglichst viele Vorstellungen, was Schülerinnen und Schüler fälschlicherweise unter einer Theorie verstehen können. Das Thema Evolution ist hier nur ein Beispiel. Bitte nummerieren Sie Ihre Vorschläge fortlaufend durch.
E&R	Chemie	Um Fehlvorstellungen entgegenzuwirken, dass kleinste Teilchen (wie Atome und Moleküle) gleiche Eigenschaften haben wie der entsprechende Stoff, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Bitte nennen Sie möglichst viele Ansätze, eventuellen Fehlvorstellungen hier entgegenzuwirken und beschreiben Sie diese kurz und prägnant (gern jeweils in ca. 1–3 Sätzen). Sie können auch Skizzen einfügen. Bitte nummerieren Sie Ihre Vorschläge fortlaufend durch.
Pot	Physik	Sie planen mehrere Unterrichtsstunden zu einfachen Stromkreisen. Ausgangspunkt hierfür sollen Phänomene auf der Basis von Reihen- und Parallelschaltungen (z. B. Lichterketten) sein. Skizzieren Sie stichpunktartig, wie Sie es in mehreren Stunden ermöglichen, dass die Schülerinnen und Schüler (1) zunächst auf Grundlage der Phänomene Fragen und Ideen entwickeln und (2) im weiteren Verlauf diese Fragen und Ideen untersuchen.

Lernen gebeten, wobei jeweils eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise im Fokus steht (Fragen stellen, Modelle entwickeln und verwenden, Untersuchungen planen und durchführen, NGSS Lead States 2013). Da die Items auf Basis bewährter Testinstrumente adaptiert worden sind und aufwändige Expertenvalidierungen durchlaufen haben, kann von einer insgesamt ausreichend hohen Validität ausgegangen werden, für die auch die gefundenen Zusammenhänge mit externen Kriterien im Ergebnisteil sprechen.

Die Antworten wurden anhand von Kriterien schülerorientierten Unterrichtens und anhand der Phasen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse bewertet. Die erreichte Punktzahl ergibt sich bei allen Facetten durch Aufsummierung pro Item (Hohenleitner et al. 2025; Sorge et al. 2026). Die erreichten Punkte wurden in allen Fächern jeweils z-standardisiert, um diese gemeinsam und pro Facette auswerten zu können.

Über Mehrfachkodierungen im Umfang von 20 % der Daten wurde die Auswertungsobjektivität pro Fach bestimmt. Die mittleren Werte für Spearman's Rho betragen 0,86 (Chemie, Physik) und 0,94 (Biologie). Die mit sechs Items eher kurzen Skalen zum FDW weisen mit Cronbachs Alpha = 0,64 (Biologie), 0,71 (Chemie), 0,62 (Physik) zufriedenstellende Werte auf, welche mit der inhaltlich großen Breite des Konstrukts Fachdidaktisches Wissen begründet werden (Hohenleitner et al. 2025). Die Reliabilitäten der einzelnen Subskalen aller Fächer ist mit Cronbachs Alpha = 0,53 (*Skog*), 0,57 (*E&R*), 0,64 (*Pot*) erwartbar niedriger, weil sich die jeweils nur zwei Items auf unterschiedliche Themen beziehen, um Hinweise auf Domänen- und Themenspezifizität zu erhalten. Der Schätzer für die interne Konsistenz der Gesamtskala (zu Vergleichszwecken angegeben) liegt mit Cronbachs Alpha = 0,62 auf zufriedenstellendem Niveau.

Es finden sich ausschließlich positive korrigierte Item-Trennschärfen mit einer Spannweite von 0,224 (E&R1) und 0,457 (E&R2). Nähere Informationen zur Entwicklung und Kodierung des Testinstruments inkl. Kodierleitfaden sowie statistische Kennwerte finden sich in Hohenleitner et al. (2025) und in Anh. 1.

4.2.2 Naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen und schulische Kontext- und Prozessmerkmale

Für die der schulischen Kontext- und Prozessmerkmale wurden etablierte Skalen sowohl aus dem internationalen Teil des PISA-Lehrkräftefragebogens als auch aus der nationalen Ergänzung verwendet (Müller et al. 2025). Die Items zur naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung sind dem online-Fragebogen aus PISA-Ceco entnommen (Todtenhöfer et al. 2025). Der überwiegende Teil der Konstrukte war mit einer vierstufigen Likert-Skala einzuschätzen. Eine Ausnahme stellt die sechsstufige Skala zur *Sozialen Eingebundenheit – Austausch und Koordination mit Kolleginnen und Kollegen* dar. Im Einzelfall wurden negativ formulierte Items umkodiert, sodass niedrige Werte einheitlich eine geringe Ausprägung des Merkmals anzeigen. Die Reliabilitätsschätzer aller Skalen lagen mit Cronbachs Alpha zwischen 0,71 und 0,87 auf ausreichend hohem Niveau (Ausnahme: *Selbstwirksamkeitserwartung der LK im Naturwissenschaftsunterricht* mit $\alpha = 0{,}62$).

Die schulischen Kontext- und Prozessbedingungen wurden als subjektive Wahrnehmungen der Lehrkräfte erfasst. Dies entspricht der theoretischen Annahme, dass für die Befriedigung psychologischer Grundbedürfnisse insbesondere die individuell wahrgenommenen Handlungsspielräume, Beziehungen und das Arbeitsklima relevant sind. Die Analysen erlauben damit keine Aussagen über Kontexteffekte im mehrebenenanalytischen Sinne, sondern über Zusammenhänge subjektiv wahrgenommener schulischer Bedingungen mit dem selbst berichteten Unterrichtsangebot.

Weitere Informationen zu den Skalen finden sich in Müller et al. (2025) sowie Todtenhöfer et al. (2025). In Tab. 2 werden die erhobenen Konstrukte anhand von Beispielitems beschrieben.

4.2.3 Adaptivität, konstruktive Unterstützung, Disziplin im Klassenzimmer

Auch für die Erhebung der abhängigen Variable Adaptivität wurde auf eine etablierte PISA-Skala zurückgegriffen (Müller et al. 2025). Die beiden anderen abhängigen Variablen wurden über den PISA-Ceco-Fragebogen erhoben (Todtenhöfer et al. 2025). Die Reliabilitätsschätzer der drei Skalen lagen mit Cronbachs Alpha zwischen 0,80 und 0,90 auf hohem Niveau. Die Trennschärfen lagen mit Werten zwischen 0,50 und 0,79 auf sehr hohem Niveau (Anh. 1). Anhand der Beispielitems in Tab. 2 lassen sich Rückschlüsse auf die Validität der operationalisierten Konstrukte ziehen. So kann beispielsweise das Nicht-Zuhören von Schülerinnen und Schülern ein von Lehrkräften subjektiv wahrgenommener Indikator für Unterrichtsstörungen sein.

Tab. 2 Beispielitems zu den im Beitrag verwendeten Skalen

Skala	Beispielitem
Naturwissenschafts-bezogene SWE	Inwiefern sind Sie in der Lage, in der 9. Jahrgangsstufe Folgendes zu tun? Experimente und praktische Übungen für forschungsorientiertes Lernen gestalten
Autonomieerleben	Wie viel Einfluss haben Sie auf die folgenden Bereiche an Ihrer derzeitigen Schule? Ergreifen von Disziplinarmaßnahmen bei Schülerinnen und Schülern
Austausch und Koordination mit Kolleginnen und Kollegen	Wie oft machen Sie im Durchschnitt Folgendes an dieser Schule? Unterrichtsmaterial mit Kolleginnen und Kollegen austauschen
Vertrauen durch Schulleitung und Kollegium	Wenn Sie an das allgemeine Klima an dieser Schule denken, wie sehr stimmen Sie folgenden Aussagen zu oder nicht zu? Die Schulleitung ist von der Kompetenz der Lehrkräfte überzeugt
Adaptivität	Wie häufig kommt in Ihren Unterrichtsstunden Folgendes vor? Ich ändere die Struktur einer Stunde, wenn sie ein Thema behandelt, das die meisten Schülerinnen und Schüler für schwer verständlich halten
Konstruktive Unterstützung	Wie häufig haben Sie im laufenden Schuljahr in der 9. Jahrgangsstufe die folgenden Dinge gemacht? Ich gab meinen Schülerinnen und Schülern konkrete Vorschläge zur Verbesserung ihrer Aufgaben
Disziplin(schwierigkeiten) im Klassenzimmer	Wie häufig kommt in Ihrem Unterricht in der 9. Jahrgangsstufe Folgendes vor? Viele Schülerinnen und Schüler hören nicht zu

4.3 Statistische Analysen

Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurden für jede abhängige Variable (Adaptivität, Konstruktive Unterstützung, Klassenführung) lineare Regressionsmodelle geschätzt. Alle kontinuierlichen Prädiktoren wurden z-standardisiert. Die Analysen erfolgten in der Programmiersprache R mithilfe der Regressionsfunktion aus der Standardbibliothek stats (R Core Team 2025). Die Interaktionsanalysen erfolgten mit der Bibliothek interactions (Long 2024).

Für die erste Forschungsfrage – die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen professionellen Kompetenzfacetten (FDW, naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung) und den selbst berichteten Unterrichtsangeboten (Adaptivität, Konstruktive Unterstützung, Klassenführung) – wurden Basismodelle geschätzt, die fachdidaktisches Wissen (FDW; Gesamtscore oder einzelne FDW-Facetten) und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeit als Prädiktoren enthielten.[1]

Für die zweite Forschungsfrage wurden arbeitsbezogene Kontext- und Prozessbedingungen jeweils separat als „enabling conditions“ und damit als potenzielle Moderatoren in die Basismodelle aus Forschungsfrage 1 einbezogen. Zur Reduktion der Modellkomplexität und zur besseren Interpretierbarkeit bei begrenzter Stichprobengröße wurden die jeweiligen Interaktionen mit Wissen und naturwissenschaftlichen Selbstwirksamkeitserwartungen in getrennten Modellen geschätzt. Signifikante In-

[1] Die Schulart wurde als Dummyvariable (Gymnasium = 1, nicht-Gymnasium = 0) berücksichtigt, hat sich allerdings in keinem Modell als bedeutsam herausgestellt.

teraktionseffekte wurden mittels Simple-Slopes- und Johnson-Neyman-Analysen sowie grafischer Darstellung der vorhergesagten Werte interpretiert. Die Bestimmung des Johnson-Neyman-Intervalls hat den Vorteil, dass nicht feste Werte des Moderators (z. B. bei ± 1 SD) angenommen werden, sondern Wertebereiche des Moderators ausgegeben werden, oberhalb und unterhalb der Zusammenhang zwischen Prädiktor und abhängiger Variable signifikant wird (Aiken und West 1991). Um überfrachtete Spezifikationen bei begrenzter Stichprobe zu vermeiden, wurden Moderationshypothesen in getrennten Modellen pro Kontextbedingung und Kompetenzfacette getestet. Die vollständigen Spezifikationen sind im Anhang dokumentiert.

5 Ergebnisse

Einführend wird deskriptiv ein korrelativer Überblick über alle im Artikel diskutierten Konstrukte gegeben (Abb. 1).

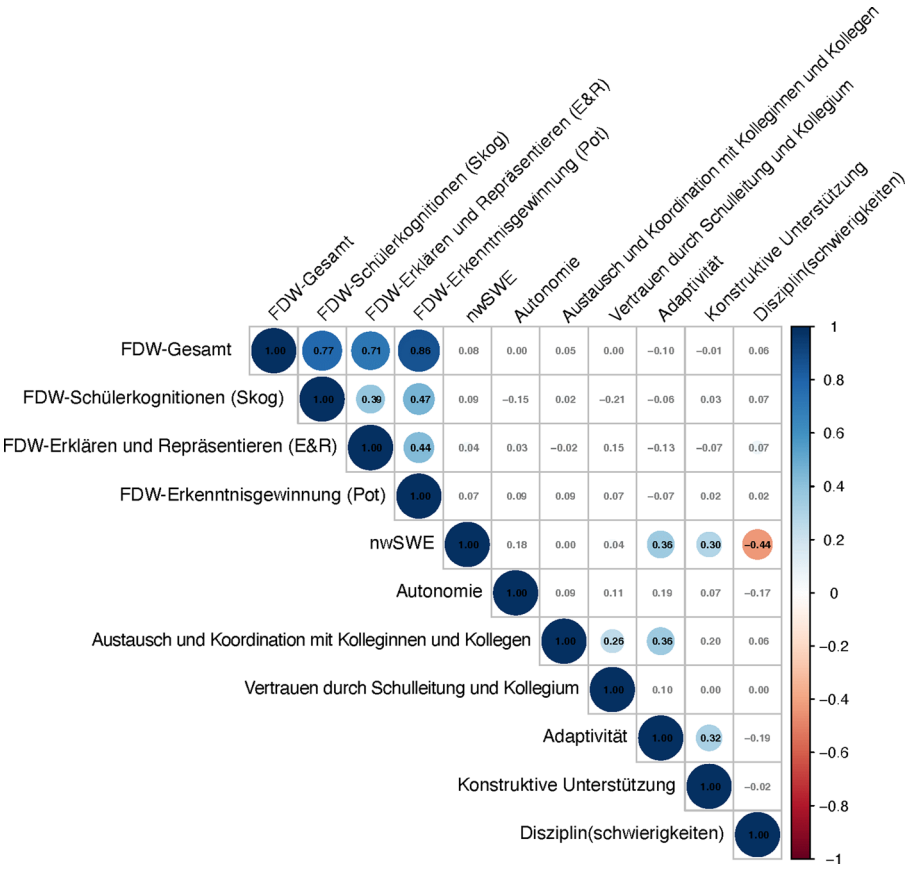

Abb. 1 Bivariate Korrelationen der Unterrichtsqualitätsindikatoren nach Pearson

Es zeigen sich mittelstarke Korrelationen zwischen den FDW-Facetten. Diese liegen auf vergleichbarem Niveau wie die jeweils zwischen zwei Items innerhalb einer Facette berechneten Korrelationen. Die Werte sprechen dafür, die Facetten als distinkt, jedoch miteinander assoziierte Konstrukte zu interpretieren und in weiteren Analysen separat zu berücksichtigen. Auffällig ist zudem, dass weder der FDW-Gesamtscore noch die einzelnen FDW-Facetten mit den naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen zusammenhängen.

Für die Unterrichtsqualitätsindikatoren zeigen sich keine Zusammenhänge mit dem FDW oder einzelnen Facetten; jedoch schwache bis mittelstarke Korrelationen mit den naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen. Zudem korrelieren Austausch und Koordination mit Kolleg:innen positiv mit Adaptivität und konstruktiver Unterstützung, während Vertrauen durch Schulleitung und Kollegium nur geringe Zusammenhänge mit den Unterrichtsqualitätsindikatoren aufweist.

5.1 Zusammenhänge von FDW und naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen mit dem selbst berichteten Unterrichtsangebot

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden für die drei Aspekte des Unterrichtsangebots – Adaptivität, Konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer – jeweils lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Zunächst wurde ein Modell spezifiziert, in dem der FDW-Gesamtscore und die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen (nwSWE) simultan als Prädiktoren berücksichtigt wurden (Tab. 3). In einem zweiten Analyseschritt wurde der FDW-Gesamtscore durch die drei Wissensfacetten Schülerkognitionen, Erklären und Repräsentieren sowie Erkenntnisgewinnung ersetzt, um mögliche differenzielle Zusammenhänge auf Facettenebene zu prüfen (Anh. 2).

Für die in Tab. 3 dargestellten Modelle mit dem FDW-Gesamtscore zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen der Lehrkräfte und den drei untersuchten Aspekten des Unterrichtsangebots. Demgegenüber hängen die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen signifikant mit allen drei Kriterien zusammen. Höhere nwSWE gehen mit höher berichteter Adaptivität ($\beta = 0{,}36$, $SE = 0{,}10$, $t(79) = 3{,}51$, $p = 0{,}001$), und höherer konstruktiver Unterstützung ($\beta = 0{,}29$, $SE = 0{,}10$, $t(79) = 2{,}81$, $p = 0{,}006$) einher. Für Disziplin im Klassenzimmer zeigt sich ein negativer Regressionskoeffizient ($\beta = -0{,}45$, $SE = 0{,}10$, $t(79) = -4{,}38$, $p < 0{,}001$): Je größer die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen sind, desto geringer sind die Disziplin(schwierigkeiten) im Klassenzimmer. Die Skala war entsprechend negativ gepolt.

Die ergänzenden Analysen auf Facettenebene führen zu einem vergleichbaren Befundmuster (Anh. 2): Auch bei simultaner Berücksichtigung der drei FDW-Facetten zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge der Wissensdimensionen mit den berichteten Unterrichtsangebotsmerkmalen, während nwSWE in allen drei Modellen ein signifikanter Prädiktor bleibt. Insgesamt klären die Regressionsmodelle geringe bis moderate Varianz (9–20 %) auf und zeigen nwSWE als robusten Prädiktor über alle drei Modelle hinweg. Damit kann H1b bestätigt werden, während H1a abgelehnt werden muss.

Tab. 3 Haupteffekte *FDW-Gesamtscore* und *Naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeit*

	Adaptivität				Unterstützung				Disziplin(schwierigkeiten)			
Predictors	Estimates	Std. Error	t-Value	*p*	Estimates	Std. Error	t-Value	*p*	Estimates	Std. Error	t-Value	*p*
(Intercept)	0,07	0,11	0,64	0,526	–0,01	0,10	–0,14	0,890	0,02	0,11	0,21	0,835
FDW, gesamt	–0,13	0,10	–1,26	0,211	–0,04	0,10	–0,34	0,732	0,10	0,10	0,95	0,344
nwSWE	0,36	0,10	3,51	**0,001**	0,29	0,10	2,81	**0,006**	–0,45	0,10	–4,38	**<0,001**
Observations	82				82				82			
R^2/R^2 adjusted	0,144/0,122				0,091/0,068				0,199/0,178			

5.2 Moderation zwischen professionellen Kompetenzfacetten und selbst eingeschätztem Unterrichtsangebot durch subjektiv wahrgenommene schulische Kontext- und Prozessmerkmale

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden getrennte Moderationsanalysen gerechnet, in denen neben den naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen entweder der FDW-Gesamtscore oder die drei FDW-Facetten als Prädiktoren berücksichtigt wurden. Als Moderatoren wurden *wahrgenommene Autonomie, Austausch und Koordination im Kollegium* sowie *vertrauensvolles Arbeitsklima* einbezogen. Die vollständigen Modellparameter sind im Anhang dokumentiert; im Folgenden werden die signifikanten Moderationseffekte berichtet (Anh. 3–5).

5.2.1 Moderationsanalysen FDW

Für den FDW-Gesamtscore zeigen sich keine Moderationseffekte durch wahrgenommene *Autonomie* (Anh. 3a) oder ein *vertrauensvolles Arbeitsklima* (Anh. 3b). Ein signifikanter Interaktionseffekt zeigt sich jedoch für den *Austausch und die Koordination im Kollegium* in Bezug auf die selbst berichtete *Adaptivität* ($b = 0{,}24$, $SE = 0{,}11$, $t(78) = 2{,}17$, $p = 0{,}033$; Anh. 3c). Darüber hinaus besteht ein signifikanter direkter Zusammenhang zwischen *Austausch und Koordination im Kollegium* und berichteter *Adaptivität* ($b = 0{,}40$, $SE = 0{,}10$, $t(78) = 4{,}12$, $p < 0{,}001$). Das Modell erklärt insgesamt einen vergleichsweise hohen Varianzanteil ($R^2 = 0{,}32$, adj. $R^2 = 0{,}29$). Die Johnson-Neyman-Analyse zeigt, dass der Moderationseffekt nur bei sehr geringen Ausprägungen des *Austauschs unter den Kollegen* (unter –0,11) statistisch bedeutsam ist (Anh. 3c). Die Simple-Slopes-Analysen bestätigen dies: Nur bei niedrigem kollegialem Austausch zeigt sich ein signifikanter negativer Zusammenhang zwischen FDW-Gesamtscore und berichteter Adaptivität ($b = –0{,}39$, $SE = 0{,}15$, $p = 0{,}010$), nicht jedoch bei mittlerem oder hohem Austausch. Dementsprechend sprechen die Befunde dafür, dass sich ein hohes FDW insbesondere unter Bedingungen stärkeren kollegialen Austauschs und besserer Koordination eher in einem adaptiven Unterrichtsangebot niederschlägt (Abb. 2).

Auf Ebene der Wissensfacetten ergibt sich ein signifikanter Moderationseffekt der wahrgenommenen *Autonomie* für den Zusammenhang zwischen *Wissen über Schülerkognitionen* und *konstruktiver Unterstützung* ($b = –0{,}33$, $SE = 0{,}13$, $t(73) = –2{,}61$, $p = 0{,}011$.) (Anh. 4a). Allerdings weist die Johnson-Neyman-Analyse darauf hin, dass dieser Interaktionseffekt nur außerhalb des Bereichs von –1,18 bis 1,22 des *Autonomieerlebens* statistisch signifikant ist. Der Zusammenhang zwischen *Wissen über Schülerkognitionen* und *konstruktiver Unterstützung* ist somit nur bei sehr niedrigen bzw. sehr hohen Ausprägungen des Autonomieerlebens statistisch bedeutsam moderiert (Anh. 4a). Die Simple-Slopes-Analysen stützen dieses Muster: Bei niedrigem Autonomieerleben zeigt sich ein positiver, jedoch nicht signifikanter Zusammenhang ($b = 0{,}26$, $SE = 0{,}15$, $p = 0{,}10$), während er bei hohem Autonomieerleben negativ und nur knapp nicht signifikant ausfällt ($b = –0{,}40$, $SE = 0{,}21$, $p = 0{,}06$). Bei geringem Autonomieerleben zeigt sich ein eher positiver Zusammenhang zwischen *Wissen über Schülerkognitionen* und *konstruktiver Unterstützung*, während dieser Zusammenhang bei hohem Autonomieerleben negativ ausfällt. Lehrkräfte mit höhe-

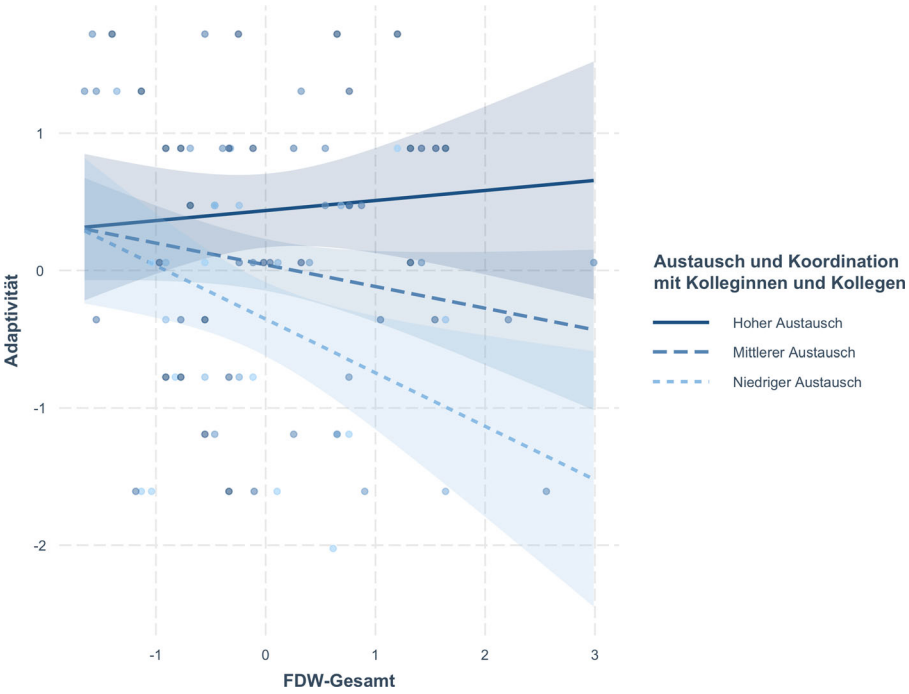

Abb. 2 Moderation *FDW-Gesamtscore* durch *Austausch mit Kolleg:innen*

rem *Wissen über Schülerkognitionen* berichten also insbesondere dann von stärkerer *konstruktiver Unterstützung*, wenn sie ihr berufliches Handeln als wenig autonom erleben. Nehmen sie sich als sehr autonom wahr, ist der Zusammenhang umgekehrt: Lehrkräfte mit hohem *Wissen über Schülerkognitionen* unterstützen dann *weniger konstruktiv* (Abb. 3).

Für die übrigen Modelle ergeben sich keine signifikanten Moderationseffekte. Insbesondere wird der Zusammenhang zwischen den einzelnen FDW-Facetten und dem Unterrichtsangebot nicht durch den Austausch und die Koordination im Kollegium moderiert (Anh. 4b). Auch für ein vertrauensvolles Arbeitsklima zeigen sich weder direkte Zusammenhänge mit den selbst berichteten Unterrichtsqualitätsmerkmalen noch Moderationseffekte im Zusammenhang mit dem fachdidaktischen Wissen, und zwar weder für den FDW-Gesamtscore (Anh. 3b) noch für die einzelnen Wissensfacetten (Anh. 4c).

Insgesamt finden sich damit partielle Hinweise auf Moderationseffekte schulischer Kontext- und Prozessmerkmale im Zusammenhang zwischen fachdidaktischem Wissen und selbst eingeschätztem Unterrichtsangebot. Hypothese 2a wird insofern teilweise unterstützt: Ein signifikanter Moderationseffekt zeigt sich für den *Austausch und die Koordination im Kollegium* im Zusammenhang zwischen *FDW-Gesamtscore* und *Adaptivität* sowie in Bezug auf die einzelnen Wissensfacetten für die wahrgenommene *Autonomie* im Zusammenhang zwischen *Wissen über Schülerkognitionen* und *konstruktiver Unterstützung*.

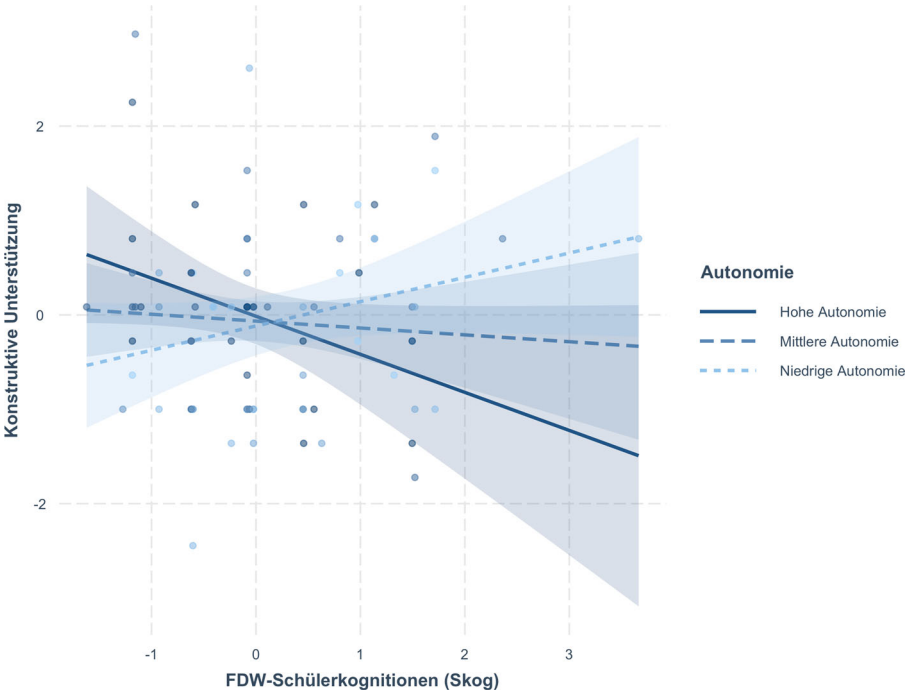

Abb. 3 Moderation *Wissen über Schülerkognition* und *konstruktive Unterstützung* durch *Autonomie*

5.2.2 Moderationsanalysen naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen

Zur Prüfung von Hypothese 2b wurden Moderationsanalysen gerechnet, in denen die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen als zentraler Prädiktor des selbst eingeschätzten Unterrichtsangebots berücksichtigt wurden. Als Moderatoren wurden die subjektiv wahrgenommene *Autonomie*, der *Austausch und die Koordination im Kollegium* sowie *vertrauensvolles Arbeitsklima* einbezogen. Um für Unterschiede im fachdidaktischen Wissen zu kontrollieren, wurde in die Modelle jeweils zusätzlich der FDW-Gesamtscore aufgenommen. Die vollständigen Modellparameter sind im Anh. 5a–c dokumentiert.

Während die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen direkt mit selbst berichteten Unterrichtsqualitätsvariablen zusammenhängen (Tab. 3, Anh. 2), werden diese weder durch *Autonomie* (Anh. 5a) noch durch ein *vertrauensvolles Arbeitsklima* (Anh. 5b) moderiert.

Eine signifikante Moderation findet sich hingegen für den *Austausch und die Koordination im Kollegium* in Bezug auf die *Disziplin im Klassenzimmer* ($b = -0{,}22$, $SE = 0{,}09$, $t(78) = -2{,}37$, $p = 0{,}020$; Anh. 5c). Die Johnson-Neyman Analyse zeigt, dass dieser Moderationseffekt für sehr niedrige Werte des *kollegialen Austauschs*, d. h. unterhalb von –1,05, statistisch bedeutsam ist. Die Simple-Slopes-Analysen stützen dieses Muster und zeigen, dass *naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksam-*

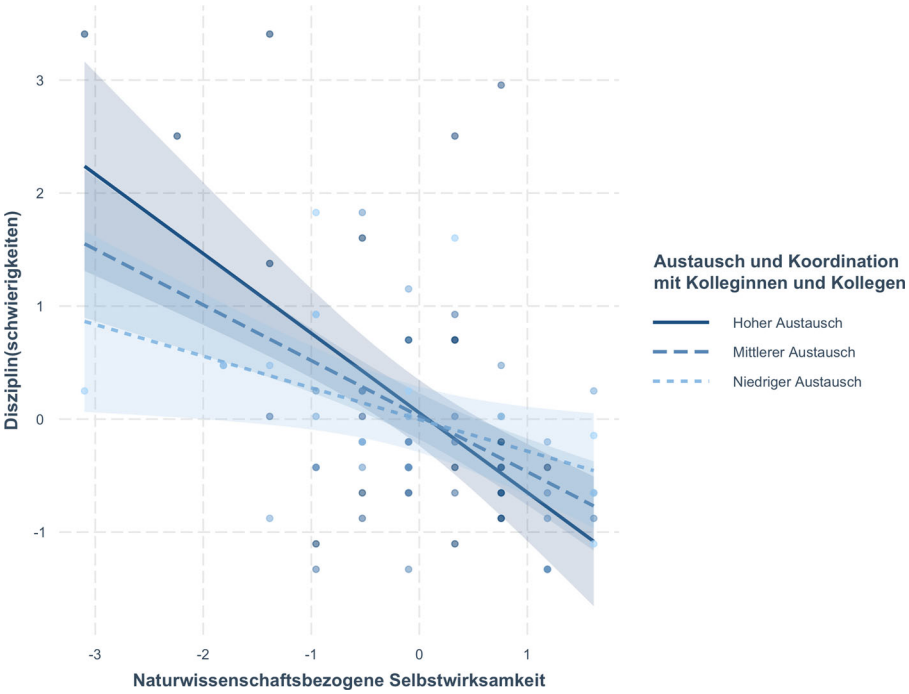

Abb. 4 Moderation *nwSWE* durch *Austausch mit Kolleg:innen*

keitserwartungen über den gesamten beobachteten Wertebereich des *kollegialen Austauschs* negativ mit *Disziplin(schwierigkeiten)* zusammenhängen. Bei geringem *Austausch* fällt der Zusammenhang schwächer aus ($b = -0{,}28$, $SE = 0{,}12$, $p = 0{,}030$) als bei durchschnittlichem ($b = -0{,}49$, $SE = 0{,}10$, $p < 0{,}001$) und hohem *Austausch* ($b = -0{,}70$, $SE = 0{,}15$, $p < 0{,}001$). Insgesamt deutet dies darauf hin, dass höhere *naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen* mit geringeren *Disziplinschwierigkeiten* einhergehen und dass dieser Zusammenhang mit zunehmendem *kollegialen Austausch* stärker wird[2] (Abb. 4).

6 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte, wie fachdidaktisches Wissen (FDW) und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen von Lehrkräften mit ihrem selbst berichteten Unterrichtsangebot im naturwissenschaftlichen Unterricht zusammenhängen und inwieweit diese Zusammenhänge durch subjektiv wahrgenommene schulische Kontext- und Prozessmerkmale moderiert werden. Insgesamt ergibt sich ein differenziertes Befundmuster: Während sich für die naturwissenschaftsbezoge-

[2] Ergänzende Robustheitsanalysen, in denen anstelle des FDW-Gesamtscores die drei FDW-Facetten als Kontrollvariablen berücksichtigt wurden, führten zu keinem abweichenden Befundmuster.

nen Selbstwirksamkeitserwartungen konsistente direkte Zusammenhänge mit Adaptivität, konstruktiver Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer zeigen, finden sich für das FDW keine generellen direkten Effekte. Zugleich verweisen die Moderationsanalysen darauf, dass sich professionelle Kompetenzfacetten teilweise erst unter bestimmten schulischen Kontextbedingungen im Unterrichtsangebot niederschlagen.

6.1 Direkte Zusammenhänge professioneller Kompetenzfacetten mit dem selbst berichteten Unterrichtsangebot

Mit Blick auf die erste Forschungsfrage zeigt sich zunächst, dass weder für den FDW-Gesamtscore noch für die einzelnen Wissensfacetten signifikante direkte Zusammenhänge mit den drei untersuchten Merkmalen des Unterrichtsangebots nachweisbar sind. Dieser Befund relativiert die grundsätzliche Bedeutung von FDW für qualitätsvollen Fachunterricht jedoch nicht, sondern verweist vielmehr auf die bislang uneinheitliche Befundlage zu direkten Zusammenhängen zwischen Professionswissen und Unterrichtsqualität, insbesondere im naturwissenschaftlichen Bereich (Anderson und Taner 2023; Baumert et al. 2010; Cauet 2015; Keller et al. 2017; Kunter et al. 2013; Leuchter et al. 2020). Er ist zudem mit theoretischen Überlegungen des Refined Consensus Model of PCK vereinbar, wonach vorhandenes Wissen nicht mit seiner tatsächlichen unterrichtlichen Nutzung gleichzusetzen ist (Carlson et al. 2019).

Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass sich FDW eher in fachnäheren Merkmalen des Unterrichtsangebots niederschlägt als in den hier selbst berichteten, relativ breit gefassten Qualitätsdimensionen. Denkbar wären etwa Zusammenhänge mit der Qualität fachlicher Erklärungen, dem Umgang mit Schülervorstellungen, der Auswahl geeigneter Repräsentationen oder der Gestaltung erkenntnisgewinnender Lerngelegenheiten. Gerade für solche fachnäheren Teilaspekte liegen aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung eher Hinweise auf Zusammenhänge zwischen fach- bzw. fachdidaktischem Wissen und Unterricht vor (Anthofer 2017; Förtsch et al. 2018; Reimer und Tepner 2025; Schmitt und Melle 2015). Dass sich im vorliegenden Beitrag keine direkten Effekte auf die selbst eingeschätzte Adaptivität, konstruktive Unterstützung und Disziplin im Klassenzimmer zeigen, erscheint vor diesem Hintergrund plausibel.

Anders stellt sich die Befundlage für die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen dar. Diese sagen alle drei Merkmale des selbst eingeschätzten Unterrichtsangebots konsistent vorher und stützen damit die Annahme, dass motivationale Orientierungen eine eigenständige Rolle für die Gestaltung von Unterricht spielen (Baumert und Kunter 2006). Der Befund ist anschlussfähig an bisherige Studien, die positive Zusammenhänge zwischen Selbstwirksamkeitserwartungen und Aspekten der Unterrichtsqualität berichten (Burić und Kim 2020; Holzberger und Prestele 2021; Künsting et al. 2016; Milius et al. 2023; Tschannen-Moran und Hoy 2001). Aus Perspektive der sozial-kognitiven Theorie erscheint dies erwartbar, da Lehrkräfte mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen Unterrichtsanforderungen eher als bewältigbar einschätzen, auch in anspruchsvollen Situationen eher handlungsfähig bleiben und ihr Handeln eher zielgerichtet auf die Bewältigung

unterrichtlicher Anforderungen ausrichten (Bandura 1997; Schunk und DiBenedetto 2020; Tschannen-Moran et al. 1998).

Bemerkenswert ist zudem, dass sich die naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen weder mit dem FDW-Gesamtscore noch mit den einzelnen FDW-Facetten nennenswert überschneiden. Dies spricht dafür, kognitive und motivationale Facetten professioneller Kompetenz nicht als deckungsgleich, sondern als komplementär zu verstehen (Baumert und Kunter 2006; Blömeke et al. 2015). Zugleich entspricht dieser Befund früheren Ergebnissen aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, wonach wissensbezogene und motivationale Merkmale von Lehrkräften empirisch nicht notwendig eng gekoppelt sind (Anthofer 2017). Für die Professionalisierungsforschung spricht dies dafür, Wissensaufbau und die Förderung motivationaler Orientierungen als unterschiedliche, aber gleichermaßen relevante Entwicklungsbereiche zu betrachten.

6.2 Moderierende Rolle schulischer Kontext- und Prozessmerkmale

Für die zweite Forschungsfrage ergibt sich kein Muster allgemeiner Verstärkungseffekte aller schulischen Kontext- und Prozessmerkmale, sondern ein selektives Befundbild. Signifikante Moderationseffekte zeigen sich für den Zusammenhang zwischen FDW-Gesamtscore und selbst eingeschätzter Adaptivität durch Austausch und Koordination im Kollegium, für den Zusammenhang zwischen Wissen über Schülerkognitionen und berichteter konstruktiver Unterstützung durch wahrgenommene Autonomie sowie für den Zusammenhang zwischen naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und wahrgenommener Disziplin im Klassenzimmer ebenfalls durch Austausch und Koordination im Kollegium.

Besonders aufschlussreich ist der Befund zum FDW-Gesamtscore und zur Adaptivität. Dieser deutet darauf hin, dass sich fachdidaktisches Wissen vor allem unter Bedingungen stärkeren kollegialen Austauschs eher in selbst berichteter Adaptivität niederschlägt. FDW erscheint damit nicht als Ressource, die unabhängig von schulischen Arbeitsbedingungen wirksam wird. Der Befund ist sowohl mit Ansätzen der Schuleffektivitätsforschung als auch mit Arbeiten zur Kooperation im Kollegium vereinbar, die die Bedeutung schulischer Prozessmerkmale für die Ausgestaltung von Unterricht hervorheben (Goddard et al. 2007; Hallinger 2018; Holzberger und Schiepe-Tiska 2021; Kuger und Klieme 2016; Ronfeldt et al. 2015; Scheerens 2016; Vangrieken et al. 2015). Da Adaptivität hohe Anforderungen an Planung, Diagnostik und die flexible Anpassung an heterogene Lernvoraussetzungen stellt (Corno 2008; Hardy et al. 2019; Lazarides und Schiepe-Tiska 2022), erscheint es plausibel, dass FDW insbesondere dann wirksam wird, wenn Lehrkräfte ihre fachbezogenen Überlegungen in kollegiale Austausch- und Abstimmungsprozesse einbetten können. Dazu passt auch der direkte Zusammenhang zwischen Austausch und Koordination im Kollegium und berichteter Adaptivität. Eine mögliche Erklärung liegt in der Bedeutung sozialer Eingebundenheit und kollegialer Kooperation, die auch eine Grundlage für den an Schulen weit verbreiteten Austausch von Unterrichtsmaterialien darstellen können (Hartmann et al. 2021).

Weniger eindeutig, zugleich aber theoretisch besonders interessant, ist der Befund zur moderierenden Rolle des Autonomieerlebens im Zusammenhang zwischen Wis-

sen über Schülerkognitionen und selbst eingeschätzter konstruktiver Unterstützung. Entgegen einer naheliegenden Erwartung im Sinne der Selbstbestimmungstheorie (Aelterman et al. 2019; Deci und Ryan 1993; Korthagen und Evelein 2016; Moè und Katz 2020, 2022) zeigt sich hier kein einfacher verstärkender Effekt von Autonomie. Vielmehr deutet sich an, dass Wissen über Schülerkognitionen bei geringem Autonomieerleben eher positiv mit konstruktiver Unterstützung zusammenhängt, während sich dieser Zusammenhang bei hohem Autonomieerleben umkehrt. Dieser Befund lässt sich theoretisch nicht ohne Weiteres erklären und sollte daher zurückhaltend interpretiert werden. Denkbar wäre, dass Lehrkräfte mit hohem Wissen über Schülerschwierigkeiten unter Bedingungen geringen wahrgenommenen Handlungsspielraums stärker auf unmittelbare unterstützende Interaktionen mit Schüler:innen fokussieren. Ebenso möglich ist jedoch, dass sich hier unterschiedliche Formen des Umgangs mit beruflichen Handlungsspielräumen andeuten. Der Befund sollte daher in weiteren Studien gezielt repliziert und differenzierter untersucht werden.

Der Moderationseffekt des kollegialen Austauschs auf den Zusammenhang zwischen naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und wahrgenommener Disziplin im Klassenzimmer ist demgegenüber theoretisch leichter anschlussfähig. Lehrkräfte mit höherer naturwissenschaftsbezogener Selbstwirksamkeit berichten über geringere Disziplinschwierigkeiten, und dieser Zusammenhang fällt bei höherem kollegialem Austausch stärker aus. Dies spricht dafür, dass Selbstwirksamkeitserwartungen insbesondere dann unterrichtlich wirksam werden, wenn Lehrkräfte zugleich in kollegiale Unterstützungs- und Abstimmungsprozesse eingebunden sind. Der Befund fügt sich damit in Arbeiten ein, die auf die gemeinsame Bedeutung personaler und kontextueller Ressourcen für professionelles Handeln hinweisen (Burić und Kim 2020; Holzberger et al. 2013; Holzberger und Prestele 2021; Latham und Pinder 2005). Die Befunde sind zugleich mit der Selbstbestimmungstheorie vereinbar, wenn Austausch und Koordination im Kollegium sowie wahrgenommene Autonomie als bedürfnisrelevante Arbeitsbedingungen verstanden werden, die die unterrichtliche Nutzung professioneller Ressourcen begünstigen können (Aelterman et al. 2019; Deci und Ryan 1993). Da die psychologischen Grundbedürfnisse der Lehrkräfte in der vorliegenden Studie jedoch nicht direkt erfasst wurden, bleibt diese Einordnung theoretischer Natur.

Damit finden sich Hinweise darauf, dass Autonomie und soziale Eingebundenheit nicht nur für Schüler:innen, sondern auch für Lehrkräfte bedeutsame Bedingungen darstellen, unter denen professionelle Ressourcen wie FDW und naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartungen im Unterricht wirksam werden können (Hagenauer und Raufelder 2020). Insgesamt sprechen die Befunde damit dafür, schulische Kontext- und Prozessmerkmale nicht nur als Hintergrundbedingungen, sondern stärker als spezifische Bedingungen der Nutzung professioneller Ressourcen zu konzeptualisieren.

6.3 Limitationen und weitere Forschung

Die Studie weist mehrere Limitationen auf. Neben der mit 82 Lehrkräften begrenzten Stichprobengröße wurden die arbeitsbezogenen schulischen Kontext- und Prozessbedingungen ausschließlich über subjektive Angaben der Lehrkräfte erfasst. Aufgrund

der Stichprobenstruktur konnten keine Mehrebenenanalysen auf Schulebene durchgeführt werden, sodass die Befunde keine Aussagen über schulische Kontexteffekte im engeren Sinne erlauben. Zugleich ist die Erfassung subjektiver Wahrnehmungen theoretisch anschlussfähig, da gerade diese für das Erleben von Autonomie und sozialer Eingebundenheit sowie für Entscheidungsprozesse und Unterrichtshandeln bedeutsam sein dürften.

Zudem könnten die teilnehmenden Lehrkräfte eine Positivauswahl in Bezug auf Engagement und Selbstwirksamkeitserwartung darstellen, da die Teilnahme freiwillig war. Für eine valide Datenerhebung spricht allerdings, dass die Befragung anonymisiert erfolgte und keine negativen Konsequenzen zu erwarten waren.

Eine weitere Einschränkung besteht in der insgesamt knappen Erfassung der Konstrukte und der damit verbundenen eingeschränkten Übertragbarkeit auf weitere Unterrichtsthemen und Subkonstrukte. Die verwendeten Items repräsentieren ein Konstrukt teilweise eher distal als unmittelbar. Dies war aufgrund der im Rahmen von PISA vorgegebenen Erhebungsbedingungen nicht anders umzusetzen. Während bei den meisten Skalen mindestens vier Items pro Konstrukt verwendet wurden, basierte die Erfassung des FDW pro Facette nur auf zwei Items aus unterschiedlichen Themenfeldern, was die Tiefe der psychometrischen Abbildung begrenzt. Zudem ist der Rückschluss von einzelnen Items auf ein Konstrukt wie Disziplin im Klassenzimmer nicht in jedem Fall eindeutig. Beispielsweise kann die Angabe, dass viele Schüler:innen im Unterricht nicht zuhören, mehrere Ursachen haben und nicht nur mit einer defizitären Klassenführung, sondern auch mit weiteren Faktoren wie Attraktivität des Themas oder Rahmenbedingungen wie der Lage der Unterrichtsstunde im Stundenplan begründet werden. Für die grundsätzliche Tragfähigkeit der Messung spricht wiederum die überwiegende Verwendung etablierter PISA-Skalen.

Für zukünftige Forschung ergibt sich daraus erstens die Notwendigkeit, die hier gefundenen Befunde in größeren Stichproben zu replizieren. Zweitens erscheint es sinnvoll, stärker fachnahe Maße des naturwissenschaftlichen Unterrichtsangebots einzubeziehen, etwa den Umgang mit Schülervorstellungen, die Qualität fachlicher Erklärungen oder die Gestaltung experimenteller und erkenntnisgewinnender Lerngelegenheiten. Drittens sind Längsschnitt- und Interventionsstudien erforderlich, um die Richtung der gefundenen Zusammenhänge besser klären zu können. Dies gilt insbesondere für die Frage, ob Selbstwirksamkeitserwartungen zu geringeren Disziplinschwierigkeiten beitragen oder umgekehrt erfolgreiche Unterrichtserfahrungen die Selbstwirksamkeit von Lehrkräften stärken. Schließlich sollte das Zusammenspiel professioneller Ressourcen und schulischer Kontextbedingungen theoretisch und empirisch noch stärker ausdifferenziert werden, etwa mit Blick darauf, welche Formen von Autonomie, Kooperation und sozialer Eingebundenheit für welche Aspekte des Unterrichtsangebots besonders relevant sind.

6.4 Fazit

Die Studie leistet einen Beitrag zur Aufklärung der Zusammenhänge zwischen professionellen Kompetenzfacetten von Naturwissenschaftslehrkräften, subjektiv wahrgenommenen schulischen Kontext- und Prozessmerkmalen und dem selbst berichteten Unterrichtsangebot. Der separate Einbezug einzelner FDW-Facetten ermöglicht

dabei einen differenzierten Blick auf die Bedingungen, unter denen fachdidaktisches Wissen im Unterrichtsangebot wirksam wird. Die Befunde sprechen dafür, dass neben naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen auch bedürfnisrelevante schulische Kontextbedingungen – insbesondere wahrgenommene Autonomie und kollegialer Austausch – für das Unterrichtsangebot von Lehrkräften bedeutsam sein können. Damit unterstreicht die Studie die Relevanz eines Verständnisses naturwissenschaftlichen Unterrichts, das mehrdimensionale professionelle Kompetenzen und schulische Kontextbedingungen in ihrem Zusammenspiel betrachtet.

Zusatzmaterial online Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (https://doi.org/10.1007/s11618-026-01409-4) enthalten.

Förderung Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (KMK) gefördert.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Datenverfügbarkeit Die im Rahmen der Studie erhobenen und analysierten Daten wurden beim Forschungsdatenzentrum (FDZ) des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) hinterlegt. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung befinden sich die Daten noch im Aufbereitungs- und Prüfprozess und sind daher noch nicht öffentlich zugänglich. Nach Abschluss dieses Prozesses werden die Daten gemäß den Zugangsregelungen des FDZ IQB zur Nutzung bereitgestellt.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt O. Tepner, B. Münch, V. Telser, A. Dittmer, C. Ehras, S. Krauss, K. Neumann, S. Sorge, P. Todtenhöfer und A. Schiepe-Tiska geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

Literatur

Aelterman, N., Vansteenkiste, M., Haerens, L., Soenens, B., Fontaine, J. R. J., & Reeve, J. (2019). Toward an integrative and fine-grained insight in motivating and demotivating teaching styles: The merits of a circumplex approach. *Journal of Educational Psychology*, *111*(3), 497–521. https://doi.org/10.1037/edu0000293.

Aiken, L. S., & West, S. G. (1991). *Multiple regression: Testing and interpreting interactions*. SAGE. http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0655/91002062-d.html

Anderson, J., & Taner, G. (2023). Building the expert teacher prototype: a metasummary of teacher expertise studies in primary and secondary education. *Educational Research Review*, *38*, 100485. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100485.

Anthofer, S. (2017). *Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Prentince Hall.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. W. H. Freeman.
Bardach, L., & Klassen, R. M. (2021). Teacher motivation and student outcomes: searching for the signal. *Educational Psychologist*, *56*(4), 283–297. https://doi.org/10.1080/00461520.2021.1991799.
Bartels, H., Geelan, D., & Kulgemeyer, C. (2019). Developing an approach to the performance-oriented testing of science teachers' action-related competencies. *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1658241.
Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520.
Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133–180. https://doi.org/10.3102/0002831209345157.
Beck, E., Baer, M., Guldimann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M., & Vogt, F. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Waxmann.
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.
Burić, I., & Kim, L. E. (2020). Teacher self-efficacy, instructional quality, and student motivational beliefs: an analysis using multilevel structural equation modeling. *Learning and Instruction*, *66*, 101302. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101302.
Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., & Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (S. 77–94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_15.
Cauet, E. (2015). Does it matter what we measure? Domain-specific professional knowledge of physics. *Revue suisse des sciences de l'éducation*. https://doi.org/10.24452/sjer.37.3.4963.
Corno, L. (2008). On teaching adaptively. *Educational Psychologist*, *43*(3), 161–173. https://doi.org/10.1080/00461520802178466.
Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, *39*, 223–238.
Deng, F., Zhang, L., Zhu, J., Dou, B., & Lan, W. (2025). Chemistry teachers' pedagogical content knowledge: A review of empirical research published in SSCI Journals from 1986 to 2024. *Teaching and Teacher Education*, *165*, 105109. https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105109.
Ditton, H. (2000). Qualitätskontrolle und Qualitätsentwicklung in Schule und Unterricht: Ein Überblick zum Stand der empirischen Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik, 41*, 73–92.
Dumont, H. (2019). Neuer Schlauch für alten Wein? Eine konzeptuelle Betrachtung von individueller Förderung im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *22*(2), 249–277. https://doi.org/10.1007/s11618-018-0840-0.
Dumont, H., Decristan, J., & Fauth, B. (2024). Adaptiver Unterricht erfordert eine adaptive Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, *52*(2), 199–211. https://doi.org/10.1007/s42010-024-00198-1.
Florin, M. (2020). *Die Bedeutung der Selbstwirksamkeit von Lehrpersonen für ihre professionelle Handlungskompetenz und für die Unterrichtsqualität* (Dissertation). Universität Zürich. *RIS*. https://www.zora.uzh.ch/id/eprint/188375/1/florin_margaretha_dissertation.pdf
Förtsch, S., Förtsch, C., von Kotzebue, L., & Neuhaus, B. J. (2018). Effects of teachers' professional knowledge and their use of three-dimensional physical models in biology lessons on students' achievement. *education sciences*, *8*(3), 118. https://doi.org/10.3390/educsci8030118.
Fukaya, T., Nakamura, D., Kitayama, Y., & Nakagoshi, T. (2025). A systematic review and meta-analysis of research on mathematics and science pedagogical content knowledge: exploring its associations with teacher and student variables. *Teaching and Teacher Education*, *155*, 104881. https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104881.
Goddard, Y. L., Goddard, R. D., & Tschannen-Moran, M. (2007). A theoretical and empirical investigation of teacher collaboration for school improvement and student achievement in public elementary schools. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, *109*(4), 877–896. https://doi.org/10.1177/016146810710900401.
Gropengießer, H., & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–67). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_4.

Hagenauer, G., & Raufelder, D. (Hrsg.). (2020). *Soziale Eingebundenheit. Sozialbeziehungen im Fokus von Schule und Lehrer*innenbildung*. Waxmann Verlag GmbH. https://doi.org/10.31244/9783830992660.

Hallinger, P. (2018). Bringing context out of the shadows of leadership. *Educational Management Administration & Leadership*, *46*(1), 5–24. https://doi.org/10.1177/1741143216670652.

Hardy, I., Decristan, J., & Klieme, E. (2019). *Adaptive teaching in research on learning and instruction*. https://doi.org/10.25656/01:18004.

Hartmann, U., Richter, D., & Gräsel, C. (2021). Same Same But Different? Analysen zur Struktur kollegialer Kooperation unter Lehrkräften im Kontext von Schul- und Unterrichtsentwicklung. *Unterrichtswissenschaft*, *49*(3), 325–344. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00090-8.

Hattie, J. (2008). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203887332.

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487.

Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts: Franz Emanuel Weinert gewidmet* (6. Aufl., Schule weiterentwickeln, Unterricht verbessern Orientierungsband). Klett.

Hohenleitner, S., Stegmüller, N., Dittmer, A., Ehras, C., Neumann, K., Sorge, S., Schiering, D., Tepner, O., Telser, V., Münch, B., & Krauss, S. (2025). Erhebung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften in PISA-Ceco. In A. Schiepe-Tiska, S. Krauss, K. Reiss & D. Lewalter (Hrsg.), *PISA-Ceco – Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Begleitstudie zu PISA 2022: Einblicke in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 209–287). Waxmann.

Holzberger, D., & Prestele, E. (2021). Teacher self-efficacy and self-reported cognitive activation and classroom management: a multilevel perspective on the role of school characteristics. *Learning and Instruction*, *76*, 101513. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101513.

Holzberger, D., & Schiepe-Tiska, A. (2021). Is the school context associated with instructional quality? The effects of social composition, leadership, teacher collaboration, and school climate. *School effectiveness and school improvement*, *32*(3), 465–485. https://doi.org/10.1080/09243453.2021.1913190.

Holzberger, D., Philipp, A., & Kunter, M. (2013). How teachers' self-efficacy is related to instructional quality: a longitudinal analysis. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 774–786. https://doi.org/10.1037/a0032198.

Ittner, D., Hagenauer, G., & Hascher, T. (2019). Swiss principals' emotions, basic needs satisfaction and readiness for change during curriculum reform. *Journal of Educational Change*, *20*(2), 165–192. https://doi.org/10.1007/s10833-019-09339-1.

Jerrim, J., Prieto-Latorre, C., Marcenaro-Gutierrez, O. D., & Shure, N. (2025). Teacher self-efficacy, instructional practice, and student outcomes: evidence from the TALIS video study. *American Educational Research Journal*, *62*(2), 378–413. https://doi.org/10.3102/00028312241300265.

Keller, M. M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(5), 586–614. https://doi.org/10.1002/tea.21378.

Kleickmann, T., Steffensky, M., & Praetorius, A.-K. (2020). Quality of teaching in science education. More than three basic dimensions? In A.-K. Praetorius, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Empirische Forschung zu Unterrichtsqualität. Theoretische Grundfragen und quantitative Modellierungen* (S. 37–55). Beltz Juventa. https://doi.org/10.25656/01:25862.

Klieme, E., Lipowsky, F., & Rakoczy, K. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht: Theoretische Grundlagen und ausgewählte Ergebnisse des Projekts „Pythagoras". In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 127–146). Waxmann.

Klusmann, U., & Waschke, N. (2018). *Gesundheit und Wohlbefinden im Lehrerberuf*. Hogrefe. https://doi.org/10.1026/02863-000.

KMK (2024a). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Biologie (MSA)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004

KMK (2024b). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (MSA)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004

KMK (2024c). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik (MSA)*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004

Korthagen, F. A., & Evelein, F. G. (2016). Relations between student teachers' basic needs fulfillment and their teaching behavior. *Teaching and Teacher Education*, *60*, 234–244. https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.08.021.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M., & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie [The examination of German teachers' professional knowledge in the framework of the COACTIV study]. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *29*(3/4), 223–258.

Kuger, S., & Klieme, E. (2016). Dimensions of context assessment. In S. Kuger, E. Klieme, N. Jude & D. Kaplan (Hrsg.), *Methodology of educational measurement and assessment. Assessing contexts of learning* (S. 3–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45357-6_1.

Künsting, J., Neuber, V., & Lipowsky, F. (2016). Teacher self-efficacy as a long-term predictor of instructional quality in the classroom. *European Journal of Psychology of Education*, *31*(3), 299–322. https://doi.org/10.1007/s10212-015-0272-7.

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.

Latham, G. P., & Pinder, C. C. (2005). Work motivation theory and research at the dawn of the twenty-first century. *Annual Review of Psychology*, *56*, 485–516. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.142105.

Lazarides, R., & Schiefele, U. (2021). Von der Lehrermotivation zur Schülermotivation: Ein integratives Modell zur motivationalen Entwicklung im Unterricht. In R. Lazarides, D. Raufelder, I. Gogolin, A. Scheunpflug, B. Hannover & E. Souvignier (Hrsg.), *Motivation in unterrichtlichen fachbezogenen Lehr-Lernkontexten: Perspektiven aus Pädagogik, Psychologie und Fachdidaktiken* (Edition ZfE, Bd. 10, S. 3–28). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31064-6_1.

Lazarides, R., & Schiepe-Tiska, A. (2022). Heterogenität motivationaler Merkmale im Unterrichtskontext. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(2), 249–267. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01082-3.

Lazarides, R., Schiefele, U., Daumiller, M., & Dresel, M. (2025). From teacher motivation to teaching behaviour: a systematic review and theoretical framework of the mediating processes. *Educational Research Review*, *48*, 100703. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2025.100703.

Lead States, N. G. S. S. (2013). *Next generation science standards. For states, by states*. The National Academies Press.

Leuchter, M., Saalbach, H., Studhalter, U., & Tettenborn, A. (2020). Teaching for conceptual change in preschool science: relations among teachers' professional beliefs, knowledge, and instructional practice. *International Journal of Science Education*, *42*(12), 1941–1967. https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1805137.

Lewalter, D., Diedrich, J., Goldhammer, F., Köller, O., & Reiss, K. (Hrsg.). (2023). *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland*. Waxmann.

Liepertz, S., & Borowski, A. (2019). Testing the Consensus Model: relationships among physics teachers' professional knowledge, interconnectedness of content structure and student achievement. *International Journal of Science Education*, *41*(7), 890–910. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1478165.

Long, J. A. (2024). *interactions: comprehensive, user-friendly toolkit for probing interactions*. https://cran.r-project.org/package=interactions

Martinek, D. (2012). Autonomie und Druck im Lehrberuf. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *2*(1), 23–40. https://doi.org/10.1007/s35834-012-0025-5.

Metcalfe, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, *68*, 465–489. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022.

Milius, M., Lopper, E., Hoppe, A., Upmeier zu Belzen, A., & Nitz, S. (2023). Die MotOr-Skala: ein Kurzfragebogen zur Erfassung von Selbstwirksamkeitserwartungen und Enthusiasmus als Teilaspekte motivationaler Orientierungen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. https://doi.org/10.1007/s40573-023-00164-x.

Moè, A., & Katz, I. (2020). Self-compassionate teachers are more autonomy supportive and structuring whereas self-derogating teachers are more controlling and chaotic: the mediating role of need satisfaction and burnout. *Teaching and Teacher Education*, *96*, 103173. https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103173.

Moè, A., & Katz, I. (2022). Need satisfied teachers adopt a motivating style: the mediation of teacher enthusiasm. *Learning and Individual Differences*, *99*, 102203. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102203.

Müller, M., Teufele, L., Bias, M., Diedrich, J., González Rodríguez, E., González Uriarte, A., Heine, J.-H., Heinle, M., Kastorff, T., Mang, J., Patzl, S., Seßler, S., Todtenhöfer, P., Tupac-Yupanqui, A., Weis, M., Ziernwald, L., & Lewalter, D. (2025). *PISA 2022 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann.

Osborne, J., & Pimentel, D. (2023). Science education in an age of misinformation. *Science Education*, *107*(3), 553–571. https://doi.org/10.1002/sce.21790.

Pacaci, C., Ustun, U., & Ozdemir, O. F. (2024). Effectiveness of conceptual change strategies in science education: a meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, *61*(6), 1263–1325. https://doi.org/10.1002/tea.21887.

Pianta, R. C., & Hamre, B. K. (2009). Conceptualization, measurement, and improvement of classroom processes: standardized observation can leverage capacity. *Educational Researcher*, *38*(2), 109–119. https://doi.org/10.3102/0013189X09332374.

Praetorius, A.-K., & Charalambous, C. Y. (2018). Classroom observation frameworks for studying instructional quality: looking back and looking forward. *ZDM – Mathematics Education*, *50*(3), 535–553. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0946-0.

Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B., & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM – Mathematics Education*, *50*(3), 407–426. https://doi.org/10.1007/s11858-018-0918-4.

Praetorius, A.-K., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B., & Nehring, A. (2020a). Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. *Unterrichtswissenschaft*, *48*(3), 409–446. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8.

Praetorius, A.-K., Rogh, W., & Kleickmann, T. (2020b). Blinde Flecken des Modells der drei Basisdimensionen von Unterrichtsqualität? Das Modell im Spiegel einer internationalen Synthese von Merkmalen der Unterrichtsqualität. *Unterrichtswissenschaft*, *48*(3), 303–318. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00072-w.

R Core Team (2025). *R: a language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/

Rabe, T., Meinhardt, C., & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 293–315. https://doi.org/10.25656/01:31740.

Rakoczy, K., Klieme, E., Bürgermeister, A., & Harks, B. (2008). The interplay between student evaluation and instruction. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, *216*(2), 111–124. https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.2.111.

Reimer, S., & Tepner, O. (2025). Förderung der adaptiven Erklärkompetenz angehender Chemielehrkräfte durch Reflexion videografierter adaptiver Erklärhandlungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *31*(7), 1–17. https://doi.org/10.1007/s40573-025-00183-w.

Reusser, K., & Pauli, C. (2021). Unterrichtsqualität ist immer generisch und fachspezifisch. Ein Kommentar aus kognitions- und lehr-lerntheoretischer Sicht. *Unterrichtswissenschaft*, *49*(2), 189–202. https://doi.org/10.1007/s42010-021-00117-8.

Ronfeldt, M., Farmer, S. O., McQueen, K., & Grissom, J. A. (2015). Teacher collaboration in instructional teams and student achievement. *American Educational Research Journal*, *52*(3), 475–514. https://doi.org/10.3102/0002831215585562.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.

Scheerens, J. (2016). *Educational Effectiveness and Ineffectiveness: A Critical Review of the Knowledge Base*. Springer. https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4101422

Scheerens, J., & Bosker, R. J. (1997). *The foundations of educational effectiveness*. Pergamon. http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0602/96029992-d.html

Schiepe-Tiska, A., Krauss, S., Reiss, K., & Lewalter, D. (2025a). Einführung in die Begleitstudie PISA-Ceco: Kompetenzorientierung und mehrdimensionale Bildung im Unterricht. In A. Schiepe-Tiska, S. Krauss, K. Reiss & D. Lewalter (Hrsg.), *PISA-Ceco – Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Begleitstudie zu PISA 2022: Einblicke in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 9–24). Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Krauss, S., Reiss, K., & Lewalter, D. (Hrsg.). (2025b). *PISA-Ceco – Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Begleitstudie zu PISA 2022: Einblicke in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Waxmann. https://doi.org/10.31244/9783818850692.

Schmitt, A., & Melle, I. (2015). Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014, S. 124–126). IPN.

Schunk, D. H., & DiBenedetto, M. K. (2020). Motivation and social cognitive theory. *Contemporary Educational Psychology*, *60*, 101832. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101832.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4–14.
Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411.
Slemp, G.R., Field, J.G., & Cho, A.S. (2020). A meta-analysis of autonomous and controlled forms of teacher motivation. *Journal of Vocational Behavior*, *121*, 103459. https://doi.org/10.1016/j.jvb.2020.103459.
Solzbacher, C., Schwer, C., & Behrensen, B. (2014). Förderung durch Beziehungsorientierung. In C. Schwer & C. Solzbacher (Hrsg.), *Professionelle pädagogische Haltung: Historische, theoretische und empirische Zugänge zu einem viel strapazierten Begriff* (S. 171–185). Julius Klinkhardt.
Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019a). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, *41*(7), 862–889. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326.
Sorge, S., Stender, A., & Neumann, K. (2019b). The development of science teachers' professional competence. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (Bd. 15, S. 149–164). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_6.
Sorge, S., Ehras, C., Todtenhöfer, P., Dittmer, A., Heinle, A., Krauss, S., Münch, B., Neumann, K., Schiering, D., Telser, V., Tepner, O., & Schiepe-Tiska, A. (2026). Zusammenhänge zwischen professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften, der Unterrichtsgestaltung und der Förderung mehrdimensionaler Bildungsziele in den Naturwissenschaften – Ergebnisse aus PISA-Ceco. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. https://doi.org/10.1007/s11618-026-01406-7.
Strübe, M. (2021). *Modelle und Experimente im Chemieunterricht: Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 309). Logos.
Täschner, J., Holzmeier, Y., & Holzberger, D. (2023). *Selbstwirksamer vor der Klasse! Impulse für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften*. Waxmann. https://doi.org/10.25656/01:28093.
Tepner, O., & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 311–323). Springer.
Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H.E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B.J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28.
Todtenhöfer, P., Heinle, A., Dümig, P., Tang, Y., Weis, M., Reinhold, F., Holzberger, D., Reiss, K., Lewalter, D., & Schiepe-Tiska, A. (2025). Fragebögen und Beobachtungsinstrumente in PISA-Ceco. In A. Schiepe-Tiska, S. Krauss, K. Reiss & D. Lewalter (Hrsg.), *PISA-Ceco – Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Begleitstudie zu PISA 2022: Einblicke in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 139–208). Waxmann.
Tschannen-Moran, M., & Hoy, A.W. (2001). Teacher efficacy: capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, *17*(7), 783–805. https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00036-1.
Tschannen-Moran, M., Hoy, A.W., & Hoy, W.K. (1998). Teacher efficacy: its meaning and measure. *Review of Educational Research*, *68*(2), 202–248. https://doi.org/10.3102/00346543068002202.
Vangrieken, K., Dochy, F., Raes, E., & Kyndt, E. (2015). Teacher collaboration: a systematic review. *Educational Research Review*, *15*, 17–40. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.04.002.
Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2013). Mathematics Teachers' Beliefs. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers: Results from the COACTIV project* (Mathematics teacher education, Bd. 8, S. 249–271). Springer.
Warwas, J., & Helm, C. (2018). Professional learning communities among vocational school teachers: Profiles and relations with instructional quality. *Teaching and Teacher Education*, *73*, 43–55. https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.03.012.

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Affiliations

✉ Prof. Dr. Oliver Tepner · Benjamin Münch · Dr. Victoria Telser
Didaktik der Chemie, Universität Regensburg, Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg, Deutschland
E-Mail: oliver.tepner@ur.de
Benjamin Münch
E-Mail: benjamin.muench@ur.de
Dr. Victoria Telser
E-Mail: victoria.telser@ur.de

Prof. Dr. Arne Dittmer
Didaktik der Biologie, Universität Regensburg, Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg, Deutschland
E-Mail: arne.dittmer@ur.de

Dr. Christina Ehras
Educational Data Science, Universität Regensburg, Sedanstraße 1, 93047 Regensburg, Deutschland
E-Mail: christina.ehras@ur.de

Prof. Dr. Stefan Krauss
Didaktik der Mathematik, Universität Regensburg, Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg, Deutschland
E-Mail: stefan.krauss@ur.de

Prof. Dr. Knut Neumann · Dr. Stefan Sorge
Didaktik der Physik, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Olshausenstr. 62, 24118 Kiel, Deutschland
Prof. Dr. Knut Neumann
E-Mail: neumann@leibniz-ipn.de
Dr. Stefan Sorge
E-Mail: sorge@leibniz-ipn.de

Pia Todtenhöfer
Zentrum für internationale Bildungsvergleichsstudien, Technische Universität München, Arcisstraße 21, 80333 München, Deutschland
E-Mail: pia.todtenhoefer@tum.de

Prof. Dr. Anja Schiepe-Tiska
Institut für Schulpädagogik, Universität Koblenz, Universitätsstraße 1, 56070 Koblenz, Deutschland
E-Mail: schiepe-tiska@uni-koblenz.de