Zeitschrift für Erziehungswissenschaft
https://doi.org/10.1007/s11618-026-01406-7

SCHWERPUNKT

Zusammenhänge zwischen professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften, der Unterrichtsgestaltung und der Förderung mehrdimensionaler Bildungsziele in den Naturwissenschaften – Ergebnisse aus PISA-Ceco

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

Eingegangen: 1. Mai 2025 / Überarbeitet: 22. Februar 2026 / Angenommen: 2. April 2026
© The Author(s) 2026

Zusammenfassung Dieser Beitrag untersucht den Zusammenhang zwischen der

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

Prof. Dr. Knut Neumann
E-Mail: neumann@leibniz-ipn.de

Dr. Dustin Schiering
E-Mail: schiering@paedagogik.uni-kiel.de

Dr. Christina Ehras
Fakultät für Biologie und Volknische Medizin, Universität Regensburg, Sedanstraße 1, 93047 Regensburg, Deutschland
E-Mail: christina.ehras@ur.de

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

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

Anna Heinle · Prof. Dr. Anja Schiepe-Tiska
Institut für Schulpädagogik, Universität Koblenz, Universitätsstraße 1, 56070 Koblenz, Deutschland

Anna Heinle
E-Mail: aheinle@uni-koblenz.de

Prof. Dr. Anja Schiepe-Tiska
E-Mail: schiepe-tiska@uni-koblenz.de

Published online: 07 May 2026

professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften, der Qualität des Unterrichtsangebots und dem Erreichen mehrdimensionaler Bildungsziele in den Naturwissenschaften. Die Befundlage zu dieser theoretisch beschriebenen Wirkkette ist in den Naturwissenschaften uneinheitlich, was auf unterschiedliche Operationalisierungen zurückgeführt wird. Anhand einer differenzierten Erfassung des fachdidaktischen Wissens (FDW) und des Enthusiasmus der Lehrkräfte analysieren wir, inwiefern diese mit dem generischen und fachspezifischen kognitiv aktivierenden sowie motivationalen Potenzial von Leistungsaufgaben zusammenhängen und ein Einfluss auf die Kompetenzen der Schüler:innen besteht. Daten von $N = 31$ Naturwissenschaftslehrkräften und ihren $N = 630$ Schüler:innen wurden verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass deklaratives FDW zwar mit dem motivationalen Potenzial von Aufgaben korreliert, jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen den professionellen Kompetenzen und den Kompetenzen der Lernenden existiert. Das motivationale sowie das fachspezifische kognitiv aktivierende Potenzial der Aufgaben hängen mit den Kompetenzen der Schüler:innen zusammen.

Schlüsselwörter Professionelle Handlungskompetenz · Fachdidaktisches Wissen · Mehrdimensionale Bildungsziele · Leistungsaufgaben

Relationships between teacher professional competence, instructional practice and the promotion of multidimensional learning outcomes in science—Findings from PISA-Ceco.

Abstract This study examines the relationship between teachers' professional competence, the quality of instruction and the achievement of multidimensional educational goals in science. For science education, the existing body of research on this theoretical causal chain remains highly inconsistent, which can be attributed to varying operationalizations. By employing a differentiated assessment of pedagogical content knowledge (PCK) and teacher enthusiasm, we analyze to what extent

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

Benjamin Münch · Dr. Victoria Telser · Prof. Dr. Oliver Tepner
Didaktik der Chemie, Universität Regensburg, Universitätsstraße 31, 93053 Regensburg, Deutschland

Benjamin Münch
E-Mail: benjamin.muench@ur.de

Dr. Victoria Telser
E-Mail: victoria.telser@ur.de

Prof. Dr. Oliver Tepner
E-Mail: oliver.tepner@ur.de

Dr. Dustin Schiering
Abteilung Schulpädagogik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Olshausenstr. 75, 24118 Kiel, Deutschland

these factors are related to the generic and domain-specific cognitive activating as well as the motivational potential of exam tasks and to which degree an influence on students' competencies can be found. For this purpose, data from $N = 31$ science teachers and their $N = 630$ students were analyzed. While declarative PCK correlates with the motivational potential of the task, no direct relationship between teachers' competencies and students' competencies can be observed. However, both the motivational as well as the domain-specific cognitive activating potential of the tasks are associated with students' competencies.

Keywords Professional competence · Pedagogical content knowledge · Multidimensional educational goals · Exam tasks

1 Einleitung

Die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften gilt als eine zentrale Determinante für effektiven Unterricht (Baumert und Kunter 2006). Dabei wird angenommen, dass sich kognitive und motivationale Aspekte der professionellen Handlungskompetenz in der Qualität der Lernangebote durch die Lehrkräfte im Unterricht widerspiegeln. Die Qualität der Angebote wiederum wirkt sich maßgeblich auf deren Nutzung durch die Schüler:innen und damit das Erreichen der Ziele des Unterrichts aus (Blömeke et al. 2015; Helmke 2017; Krauss et al. 2020; Kunter et al. 2013; Schiepe-Tiska 2019). Diese Wirkkette wurde jedoch bisher nicht vollständig empirisch gestützt, bzw. es liegen zum Teil widersprüchliche Befunde zu einzelnen Teilen der Wirkkette vor.

Eine der umfangreichsten Untersuchungen der Wirkkette stammt aus dem COACTIV Projekt (Baumert und Kunter 2011). Dabei konnte in dieser mathematikspezifischen Untersuchung vor allem eine Wirkung verschiedener Aspekte der professionellen Kompetenz auf die Unterrichtsqualität nachgewiesen werden. So zeigte sich ein positiver Effekt des fachdidaktischen Wissens (FDW) der Lehrkräfte auf verschiedene Aspekte der Unterrichtsqualität wie z. B. das kognitive Potenzial der eingesetzten Aufgaben oder etwa die von den Schüler:innen wahrgenommene konstruktive Unterstützung (Baumert und Kunter 2011). Für das FDW zeigte sich zudem eine über die Unterrichtsqualität vermittelte Wirkung auf die Kompetenzentwicklung der Schüler:innen (Baumert und Kunter 2011).

Für die Naturwissenschaften stellt sich die Befundlage deutlich diverser dar. So wurden im Projekt ProwiN zunächst auf Basis eines gemeinsamen theoretischen Rahmenmodells Testinstrumente für das FDW in den Fächern Biologie, Chemie und Physik entwickelt (Tepner et al. 2012). Während sich weder in Physik noch in Biologie ein direkter Effekt des FDW auf das Lernen der Schüler:innen zeigte (Cauet et al. 2015; Förtsch et al. 2016), wurden in Chemie und Biologie Zusammenhänge mit der Unterrichtsqualität gefunden (Förtsch et al. 2016; Strübe et al. 2017), die somit auch den Zusammenhang zwischen dem FDW und dem Lernen der Schüler:innen vermittelten (siehe auch Förtsch et al. 2018; Keller et al. 2017). Gleiche Zusammenhänge ließen sich für die Physik nicht zeigen (Cauet et al. 2015; Liepertz und Borowski 2019). Auch in der Meta-Analyse von Studien aus der Mathematik

und den Naturwissenschaften von Fukaya et al. (2025) zeigt sich lediglich ein schwacher, signifikanter Zusammenhang zwischen dem FDW und der Unterrichtsqualität sowie ein nicht-signifikanter Zusammenhang mit dem Lernen der Schüler:innen. Als mögliche Ursache für die Ergebnisse diskutieren Fukaya et al. (2025) „whether we are measuring academic achievement in line with PCK“ (S. 14). So werden die professionelle Handlungskompetenz ebenso wie die Qualität der Unterrichtsgestaltung häufig generisch und nicht bezogen auf den jeweiligen Unterrichtsansatz erfasst (Heinle et al. im Druck; Praetorius und Gräsel 2021). Während in der Mathematik die herausgehobene Bedeutung der kognitiven Anforderungen der Aufgaben für die Gestaltung des Unterrichts fokussiert wurde (Baumert und Kunter 2011), bedarf es für die Naturwissenschaften analoger spezifischer Qualitätsmerkmale für den Einsatz naturwissenschaftlicher Tätigkeiten wie dem Experimentieren (Osborne und Dillon 2008).

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, die professionellen Handlungskompetenzen der Lehrkräfte sowie die Unterrichtsgestaltung differenziert und spezifisch für die Naturwissenschaften zu modellieren und somit die theoretisch angenommene Wirkkette von der Lehrkraft zu den Schüler:innen in den Blick zu nehmen. Während die bisherige Forschung in den Naturwissenschaften überwiegend kognitive Unterrichtsziele fokussierte, finden weitere zentrale Bildungsziele wie die Förderung von Interesse zudem wenig Berücksichtigung (Schiepe-Tiska et al. 2016). In PISA-Erhebungen werden zwar mehrdimensionale Bildungsziele berücksichtigt, bisher fehlte jedoch eine Verknüpfung mit Daten auf der Lehrkräfteseite. Die vorliegende Studie greift daher auf Daten aus PISA 2022 und der nationalen Ergänzung PISA-Ceco zurück und ermöglicht durch dieses Vorgehen eine vertiefte Exploration des Zusammenhangs zwischen dem Erreichen mehrdimensionaler Bildungsziele und den Kompetenzen von Lehrkräften sowie deren Gestaltung des Unterrichts.

2 Theoretischer Rahmen

Eine Synthese bisheriger Modellannahmen zu den Zusammenhängen zwischen der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte und den Kompetenzen der Schüler:innen bietet das Kaskadenmodell von Krauss et al. (2020). Das Modell beschreibt fünf aufeinander aufbauende Säulen: Die professionelle Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) beeinflusst die situationsspezifischen Fähigkeiten (Blömeke et al. 2015), wobei diese Fähigkeiten wiederum die Gestaltung des Unterrichts bestimmen. Zu den situationsspezifischen Fähigkeiten gehören dabei nach Blömeke et al. (2015) Fähigkeiten zur Wahrnehmung und Interpretation von sowie zur Entscheidungsfindung in spezifischen Unterrichtssituationen. Die vierte Säule des Kaskadenmodells greift Aspekte der Lernprozessvermittlung für die aktive Teilnahme und Nutzung von Lerngelegenheiten durch Schüler:innen auf, wie sie im Angebots-Nutzungs-Modell beschrieben werden (Helmke 2017). Die letzte Säule repräsentiert die mehrdimensionalen Bildungsziele der Schüler:innen darunter etwa Wissens- bzw. Kompetenzzuwächse, Motivation und Lernfreude. Während somit die erste und letzte Säule Dispositionen auf Seiten der Lehrkraft bzw. der Lernenden beschreibt und die Qualität der Unterrichtsgestaltung ebenfalls beobachtbar ist, handelt

es sich bei den situationsspezifischen Fähigkeiten der Lehrkräfte und den Lernprozessvermittlungen der Schüler:innen, um mögliche Mediatoren in der theoretischen Wirkkette (Krauss et al. 2020). Daher fokussieren wir im vorliegenden Beitrag auf den Zusammenhang der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften mit der Gestaltung des Unterrichts und der Förderung mehrdimensionaler Bildungsziele auf Seiten der Schüler:innen.

2.1 Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften

Die professionelle Kompetenz nach Baumert und Kunter (2006) umfasst neben dem Professionswissen der Lehrkraft, auch Überzeugungen, motivationale Orientierungen sowie selbstregulative Fähigkeiten. Auch im internationalen Diskurs wird basierend auf dem sogenannten Refined Consens Model of PCK davon ausgegangen, dass Professionswissen basierend auf persönlichen Filtern wie Überzeugungen oder motivationalen Orientierungen die Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht beeinflusst (Carlson et al. 2019). Sowohl national als auch international steht dabei das FDW als professionsspezifische Wissensbasis im Fokus (Shulman 1986).

2.1.1 Fachdidaktisches Wissen

Shulman (1987) definiert das FDW als das Wissen einer Lehrkraft, das notwendig ist, um fachliche Inhalte so aufzubereiten, dass sie für Schüler:innen verständlich werden. In einem systematischeren Zugang gliedern Magnusson et al. (1999) das FDW in den Naturwissenschaften in die Aspekte *students understanding of science, instructional strategies, science curricula* und *assessment of scientific literacy* (siehe auch Park und Oliver 2008). Den Vorschlägen folgend operationalisieren neuere Arbeiten aus der Mathematikdidaktik und den verschiedenen Naturwissenschaftsdidaktiken das FDW als das Wissen über Schülervorstellungen und Schülerfehler, das Wissen über instruktionale Strategien zur Erklärung und zur Repräsentation fachlicher Inhalte, das Wissen über Bildungsziele und Lehrpläne, sowie das Wissen über Möglichkeiten der Leistungsdiagnostik (u. a. zum Potenzial von Aufgaben; Gramzow et al. 2013; Hohenleitner et al. 2025; Kirschner et al. 2017; Krauss et al. 2017; Sorge et al. 2019). Darüber hinaus integrieren Gramzow et al. (2013) in ihrem Modell zum FDW von Physiklehrkräften als eine von acht Facetten „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“, die auf eine zentrale Erkenntnisgewinnungsmethode der Naturwissenschaften rekurriert. Neben einer Charakterisierung der Facetten des FDW unterscheiden Kirschner et al. (2017) drei Wissensarten: (a) Deklaratives Wissen, das sich auf Faktenwissen bezieht („Wissen was“), (b) prozedurales Wissen, das sich auf die Kenntnis von Handlungen und Prozessen im Unterricht bezieht („Wissen wie“), sowie (c) konditionales Wissen, das sich auf Wissensaspekte zu Bedingungen bezieht, zu denen eine Handlung angemessen und sinnvoll ist („Wissen wann und warum“).

2.1.2 Enthusiasmus von Lehrkräften

Der Enthusiasmus der Lehrkräfte ist eine zentrale motivationale Orientierung von Lehrkräften (Baumert und Kunter 2006), der sich in einen Enthusiasmus für das Unterrichten und einen auf das Fach bezogenen Enthusiasmus gliedert (u. a. Kunter et al. 2011). Während unter dem unterrichtsbezogenen Enthusiasmus die wahrgenommene Freude an der Tätigkeit des Unterrichtens verstanden wird, umfasst der fachbezogene Enthusiasmus positive Valenzen bezogen auf die eigene Beschäftigung mit den Fachinhalten (Kunter et al. 2011). Der in dieser Form erlebte Enthusiasmus stellt somit eine Disposition auf Seiten der Lehrkräfte dar (Keller et al. 2016). Er ist abzugrenzen von einem performativen Enthusiasmus, der durch einen besonders expressiven und animierenden Unterrichtsstil gekennzeichnet ist und der somit eher als Aspekt der Unterrichtsgestaltung verstanden werden kann (z. B. Brophy und Good 1986; Keller et al. 2018).

2.2 Gestaltung des Unterrichts

Qualitätsvoller Unterricht manifestiert sich in einer Vielzahl von Merkmalen (Seidel und Shavelson 2007). Diese schlagen sich insbesondere in der Gestaltung von Aufgaben nieder (Hill und Charalambous 2012; Neubrand 2002). Aufgaben sind das primäre Strukturierungs- bzw. Gestaltungselement des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Sie reflektieren die Bildungsziele der Lehrkraft und bilden die Grundlage für die Kompetenzentwicklung der Schüler:innen (Neubrand et al. 2002). Dabei muss in Anlehnung an das Kaskadenmodell von Krauss et al. (2020) unterschieden werden, welches Potenzial Aufgaben besitzen und wie diese von den Schüler:innen genutzt werden (siehe auch Hammer 2015). In diesem Sinne kann das Aufgabenpotenzial als Indikator für die Qualität des Unterrichts angesehen werden (Glegola et al. 2024; Martínez et al. 2012). Zu beachten ist dabei jedoch, dass Aufgaben sowohl für den Kompetenzerwerb im Unterricht als sogenannte Lernaufgaben als auch zur Kompetenzüberprüfung als Leistungsaufgaben eingesetzt werden können (Schiepe-Tiska et al. 2026). Dabei ist davon auszugehen, dass die in Leistungsaufgaben adressierten Kompetenzen bereits durch entsprechende Lernaufgaben vorbereitet werden sollen und somit nicht nur Ziele von Unterricht widerspiegeln, sondern auch Rückschlüsse zur Gestaltung des eigentlichen Unterrichts erlauben (Drüke-Noe 2014). In einer ersten Analyse von Schiepe-Tiska et al. (2026) konnte dabei eine breite Adressierung von Fachkenntnissen und Fachmethoden in Lern- und Leistungsaufgaben gezeigt werden, was als ein teilweises Alignment zwischen den beiden Aufgabentypen interpretiert werden kann (Biggs 1996). Zu beachten sind dabei jedoch schularten- und domänenspezifische Besonderheiten, wie beispielsweise eine stärkere Adressierung des Kompetenzbereichs Kommunikation in den Naturwissenschaften an Gymnasien (Schiepe-Tiska et al. 2026).

2.2.1 Aspekte der Gestaltung von Unterricht

Eine grundlegende Dimension der Qualität des Unterrichtsangebots ist die kognitive Aktivierung (siehe auch Neumann et al. 2012; Praetorius et al. 2018). Kognitive

Aktivierung wird als Anregung zu fachlich gehaltvollem Lernen verstanden, das zu einem tieferen Verständnis der Inhalte führt (Blum et al. 2012). Dafür spielt das Potenzial der eingesetzten Aufgaben eine entscheidende Rolle (Baumert und Kunter 2011; Ergönenc et al. 2014). So wurde in COACTIV beispielsweise das kognitiv aktivierende Potenzial von Lernaufgaben über die Anforderungen bei der Modellierung und der Argumentation als Indikator für kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten operationalisiert (Baumert und Kunter 2011). In ähnlicher Weise nutzten Keller et al. (2017) für die Physik die Komplexität der im Unterricht eingesetzten Aufgaben als Maß für die kognitive Aktivierung. Neben diesen generischen Aspekten des kognitiven Potenzials von Aufgaben, wird im Zuge einer Weiterentwicklung der Aufgabenkultur in den Naturwissenschaften verstärkt der Einsatz von Experimenten gefordert (Leisen 2006). Durch das Formulieren von Hypothesen, die Kontrolle von Variablen sowie der theoriegeleiteten Interpretation der Befunde dienen naturwissenschaftliche Tätigkeiten der kognitiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand (z. B. Tesch und Duit 2004). Somit kann durch den Einbezug von Experimenten in Aufgaben deren fachspezifisches Potenzial zur kognitiven Aktivierung gesteigert werden. So konnten Heinle et al. (im Druck) auch zeigen, dass eine getrennte Modellierung des allgemeinen und fachspezifischen Potenzials zur kognitiven Aktivierung in Lern- und Leistungsaufgaben möglich ist. Der Einbezug von Experimenten zur Steigerung des fachspezifischen kognitiven Potenzials von Aufgaben wird jedoch beispielsweise in Leistungsaufgaben nur selten beobachtet (Kühn 2011).

Eine weitere zentrale Dimension für die Qualität des Unterrichtsangebots ist das Potenzial zur Motivierung (vgl. Lazarides und Schiepe-Tiska 2022). Modelle der klassischen Motivationspsychologie beschreiben, dass personenspezifische Merkmale wie die Befriedigung psychologischer Grundbedürfnisse nach sozialer Eingebundenheit, Kompetenz- und Autonomieerleben durch Merkmale in der Lernsituation beispielsweise durch Aufgaben angeregt werden müssen (Deci und Ryan 2000). Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird insbesondere durch den Einbezug der Lebenswelt der Schüler:innen ein motivierendes Lernumfeld geschaffen (z. B. Krajcik und Blumenfeld 2006). Dabei muss jedoch der Einsatz motivational anregender Aufgaben bei Lern- und Leistungsaufgaben differenziert betrachtet werden. Für Lernaufgaben in den Naturwissenschaften wird das motivationale Potenzial insbesondere durch Kontextualisierungen bereits umfassend diskutiert (z. B. Habig et al. 2018; Watzka und Girwidz 2015). Für standardisierte Leistungsaufgaben hingegen könnte ein motivationales Potenzial beispielsweise durch ein gesteigertes Autonomieempfinden als eher hinderlich eingeschätzt werden, da dies einer möglichen Standardisierung zuwiderlaufen kann. Geht man jedoch davon aus, dass Leistungsaufgaben die tatsächlichen Fähigkeiten von Schüler:innen erfassen sollen, müssen Lernende durch die Aufgaben motiviert werden, diese Fähigkeiten auch zu demonstrieren (Borger et al. 2025; Pellegrino et al. 2001). Daher sollten auch Leistungsaufgaben ein motivational anregendes Potenzial für Lernende bieten (vgl. Heinle et al. 2022; Schiepe-Tiska et al. 2026).

2.2.2 Professionelle Kompetenz und Unterrichtsgestaltung

In der bisherigen Forschung zeigte sich wiederholt ein positiver Zusammenhang zwischen dem FDW und der kognitiven Aktivierung im Unterricht (z. B. Keller et al. 2017; Kunter et al. 2013). Fauth et al. (2019) hingegen konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem FDW und der kognitiven Aktivierung feststellen. Die Ursache dafür lag den Autor:innen zufolge darin, dass die Lehrkräfte ein vorgegebenes Curriculum umsetzen sollten und das volle Potenzial ihres FDW (z. B. Wissen über Instruktionsstrategien) nicht ausschöpfen konnten. Zudem wurde die kognitive Aktivierung in diesen Studien unterschiedlich über die Bewertung des Potenzials der eingesetzten Aufgaben, Ratings von Unterrichtsvideos und Fragebögen erhoben. Dabei wurden sowohl generische Aspekte wie die Komplexität (Keller et al. 2017) als auch naturwissenschaftsspezifische Aspekte wie die Erklärung von Experimenten (Fauth et al. 2019) berücksichtigt. Somit könnten mögliche Erklärungen für divergierende Befunde in der unterschiedlichen Spezifität und Erhebungsmethodik liegen, mit der das FDW und die Unterrichtsqualität erfasst wurden (Fukaya et al. 2025). Dabei lassen sich die Überlegungen zum theoretisch erwarteten Zusammenhang zwischen dem FDW und der kognitiven Aktivierung (siehe auch Cauet et al. 2015) auch auf Aspekte der Motivierung zunächst übertragen. Hierzu existiert jedoch nur sehr begrenzt Forschung, wobei beispielsweise Keller et al. (2017) keinen Zusammenhang zwischen dem FDW und dem enthusiastischen Unterrichten finden konnten.

Für den Enthusiasmus der Lehrkräfte wurden bisher Zusammenhänge zur wahrgenommenen Qualität des Unterrichts (z. B. konstruktive Unterstützung, Klassenmanagement) identifiziert (Keller et al. 2017; Kunter et al. 2013). Daher ist davon auszugehen, dass enthusiastischere Lehrkräfte qualitativ hochwertigeren Unterricht umsetzen, der sich insbesondere in Form einer höher ausgeprägten konstruktiven Unterstützung zeigt. So finden beispielsweise auch Frommelt et al. (2021) einen positiven Zusammenhang zwischen dem Enthusiasmus und konstruktiver Unterstützung, der durch die von den Schüler:innen wahrgenommene Autonomie, ihr Kompetenzerleben und die soziale Eingebundenheit deutlich wurde. Dieser Befund deutet daraufhin, dass enthusiastischere Lehrkräfte die Bedürfnisse ihrer Schüler:innen stärker berücksichtigen und daher auch ein höheres motivationales Potenzial in ihren Aufgaben zu finden sein könnte. Hierzu bedarf es jedoch ebenfalls weiterer Forschung.

2.3 Mehrdimensionale Bildungsziele

Kompetenzen als Bildungsziele umfassen der Definition von Weinert (2001) folgend sowohl kognitive als auch motivational-affektive Aspekte. Unter den kognitiven Aspekten der Kompetenz versteht man dabei konzeptuelles, prozedurales sowie epistemisches Wissen, die die Grundlage für spezifische Teilkompetenzen wie das Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene bilden (Kastorff et al. 2023). Obwohl nach Weinert (2001) der Kompetenzbegriff auch motivational-affektive Aspekte umfasst, werden in der Praxis diese Aspekte der Kompetenz häufig ausgeblendet (Klieme und Leutner 2006). Dabei stellt die Motivation ein wichtiges Kriterium dar –

gerade mit Blick auf Befunde, dass selbst Schüler:innen mit starken Leistungen in den Naturwissenschaften sich gegen einen Beruf im MINT-Bereich entscheiden (Taskinen et al. 2009).

Motivation lässt sich allgemein als Prozess verstehen, der zielgerichtetes Verhalten anregt und aufrechterhält (Schunk et al. 2010). Dieser Prozess wird neben Erwartungen an erfolgreiches Verhalten insbesondere durch den subjektiven Wert der Aufgabe bestimmt, der wiederum durch das Interesse beeinflusst wird (Eccles und Wigfield 2002; siehe auch Zhai und Liu 2025). Krapp (2002) beschreibt dabei das individuelle Interesse einer Person als relativ stabile wert- und gefühlsbezogene Beziehung einer Person zu einem Objekt oder einer Tätigkeit. Auf Grund der herausgehobenen Stellung des Interesses für die Entwicklung von Motivation und damit auch für die schulische und außerschulische Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten (Schiepe-Tiska et al. 2016) zählt die Förderung von Freude und Interesse an den Naturwissenschaften ebenfalls zu den zentralen Bildungszielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Kastorff et al. 2023).

2.3.1 Professionelle Kompetenz, Unterrichtsqualität und Bildungsziele

Die Befunde zum Zusammenhang zwischen dem FDW einer Lehrkraft und der Kompetenz sowie dem Interesse der Schüler:innen fallen unterschiedlich aus. So finden sich eine Reihe von Studien, die keinen oder sogar einen negativen Zusammenhang zwischen dem FDW und der Kompetenzentwicklung finden konnten (Cauet et al. 2015; Fauth et al. 2019). Demgegenüber stehen ebenso Studien, bei denen ein positiver Effekt gezeigt wurde (Keller et al. 2017; She et al. 2024). Studien, die neben der Kompetenz der Schüler:innen auch das Erreichen motivational-affektiver Bildungsziele in den Blick nehmen, liegen bisher nur in geringem Umfang vor (z. B. Fauth et al. 2019; Keller et al. 2017; Kunter et al. 2013), deuten aber ebenfalls einen positiven Effekt des FDW an.

Die Forschung zum Enthusiasmus von Lehrkräften weist auf einen positiven Zusammenhang mit der motivationalen Entwicklung der Schüler:innen hin (z. B. Keller et al. 2017; Lazarides et al. 2019). So konnten beispielsweise Keller et al. (2017) zeigen, dass der Enthusiasmus zum Unterrichten von Physik mit dem Interesse der Schüler:innen am Fach und nicht mit ihrem fachlichen Lernen assoziiert ist. Auch Mahler et al. (2018) konnten keinen Zusammenhang zwischen unterrichtsbezogenem Enthusiasmus und der Leistungsentwicklung der Lernenden in Biologie finden. Im Vergleich dazu fanden Kunter et al. (2013) sowohl einen positiven Effekt des Enthusiasmus auf die Entwicklung der Kompetenzen der Schüler:innen als auch auf ihre Freude an Mathematik; wobei der Effekt auf die Leistung unter Berücksichtigung der von den Schüler:innen wahrgenommenen Unterstützung verschwindet. Insgesamt wird somit deutlich, dass der Enthusiasmus der Lehrkräfte eine wichtige Facette professioneller Kompetenz darstellt, die sich in spezifischen Verhaltensmustern im Unterricht zeigt und insbesondere die Motivation der Schüler:innen beeinflussen kann.

3 Vorliegende Studie

Trotz des breiten Konsenses zur Bedeutung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften für die Gestaltung von qualitätsvollem Unterricht und in der Folge für das Lernen der Schüler:innen, ist diese theoretisch angenommene Wirkkette bisher nicht umfassend belegt. Vielmehr liegen zu einzelnen Elementen dieser Wirkkette heterogene Befunde vor (Fukaya et al. 2025). So variieren zwischen Studien die Zusammenhänge von FDW und Enthusiasmus mit Aspekten der Gestaltung des Unterrichts sowie mit der Kompetenz der Schüler:innen (z. B. Fauth et al. 2019; Kunter et al. 2013). Eine Ursache wird darin vermutet, dass die einzelnen Aspekte des FDW eine unterschiedliche Wirkung haben – je nachdem welche Aspekte der Unterrichtsgestaltung fokussiert werden. Zudem beschränken sich die Studien häufig auf kognitive Aspekte sowohl der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte als auch der Bildungsziele des Unterrichts in den Naturwissenschaften. Dabei sind nicht-kognitive Bildungsziele beispielsweise mit Blick auf die Berufswahl von zentraler Bedeutung (Schiepe-Tiska et al. 2016). Vor diesem Hintergrund geht die vorliegende Studie den folgenden Forschungsfragen nach:

1. Wie hängen FDW und Enthusiasmus der Lehrkräfte mit dem motivational anregenden und kognitiv aktivierenden Potenzial von Leistungsaufgaben als Maß für die Qualität des Unterrichtsangebots in den Naturwissenschaften zusammen?
2. Wie hängen FDW und Enthusiasmus der Lehrkräfte sowie das Potenzial motivational anregender und kognitiv aktivierender Leistungsaufgaben als Maß für die Qualität des Unterrichtsangebots mit der Kompetenz und dem Interesse der Schüler:innen in den Naturwissenschaften zusammen?

4 Methode

Zur Bearbeitung der Forschungsfragen wurde auf Daten aus der internationalen PISA-Studie 2022 sowie der damit verbundenen nationalen Ergänzung PISA-Ceco zurückgegriffen (Müller et al. 2025; Schiepe-Tiska et al. 2025). Im Zuge der nationalen PISA-Ceco Studie wurden Lehrkräfte eingeladen, an einem Online-Fragebogen zur Erhebung ihres FDW sowie ihres Enthusiasmus teilzunehmen. In diesem Zusammenhang wurden die Lehrkräfte ebenfalls gebeten, ihre Leistungsaufgaben des aktuellen Schuljahres (2021/2022) hochzuladen. Leistungsaufgaben umfassen hier schriftliche Prüfungsaufgaben, die in der unterrichteten PISA-Klasse eingesetzt wurden (z. B. Klassenarbeiten). Daten zur naturwissenschaftlichen Kompetenz sowie dem Interesse der Schüler:innen stammen aus der internationalen PISA-Erhebung 2022 sowie dessen nationaler Ergänzung. Da somit nur ein Teil der originären PISA-Stichprobe an der Erhebung teilgenommen hat, hat die vorliegende Studie keinen repräsentativen Anspruch, sondern soll vertiefende Analysen und Kontextualisierungen ausgewählter Befunde der PISA-Erhebung ermöglichen.

4.1 Stichprobe

Die Rekrutierung der Lehrkräfte erfolgte über die Zufallsziehung der PISA-Schulstichprobe. Pro Schule wurden 25 Lehrkräfte zufällig ausgewählt (10 Mathematiklehrkräfte und 15 Lehrkräfte mit weiteren Fächern) (Mang et al. 2023). Für PISA-Ceco wurde die Stichprobe um diejenigen Mathematik- bzw. Naturwissenschaftslehrkräfte erweitert, deren neunte Klassen der klassenbasierten Stichprobe bereits gezogen wurden (Schiepe-Tiska et al. 2025). Die Lehrkräfte wurden zur freiwilligen Teilnahme an PISA-Ceco eingeladen; es erfolgte keine Vergütung. War ein Unterrichtsfach der teilnehmenden Lehrkräfte Mathematik, so wurde diesen Lehrkräften aufgrund des PISA-Schwerpunkts der Fachdidaktikwissenstest für Mathematik zugewiesen, der für diesen Beitrag nicht weiter im Fokus steht (für Details siehe Krauss et al. im Druck). Für die Naturwissenschaftslehrkräfte wurde schließlich bei einer unterrichteten Naturwissenschaft der fachspezifische Fachdidaktikwissenstest ausgegeben. Unterrichteten Personen mehrere Naturwissenschaften, wurde per Zufall ein fachspezifischer Test zur Bearbeitung ausgewählt.

Die hier untersuchte Stichprobe umfasst 31 Naturwissenschaftslehrkräfte, wobei etwa zwei Drittel an Gymnasien unterrichten ($n = 21$). Die Lehrkräfte teilen sich auf die fachspezifischen Teile der Studie folgendermaßen auf: $n = 4$ Biologie, $n = 15$ Chemie und $n = 12$ Physik. Ihre Berufserfahrung als Lehrkraft beträgt im Mittel 14,76 Jahre ($SD = 10{,}31$, $min = 1$, $max = 39$). Für die Frage nach ihrem Ausbildungsweg liegen Antworten von $N = 29$ Lehrkräften vor, wovon $n = 7$ über Quer- und Seiteneinstiege in den Lehrberuf wechselten ($n = 4$ über ein berufsbegleitendes Ausbildungsprogramm und $n = 3$ über andere Wege). Die 31 Lehrkräfte unterrichten 39 Klassen mit insgesamt 630 Schüler:innen, wobei 417 der Schüler:innen ein Gymnasium besuchen. Die durchschnittliche Stichprobengröße pro Klasse beträgt dabei $n = 16{,}15$ Schüler:innen ($SD = 2{,}52$, $min = 5$, $max = 20$).

4.2 Instrumente

4.2.1 Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte

Das FDW der Naturwissenschaftslehrkräfte wurde mit einem Online-Fragebogen erfasst (Hohenleitner et al. 2025). Der Fragebogen enthielt für jedes der Fächer Biologie, Chemie und Physik Items zu den folgenden drei Facetten: Wissen über (1) kognitive Schülerfehler und -schwierigkeiten (Skog), (2) Erklärungen und Repräsentationen von Inhalten (E&R), und (3) Potenzial von Lerngelegenheiten zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen (Pot) (siehe Hohenleitner et al. 2025; in Anlehnung an Krauss et al. 2017; Park und Oliver 2008).

Jede der drei Facetten wurde durch zwei offene Items operationalisiert, die jeweils mehrere Lösungen zulassen bzw. erfordern (siehe Tab. 1). Sie wurden in einem iterativen Prozess mit Vertreter:innen der drei Naturwissenschaftsdidaktiken möglichst analog erstellt: (1) Die Items adressieren zwei oder drei Themen pro Fach (Biologie z. B. Genetik; Chemie z. B. saure und basische Lösungen, Physik z. B. elektrische Stromkreise); (2) Die Themen decken zentrale Themenfelder der fachspezifischen Lehrpläne aller Bundesländer für die Sekundarstufe I ab; (3) In den

Tab. 1 Beispielitem zu jeder im Test repräsentierten Facette aus jeweils einem Fach

FDW-Facette	Fach	Beispielitem
Kognitive Schülervorstellungen und -fehler (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.
Erklärungen und Repräsentationen (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.
Potenzial von Lerngelegenheiten zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen (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.

Facetten Skog und E&R werden Lehrkräfte aufgefordert, möglichst viele verschiedene Schülervorstellungen respektive Erklärvarianten zu explizieren. Jede inhaltlich korrekte Nennung wird mit einem Punkt bewertet; die erreichte Punktzahl ergibt sich durch Aufsummierung pro Item. Die Facetten Skog und E&R beziehen sich damit eher auf deklaratives Wissen (Kirschner et al. 2017). (4) In der Facette Pot werden Lehrkräfte nach einer Unterrichtsskizze zu forschend-entdeckendem Lernen anhand eines vorgegebenen Themas befragt, wobei jeweils entweder das Stellen von Fragen, die Arbeit mit Modellen oder das Durchführen und Auswerten von Experimenten als zentrale naturwissenschaftliche Tätigkeit im Fokus stehen (Gramzow et al. 2013; Kultusministerkonferenz 2024; NGSS Lead States 2013). Die Antworten wurden entlang enthaltener Aspekte des schülerorientierten Unterrichts und der Phasen des Erkenntnisgewinnungsprozesses bewertet. Auch hier ergibt sich die erreichte Punktzahl durch Aufsummierung pro Item. Die Facette Pot fokussiert damit eher konditionales und prozedurales Wissen. Somit erfolgt eine format- und strukturäquivalente Gestaltung der Items, die eine vergleichbare Auswertung ermöglichen soll.

Für die Bearbeitung war ein zeitlicher Rahmen von ca. 30 min vorgegeben. Die Codierung basiert auf einem initial deduktiv entwickelten Kategoriensystem, das anschließend induktiv erweitert wurde. Das vollständige Kategoriensystem ist in Hohenleitner et al. (2025) zu finden. Die Interraterreliabilität weist für die ermittelten Punktescores gemessen an Spearmans Rho eine Spannweite von $r = 0{,}73$ (Physik) bis $r = 0{,}99$ (Biologie) auf und ist damit insgesamt als sehr gut einzuordnen (Hohenleitner et al. 2025).

4.2.2 Enthusiasmus der Lehrkräfte

Der Enthusiasmus der Lehrkräfte wurde in Anlehnung an Kunter et al. (2011) als Begeisterung für das Unterrichten im Allgemeinen (ENT-U) sowie für das Unterrichtsfach im Besonderen (ENT-F) konzeptualisiert. Beide Facetten werden mit jeweils vier Items als Selbsteinschätzung der Lehrkräfte auf einer vierstufigen Likert-Skala abgefragt. Die Facette der Begeisterung für das Unterrichten im Allgemeinen wurde beispielsweise durch das Item „Es macht mir Freude zu unterrichten" operationalisiert und die Facette der Begeisterung für das Unterrichtsfach durch das Item „Ich finde mein Fach spannend" (Todtenhöfer et al. 2025). Beide Skalen zeigen dabei sehr gute Reliabilitäten (ENT-U: $\alpha = 0{,}82$, ENT-F: $\alpha = 0{,}85$).

4.2.3 Qualität der Unterrichtsgestaltung

Die Leistungsaufgaben der Lehrkräfte wurden hinsichtlich ihres Potenzials zur kognitiven Aktivierung (PKA) sowie ihres motivationalen Potenzials (MP) analysiert (siehe Heinle et al. 2025). Die Analyse erfolgte für Aufgaben aus Physik, Chemie und Biologie in gleicher Weise, da die zugrunde liegenden Kategorien strukturelle und motivationsbezogene Merkmale von Aufgabenstellungen erfassen und nicht an spezifische fachliche Inhaltsbereiche gebunden sind. Die kognitive Aktivierung wurde zum einen generisch (PKA-G) anhand der Kategorien *Arbeitsauftrag, Lösung, Lösungsweg* (= Offenheit), *konstruierter, authentischer und realer Lebensweltbezug* (= Lebensweltbezug), sowie den weiteren Kategorien *inhaltlich sprachliche Komplexität, Möglichkeit zur Vertiefung eines Themas, Metakognition, Vorwissen, Argumentieren* und *Kommunikation im Klassenverband* kodiert. Das fachspezifische Potenzial zur kognitiven Aktivierung (PKA-F) erfolgte anhand der Kodierungen *dokumentiertes Experiment, gedankliches Experiment, Demonstrationsexperiment* und *Schülerexperiment* (Heinle et al. 2025; vgl. Heinle et al. im Druck). Diese Kategorien beziehen sich folglich auf das Experiment als gemeinsame naturwissenschaftliche Tätigkeit und sind damit domänenübergreifend anschlussfähig.

Zur Erfassung des motivationalen Potenzials (MP) wurden die folgenden fünf fachübergreifende Merkmale nach Heinle et al. (2022) kodiert, die sich jeweils aus Subkategorien zusammensetzen (hier in Klammern gelistet): *soziale Eingebundenheit* (Partner- und Gruppenarbeit, Kommunikation im Klassenverband), *Kompetenzunterstützung* (Feedback, Möglichkeit zur Präsentation der Kompetenz, Möglichkeit zur Vertiefung eines Themas), *Autonomieunterstützung* (kognitiv, organisatorisch, prozedural, Wahlmöglichkeit von Beispielen), *Lebensweltbezug* und *innere Differenzierung* (Zielstruktur, Inhaltsstruktur, Prozessstruktur, Handlungsstruktur, Sozialstruktur) (siehe auch Heinle et al. 2025). Alle Kategorien wurden dichotom kodiert (vorhanden vs. nicht-vorhanden). Die relative Häufigkeit der einzelnen Kategorien sind den Tab. 5, 6 und 7 im Anhang zu entnehmen. Insgesamt haben die 31 Lehrkräfte 831 Analyseeinheiten hochgeladen, was durchschnittlich $n = 39{,}15$ Analyseeinheiten entspricht ($SD = 24{,}94$, $min = 3$, $max = 100$). Jede Teilaufgabe einer Prüfung (d. h. einer Klassenarbeit oder eines Tests) mit einem eigenständigen Arbeitsauftrag wurde als einzelne Analyseeinheit behandelt.

4.2.4 Kompetenz der Schüler:innen

Im Rahmen der internationalen Bildungsvergleichsstudie PISA werden alle drei Jahre unter anderem die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von fünfzehnjährigen Schüler:innen mit einem computerbasierten Test erfasst (OECD 2024). Die Aufgaben können drei Teilkompetenzen zugeordnet werden (Phänomene naturwissenschaftlich erklären, naturwissenschaftliche Forschung bewerten und Untersuchungen planen und Daten und Evidenz naturwissenschaftlich interpretieren) und erfassen konzeptuelles, prozedurales und epistemisches Wissen (Kastorff et al. 2023). Die Fähigkeiten der Schüler:innen wurden mit Hilfe von zehn Plausible Values geschätzt (Heine 2023).

4.2.5 Freude und Interesse an Naturwissenschaften

Die Freude und das Interesse von Schüler:innen an den Naturwissenschaften wurden im Rahmen der PISA-Studie 2022 als nationale Ergänzung mithilfe von Selbsteinschätzungen erfasst (Müller et al. 2025). Dabei kam eine Skala zum Einsatz, die bereits in der PISA-Erhebung 2015 verwendet wurde, als die Naturwissenschaften den Schwerpunkt bildeten (Mang et al. 2019). Sie umfasst fünf Items, die Aspekte von Freude und Interesse in Bezug auf die Naturwissenschaften und damit sowohl wert- als auch gefühlsbezogene Komponenten des individuellen Interesses abbilden (Krapp 2002) (z. B. „Im Allgemeinen macht es mir Spaß, mich mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen."). Die Antworten erfolgten auf einer vierstufigen Likert-Skala und besitzen in der vorliegenden Studie mit $\alpha = 0{,}93$ eine sehr gute Reliabilität.

4.3 Statistische Analysen

Da sich das FDW der Lehrkräfte auf drei unterschiedliche naturwissenschaftliche Fächer (Biologie, Chemie, Physik) verteilt und jeweils mit fachspezifischen Tests erfasst wurde, wurde für die Analysen ein domänenübergreifender Index für das naturwissenschaftliche FDW gebildet. So können Zusammenhänge zwischen dem FDW, der Qualität des Unterrichtsangebots und den erreichten Bildungszielen fachübergreifend analysiert werden (ohne die Fachdomänen in ihrer Ausprägung zu vergleichen). Hierzu wurden zunächst die Daten aller Lehrkräfte berücksichtigt, die an PISA-Ceco teilgenommen haben, aber nicht notwendigerweise Leistungsaufgaben abgegeben haben. Dazu konnten gültige Daten von insgesamt $n = 153$ Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräften herangezogen werden. Da jede Lehrkraft ausschließlich den Test für ihr jeweiliges Fach bearbeitet hat, ist eine teststatistische Verlinkung der einzelnen Fachtests nicht möglich. Zur Erstellung eines domänenübergreifenden Index wurden daher zunächst die fachspezifischen Antworten pro Item z-standardisiert und anschließend der Summenscore über alle Facetten gebildet (Cronbachs $\alpha = 0{,}77$). Dieses Vorgehen stellt sicher, dass Items unabhängig von ihrer Maximalpunktzahl gleichgewichtet in den Gesamtwert eingehen. Zudem führt dieses Vorgehen im Vergleich zu einem hierarchischen Modell mit einem zufälligen Effekt für die einzelnen Fächer zu geringeren Werten bei den Informationskriterien AIC und BIC.

Für eine differenzierte Analyse des FDW wurden entsprechende Subskalen gebildet. Da sich die Facetten Schülervorstellungen und -fehler (Skog) und Strategien zur Erklärung und Repräsentation (E&R) nicht als reliable Subskalen etablieren ließen, wurden sie in einer Facette Schülerkognition und instruktionale Strategien (SK&IS) zusammengefasst (FDW-SK&IS, Cronbachs $\alpha = 0{,}67$). Diese Subskala repräsentiert das eher deklarative FDW der Lehrkräfte. Für die Facette zum Potenzial der Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen (Pot), welche konditionales und prozedurales Wissen repräsentiert, ließ sich eine reliable Subskala bilden (FDW-Pot, Cronbachs $\alpha = 0{,}61$).

Die drei Aspekte der Unterrichtsgestaltung (PKA-G, PKA-F und MP) wurden doppelt kodiert. Die prozentuale Übereinstimmung lag mit einer Übereinstimmung zwischen 90 und 100 % auf einem hohen Niveau (Heinle et al. 2025). Um für die Möglichkeit zufälliger Übereinstimmungen zu korrigieren, wurde der Koeffizient Gwets AC1 berechnet, der Werte von 0,80 bis 1 aufweist. Somit kann eine hohe Auswertungsobjektivität bestätigt werden (Wirtz und Caspar 2002). Anschließend wurde für jedes der drei theoretisch latenten Konstrukte ein eindimensionaler IRT-Skalierungsansatz angewendet (Heine 2021). Dabei repräsentiert die Schätzung der „Personen"-Maße die Ausprägung einer Kategorie innerhalb einer Aufgabenanalyseeinheit (für weitere Informationen siehe Heinle et al. 2022, 2025). Für die IRT-Skalierung wurden nur solche Kategorien berücksichtigt, die mindestens zweimal vorkamen (siehe Tab. 5, 6 und 7 im Anhang). Die Skalen wurden auf einer latenten Metrik geschätzt, die typischerweise Werte im Bereich von etwa –4 bis +4 annehmen kann. Innerhalb dieser Skala stehen positive Werte für eine überdurchschnittliche Ausprägung des Konstrukts, während negative Werte entsprechend für eine unterdurchschnittliche Ausprägung sprechen. Insgesamt zeigen die Fit-Indizes, dass das angewandte IRT-Modell für alle drei Skalen die zugrundeliegende Datenstruktur angemessen repräsentiert. Für die globale Modellanpassung zeigte der Andersen-Test keine signifikante Abweichung von der Modellanpassung für alle drei Skalen. Dies deutet auf eine insgesamt gute Anpassung des Skalierungsmodells für die drei Skalen hin. Auch die Koeffizienten der Yen's Q3-Statistiken lagen für PKA-F ($rQ3 = 0{,}185$) und MP ($rQ3 = 0{,}135$) unter dem empfohlenen Grenzwert von $rQ3 < 0{,}200$ (siehe Christensen et al. 2017). Lediglich für PKA-G lag der Wert mit $rQ3 = 0{,}418$ über dem empfohlenen Grenzwert. Die Koeffizienten der Root-Mean-Square-Fit-Indizes (MSQ) für die Items zeigten durchgehend OUTFIT- und INFIT-Werte, die kleiner als der erwartete Wert von $MSQexp. = 1$ waren. Dies weist auf eine Modell-Überanpassung hin, was bedeutet, dass das Modell besser an das Rasch-Modell angepasst ist als erwartet (Wright und Masters 1982). Für die weiteren Analysen wurden die resultierenden Personenparameter auf Lehrkräfteebene aggregiert, sodass jede Lehrkraft mit genau einem latenten Skalenwert pro Dimension in den weiteren Analysen berücksichtigt wurde.

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen FDW und Enthusiasmus auf der einen Seite und des Unterrichtsangebots auf der anderen Seite wurden zunächst bivariate Korrelationen berechnet. Um anschließend den Zusammenhang zwischen der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte, der Qualität der Unterrichtsgestaltung und den auf Schüler:innenseite erreichten mehrdimensionalen Bildungszielen zu analysieren, wurden Mehrebenenmodelle verwendet, sodass die genestete Struk-

tur der Daten – Schüler:innen sind einzelnen Lehrkräften zugeordnet – berücksichtigt wird. Hierzu wurde zunächst ein Nullmodell bestimmt, um die Varianzaufteilung zu bestimmen. In einem nächsten Schritt wurden in Modell 1 der Gesamtscore des FDW sowie die beiden Dimensionen des Enthusiasmus berücksichtigt. Modell 2 liefert eine detailliertere Aufteilung des FDW in die Facetten FDW-SK&IS sowie FDW-Pot. Schließlich wurden in Modell 3 die drei Aspekte der Unterrichtsgestaltung untersucht. Zudem wurde in allen Modellen die Schulart als Kontrollvariable aufgenommen, da sich diese insbesondere für die Kompetenz der Schüler:innen in den Naturwissenschaften als bedeutsam herausgestellt hat (z. B. Kastorff et al. 2023). Somit sind alle Variablen in den Modellen auf Level 2 im Mehrebenenmodell zu verorten. Die Variablen wurden abgesehen von der Schulart Grand-Mean zentriert. Für die Kompetenz der Schüler:innen wurden zehn aus PISA vorliegenden Plausible Value Schätzer verwendet (siehe Heine 2023). Für jeden dieser Plausible Value wurde jeweils Modellschätzungen vorgenommen, um anschließend den Vorgaben von Rubin (1987) folgend, zusammengeführt zu werden. Alle Analysen wurden mit der Statistiksoftware *R* durchgeführt.

5 Ergebnisse

5.1 Professionelle Kompetenz und Gestaltung des Unterrichts

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Konstrukte sowie die korrelativen Zusammenhänge sind in Tab. 2 zu finden. Die Auftretenshäufigkeiten der einzelnen Indikatoren für die Qualität der Leistungsaufgaben sind im Anhang zu finden. Die deskriptiven Ergebnisse verdeutlichen zunächst, dass die Lehrkräfte, die ihre Leistungsaufgaben zur Verfügung gestellt haben, im Mittel ein höheres FDW aufweisen als die Gesamtstichprobe von PISA-Ceco ($M_{\text{FDW}} = 1{,}41$, $SD_{\text{FDW}} = 4{,}30$). Weiterhin ist auffällig, dass die teilnehmenden Lehrkräfte mit $M_{\text{Ent-Unt}} = 3{,}43$, $SD_{\text{Ent-Unt}} = 0{,}46$ insgesamt einen sehr hohen unterrichtsbezogenen Enthusiasmus berichten. Die negativen Mittelwerte des Potenzials zur generischen kognitiven Aktivierung (PKA-G), fachspezifischen kognitiven Aktivierung (PKA-F) sowie des motivationalen Potenzials (MP) legen ein insgesamt geringes Auftreten der Qualitätsindikatoren nahe, was sich auch in den relativen Häufigkeiten der Kategorien zeigt (vgl. Heinle et al. im Druck; Schiepe-Tiska et al. 2026). Die Korrelationen deuten zudem auf eine Bestätigung konstruktinhärenter Zusammenhänge hin. So weisen beispielsweise das Potenzial zur generischen kognitiven Aktivierung (PKA-G) und das motivationale Potenzial (MP) mit $r = 0{,}82$, $p < 0{,}001$ und der unterrichts- (ENT-U) und fachbezogene Enthusiasmus (ENT-F) mit $r = 0{,}62$, $p < 0{,}001$ hohe Korrelationen auf. Auch die beiden Facetten des FDW sind hoch korreliert, $r = 0{,}69$, $p < 0{,}001$. Lediglich das Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung (PKA-F) zeigt keine Korrelation mit den anderen beiden Aspekten der Qualität der Unterrichtsgestaltung.

Bezogen auf den Zusammenhang zwischen der professionellen Kompetenz und der Qualität des Unterrichtsangebots lassen sich weder für das FDW insgesamt noch für die Facetten des Enthusiasmus Zusammenhänge finden. Auf der Ebene der Fa-

Tab. 2 Mittelwerte, Standardabweichungen und Korrelationen der untersuchten Konstrukte

		M	*SD*	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
[1]	FDW	1,41	4,30	1	–	–	–	–	–	–
[2]	FDW-SK&IS	0,96	2,90	0,96***	1	–	–	–	–	–
[3]	FDW-Pot	0,45	1,75	0,87***	0,69***	1	–	–	–	–
[4]	ENT-U	3,43	0,46	0,11	0,06	0,17	1	–	–	–
[5]	ENT-F	3,16	0,53	0,24	0,27	0,14	0,62***	1	–	–
[6]	MP	–3,40	0,38	0,33	0,42*	0,10	–0,13	0,17	1	–
[7]	PKA-G	–2,97	0,37	0,21	0,29	0,04	0,04	0,23	0,82***	1
[8]	PKA-F	–2,74	0,28	0,13	0,11	0,15	–0,06	–0,09	–0,20	–0,17

Anmerkung. *FDW-SK&IS* Wissen über Schülerkognitionen und instruktionale Strategien, *FDW-Pot* Wissen über das Potenzial von Lerngelegenheiten zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen, *ENT-U* unterrichtsbezogener Enthusiasmus, *ENT-F* fachbezogener Enthusiasmus, *MP* Motivationales Potenzial, *PKA-G* Potenzial zur generischen kognitiven Aktivierung, *PKA-F* Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung.
*** $p < 0{,}001$, * $p < 0{,}05$.

Tab. 3 Hierarchische lineare Modelle zur Vorhersage der Leistung der Schüler:innen in den Naturwissenschaften

	Modell 0	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
Fixed Effects	*b (SE)*	*b (SE)*	*β*	*b (SE)*	*β*	*b (SE)*	*β*
Intercept	519,87 (11,96)***	660,21 (19,61)***	–0.02	660,24 (19,86)***	–0.02	648,20 (20,04)***	–0.04
FDW	–	1,57 (1,56)	0.07	–	–	–	–
FDW-SK&IS	–	–	–	3,02 (3,40)	0.09	–	–
FDW-Pot	–	–	–	–0,92 (5,43)	–0.02	–	–
ENT-U	–	–35,23 (18,80)	–0.16	–31,89 (20,05)	–0.14	–	–
ENT-F	–	10,39 (16,38)	0.06	7,75 (17,38)	0.04	–	–
MP	–	–	–	–	–	67,87 (33,14)*	0.26
PKA-G	–	–	–	–	–	–39,67 (34,26)	–0.15
PKA-F	–	–	–	–	–	54,93 (22,66)*	0.15
Schulart	–	–104,33 (14,03)***	–0.52	–104,14 (14,24)***	–0.52	–97,08 (14,49)***	–0.49
Random Effects							
Var(Between)	3839,0	869,5		899,7		727,1	
Var(Within)	5538,4	5533,7		5534,4		5528,6	
ICC	0.41	0.14		0.14		0.12	
Modell Fit							
AIC	7298,2	7239,9		7235,6		7228,6	
BIC	7311,5	7271,0		7271,1		7259,7	

Schulart: 0 = Gymnasium, 1 = andere Schulform.

Anmerkung. *FDW-SK&IS* Wissen über Schülerkognitionen und Wissen über instruktionale Strategien, *FDW-Pot* Wissen über das Potenzial von Lerngelegenheiten zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen, *ENT-U* unterrichtsbezogener Enthusiasmus, *ENT-F* fachbezogener Enthusiasmus, *MP* Motivationales Potenzial, *PKA-G* Potenzial zur generischen kognitiven Aktivierung, *PKA-F* Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung.

*** $p < 0{,}001$, * $p < 0{,}05$.

cette FDW-SK&IS zeigt sich ein moderater Zusammenhang mit dem motivationalen Potenzial (MP) der Leistungsaufgaben, $r = 0{,}42$, $p < 0{,}05$.

5.2 Professionelle Kompetenz, Gestaltung des Unterrichts und Bildungsziele

Die Modelle zur Vorhersage der Kompetenz in den Naturwissenschaften finden sich in Tab. 3. Der Intraklassenkoeffizient für die Leistung der Schüler:innen lag im Mittel bei 0,41, was bedeutet, dass die Varianz in der Leistung zu 41 % zwischen den Klassen liegt. Über alle Modelle hinweg zeigt sich, dass die Schulart signifikant negativ mit der Kompetenz in den Naturwissenschaften zusammenhängt (z. B. für Modell 1, $b = -104{,}33$, $SE = 14{,}03$, $p < 0{,}001$). Mit Blick auf die professionelle Kompetenz ergibt sich aus Modell 1 weder ein Zusammenhang des FDW ($b = 1{,}57$, $SE = 1{,}56$, $p > 0{,}05$) noch des unterrichtsbezogenen (ENT-U), $b = -35{,}23$, $SE = 18{,}23$, $p > 0{,}05$, oder des fachbezogenen Enthusiasmus (ENT-F), $b = 10{,}39$, $SE = 16{,}38$, $p > 0{,}05$, mit der Kompetenz der Schüler:innen. Eine Aufspaltung des FDW in die Facetten FDW-SK&IS und FDW-Pot in Modell 2 bestätigen diese Ergebnisse. Auch hier zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge mit der Kompetenz. In Modell 3 wird der Zusammenhang zwischen der naturwissenschaftlichen Kompetenz und der Qualität des Unterrichtsangebots exploriert. Hier zeigt sich sowohl ein positiver Zusammenhang des motivationalen Potenzials (MP), $b = 67{,}87$, $SE = 33{,}14$, $p < 0{,}05$, als auch des Potenzials zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung (PKA-F), $b = 54{,}93$, $SE = 22{,}66$, $p < 0{,}05$.

Für das Interesse der Schüler:innen sind die entsprechenden Mehrebenenmodelle in Tab. 4 dargestellt. Im Gegensatz zur Kompetenz beträgt der ICC für Interesse lediglich 0,04. Somit werden 96 % der Varianz durch individuelle Faktoren erklärt. Aus dem ICC kann bereits geschlossen werden, dass die Variablen auf Klassenebene nur in begrenztem Umfang mit dem Interesse der Schüler:innen zusammenhängen. So zeigt sich auch konsistent über alle drei berechneten Modelle, dass weder das FDW, noch der unterrichts- oder fachbezogene Enthusiasmus oder die Qualität des Unterrichtsangebots mit dem Interesse der Schüler:innen zusammenhängen. Lediglich die Kontrollvariable der Schulart zeigt in allen drei Modellen einen signifikanten negativen Regressionskoeffizient (z. B. für Modell 1, $b = -0{,}26$, $SE = 0{,}10$, $p < 0{,}01$).

6 Zusammenfassung und Diskussion

Die theoretische Wirkkette von der professionellen Kompetenz der Lehrkräfte über die Gestaltung des Unterrichts bis zur Wirkung auf Kompetenz und Interesse von Schüler:innen ist Konsens in den Bildungswissenschaften (Baumert und Kunter 2006; Blömeke et al. 2015; Krauss et al. 2020). Auffallend ist dabei allerdings, dass empirische Ergebnisse diese Annahmen zum Teil stützen (Keller et al. 2017) und zum Teil nicht (Fauth et al. 2019). Auch unsere Ergebnisse stützen nur einen Teil der antizipierten Modellpfade. So zeigen sich in unserer explorativen Untersuchung keine Zusammenhänge des FDW und des Enthusiasmus der Lehrkräfte mit den Kompetenzen in und dem Interesse an Naturwissenschaften der Schüler:innen. Allerdings finden sich Zusammenhänge zwischen der Facette des FDW-SK&IS und

Tab. 4 Hierarchische lineare Modelle zur Vorhersage der Motivation der Schüler:innen

	Modell 0	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
Fixed Effects	*b (SE)*	*b (SE)*	*β*	*b (SE)*	*β*	*b (SE)*	*β*
Intercept	2,52 (0,04)***	2,86 (0,13)***	–0.01	2,86 (0,13)***	–0.01	2,97 (0,13)***	–0.01
FDW	–	0,00 (0,01)	0.00	–	–	–	–
FDW-SK&IS	–	–	–	–0,01 (0,02)	–0.05	–	–
FDW-Pot	–	–	–	0,03 (0,04)	0.06	–	–
ENT-U	–	0,03 (0,13)	0.02	–0,01 (0,14)	–0.01	–	–
ENT-F	–	–0,05 (0,11)	–0.04	–0,03 (0,12)	–0.02	–	–
MP	–	–	–	–	–	–0,37 (0,20)	–0.18
PKA-G	–	–	–	–	–	0,33 (0,21)	0.16
PKA-F	–	–	–	–	–	–0,24 (0,15)	–0.08
Schulart	–	–0,26 (0,10)**	–0.16	–0,26 (0,10)**	–0.16	–0,34 (0,10)***	–0.21
Random Effects							
Var(Between)	0,03	0,02		0,02		0,01	
Var(Within)	0,55	0,55		0,55		0,55	
ICC	0,04	0,04		0,04		0,02	
Modell Fit							
AIC	1231,6	1247,8		1253,2		1236,0	
BIC	1244,5	1277,8		1287,5		1266,0	

Anmerkung. 0 = Gymnasium, 1 = andere Schulform.
FDW-SK&IS Wissen über Schülerkognitionen und Wissen über instruktionale Strategien, *FDW-Pot* Wissen über das Potenzial von Lerngelegenheiten zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen, *ENT-U* unterrichtsbezogener Enthusiasmus, *ENT-F* fachbezogener Enthusiasmus, *MP* Motivationales Potenzial, *PKA-G* Potenzial zur generischen kognitiven Aktivierung, *PKA-F* Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung.
*** $p < 0{,}001$, ** $p < 0{,}01$.

dem motivationalen Potenzial der Leistungsaufgaben, die wiederum positiv mit der naturwissenschaftlichen Kompetenz der Schüler:innen zusammenhängt. Darüber hinaus hängt das Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung mit der Kompetenz der Schüler:innen zusammen. Für das Interesse konnten keine signifikanten Zusammenhänge mit dem motivationalen Potenzial der Leistungsaufgaben nachgewiesen werden.

Für die Kompetenz der Schüler:innen in den Naturwissenschaften wird somit ein Zusammenhang mit zwei grundlegenden Aspekten des Potenzials von Leistungsaufgaben indiziert. Dieser Befund kann im Rahmen der Untersuchung als Hinweis auf ein gewisses Alignment von Leistungsaufgaben und der Gestaltung des Unterrichts interpretiert werden, der sich wiederum positiv auf die Kompetenzen der Schüler:innen auswirkt (Biggs 1996). Während hierzu bisher vorwiegend Erkenntnisse aus der Mathematik vorliegen (z. B. Drüke-Noe 2014), deuten die vorliegenden sowie weitere Befunde (z. B. Schiepe-Tiska et al. 2026) auf eine mögliche Übertragung auf die Naturwissenschaften hin, die in zukünftige Forschung weite substantiiert werden sollte (siehe auch Heinle et al. im Druck). Denkbar wäre aber auch, dass Lehrkräfte in leistungsstarken Klassen eher Aufgaben mit einem entsprechend höheren Potenzial auswählen. Dabei scheint gerade der Einbezug von Experimenten in Leistungsaufgaben insbesondere in den Naturwissenschaften ein Indikator für einen lernförderlichen Unterricht darzustellen, was damit die herausgehobene Stellung von naturwissenschaftlichen Tätigkeiten stärkt (Osborne und Dillon 2008). Darüber hinaus werden Lebensweltbezüge in Aufgaben in der Literatur als potenziell relevantes Merkmal motivationaler (und zugleich kognitiv aktivierender) Aufgabengestaltung diskutiert (Habig et al. 2018). Unsere deskriptiven Ergebnisse zur Häufigkeit motivationaler Merkmale zeigen allerdings, dass dieses Potenzial im naturwissenschaftlichen Unterricht nur in geringem Maße ausgeschöpft wird (siehe Tab. 5, 6 und 7 im Anhang). Weitere Merkmale des motivational anregenden Potenzials von Aufgaben wie die Befriedigung der Grundbedürfnisse nach Deci und Ryan (2000) werden kaum bis gar nicht in Leistungsaufgaben angesprochen.

Über die Befunde zu den Aufgabenpotenzialen hinaus zeigt sich ein positiver Zusammenhang zwischen FDW-SK&IS und dem motivationalen Potenzial der Leistungsaufgaben. Dies legt nahe, dass diese Wissensfacette mit der Gestaltung motivational anregender Aufgabenformate in Leistungssituationen verknüpft sein könnte. Die kombinierte Facette FDW-SK&IS kann dabei als deklaratives professionsbezogenes Wissen der Lehrkräfte über Schülerkognitionen sowie mögliche Erklär- und Repräsentationsweisen verstanden werden (Krauss et al. 2017). Sie ist damit von reinem Fachwissen abzugrenzen und stellt eher eine grundlegende latente Fähigkeit bzw. breites Repertoire von Lehrkräften dar, das sich in der Gestaltung qualitativ hochwertiger Leistungsaufgaben unter anderem durch die Verwendung von authentischen Kontexten ausdrückt (Baumert und Kunter 2006; Habig et al. 2018). Eine mögliche Interpretation ist, dass Lehrkräfte mit umfassendem Wissen zu Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien gerade solche Aufgaben konstruieren können, die sich an dem Niveau der Schüler:innen orientieren sowie eine Differenzierung erlauben, die somit ein Kompetenzerleben bei Schüler:innen ermöglichen.

Im Gegensatz zum FDW wurde kein Zusammenhang zwischen dem Enthusiasmus der Lehrkräfte und der Qualität des Unterrichtsangebots festgestellt. Theoretisch

wird angenommen, dass der Enthusiasmus der Lehrkräfte die soziale Eingebundenheit, Kompetenzunterstützung und Autonomieerleben auf Seiten der Schüler:innen beeinflussen kann (Frommelt et al. 2021). Da diese Aspekte jedoch nur sehr eingeschränkt in den Leistungsaufgaben auftreten (siehe Tab. 5, 6 und 7 im Anhang), wäre es möglich, dass auch ein möglicher Zusammenhang zum Enthusiasmus der Lehrkräfte nicht sichtbar wird. Zudem könnte Enthusiasmus seine Wirkung weniger über die Auswahl oder Gestaltung schriftlicher Aufgaben entfalten, sondern vielmehr über die unterrichtliche Umsetzung – etwa durch nonverbale Ausdrucksformen wie expressives Lehrkräfteverhalten, affektive Unterrichtsgestaltung oder Beziehungshandeln im Klassenzimmer (Keller et al. 2018). Auch ein Zusammenhang zwischen dem Enthusiasmus der Lehrkräfte und der Leistung der Schüler:innen konnte nicht gefunden werden, so wie dies auch bei Keller et al. (2017) der Fall war.

Die Befundlage zum Zusammenhang zwischen FDW der Lehrkräfte und der Kompetenz der Schüler:innen ist insgesamt heterogen: Während einige Studien signifikante Zusammenhänge berichten (z. B. Keller et al. 2017; Kunter et al. 2013; She et al. 2024), finden andere keine oder nur eingeschränkte Evidenz für direkte Zusammenhänge (Cauet et al. 2015; Fauth et al. 2019). Unsere Ergebnisse fügen sich in dieses gemischte Bild ein, indem wir keinen signifikanten direkten Zusammenhang zwischen FDW und naturwissenschaftlicher Kompetenz finden. Vor diesem Hintergrund sind insbesondere Design- und Messbedingungen zu berücksichtigen, die in der Literatur als mögliche Erklärungen für die Varianz der Befunde diskutiert werden und zugleich Ansatzpunkte für weitere Forschung darstellen. Zwar wurden die Items zur Erfassung des FDW der Lehrkräfte im Kontext eines übergeordneten Rahmens für die Naturwissenschaften entwickelt, dennoch lassen sich die Items in zwei bzw. drei fachlichen Themenbereichen ansiedeln. Da das FDW als themenspezifisch angenommen wird (Kirschner et al. 2017), ist somit von intraindividuellen Unterschieden bei den Lehrkräften zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten auszugehen. Während die Instrumente in allen drei Fächern dieselben strukturellen Facetten des FDW abbilden, können fachspezifische Ausprägungen oder Unterschiede im Antwortverhalten nicht vollständig ausgeschlossen werden. Aufgrund unterschiedlich großer Teilstichproben in Biologie, Chemie und Physik ist zudem nicht auszuschließen, dass disziplinspezifische Effekte die Befunde beeinflussen. Zukünftige Studien sollten daher entweder eine Verlinkung der Testhefte oder fachbezogene Analysen bei größeren fachspezifischen Stichproben vorsehen. Auffällig ist zudem, dass sich entgegen einer naheliegenden Annahme kein signifikanter Zusammenhang zwischen FDW-Pot (konditionales/prozedurales Wissen zur Gestaltung von Erkenntnisgewinnungsprozessen) und dem Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung der Leistungsaufgaben zeigte. Eine mögliche Erklärung ist, dass FDW-Pot stärker auf die prozessuale Umsetzung im Unterricht (z. B. Scaffolding, Interaktion, Anleiten von Erkenntnisgewinnung) abzielt, während das fachspezifische Potenzial zur kognitiven Aktivierung hier über Merkmale schriftlicher Leistungsaufgaben operationalisiert wurde und damit nur einen Ausschnitt kognitiver Aktivierung abbildet.

Hinzu kommt, dass durch die freiwillige Teilnahme von Lehrkräften mitunter ein Selektionsbias entstanden ist, durch die tendenziell eher fähige oder motivierte Lehrkräfte erfasst werden und so eine mögliche Einschränkung der Varianz vorliegt. Auch Vogelsang und Cauet (2017) haben in diesem Zusammenhang bereits die He-

rausforderungen der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem FDW von Lehrkräften und dem unterrichtlichen Handeln diskutiert, so dass eine Ausweitung der Stichprobe für zukünftige Untersuchungen wünschenswert wäre. Insofern sind die bisherigen Ergebnisse als eine erste Exploration im PISA-Kontext zu verstehen, die weiterer Absicherung bedarf. Weiterhin spielen dem Kaskadenmodell von Krauss et al. (2020) folgend neben dem Wissen auf Lehrkräfteseite auch situationsspezifische Fähigkeiten und Lernprozessvermittlungen durch die Schüler:innen für den Kompetenzerwerb von Schüler:innen eine mediierende Rolle. Während Krauss et al. (2020) zeigen, dass eher die Dispositionen bedeutsam für die Unterrichtsgestaltung und den Kompetenzerwerb von Schüler:innen sind, konnten Blömeke et al. (2022) die mediierende Funktion der situationsspezifischen Fähigkeiten bestätigen. Zukünftige Forschung sollte daher sowohl auf Lehrkräfte- als auch Schülerseite stärker mögliche mediierende Faktoren berücksichtigen (Kulgemeyer et al. 2020).

Auf Seiten der Schüler*innen wurde dem PISA-Framework folgend die naturwissenschaftliche Kompetenz als themen- und fächerübergreifende Fähigkeit erfasst. Dadurch ergibt sich eine Inkongruenz zwischen der thematischen Spezifizität des FDW und der relativ breit angelegten Kompetenzmessung, wie sie beispielsweise bei She et al. (2024) explizit vermieden wurde. Demgegenüber zielte die Kodierung der Leistungsaufgaben auf strukturelle, motivationsbezogene und epistemische Merkmale von Aufgabenstellungen ab, die nicht an spezifische Inhaltsdomänen einzelner naturwissenschaftlicher Fächer gebunden sind, sondern gemeinsame Charakteristika naturwissenschaftlicher Lerngelegenheiten abbilden. Damit ist die Erfassung der Aufgabenmerkmale in ihrer Spezifizität näher an der breit angelegten Kompetenzmessung, was die Nachweisbarkeit von Zusammenhängen zwischen Aufgabenpotenzialen und Kompetenzwerten begünstigen könnte. Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass sich fachspezifische Aufgabenlogiken in Physik, Chemie und Biologie unterschiedlich manifestieren und dadurch differenziertere Analysen von Aufgaben erfordern. Zukünftige Studien sollten daher weitere fachspezifische Merkmale bei der Aufgabenkodierung berücksichtigen oder das thematische Spektrum stärker fokussieren, um die thematische Kongruenz zwischen FDW und Merkmalen der Unterrichts- bzw. Aufgabengestaltung zu erhöhen.

Zudem wurden die hier erfassten Facetten des FDW lediglich mit jeweils zwei Items pro Facette operationalisiert, so dass für die weitere Auswertung eine Zusammenführung der beiden Facetten zur Schülerkognition und zum Erklären und Repräsentieren von Inhalten notwendig war. Eine entsprechende Erweiterung des Tests würde daher sowohl zu einer Erhöhung der Reliabilität der Skalen führen und zugleich eine breitere thematische Abdeckung des FDW der Lehrkräfte ermöglichen.

Auch das Interesse der Schüler:innen konnte nur bedingt aufgeklärt werden. Der ICC von lediglich 0,04 deutet darauf hin, dass nur ein sehr geringer Anteil der Varianz durch Merkmale auf der Klassenebene erklärt wird. Auch in anderen Studien zeigte sich, dass das FDW zwar mit der Kompetenzentwicklung zusammenhängt, nicht aber mit dem Interesse der Schüler:innen (Keller et al. 2017). Somit unterstreichen unsere Ergebnisse die Annahme, dass die Interessensentwicklung ein stark individualisierter Prozess ist (z. B. Kunter et al. 2007; Schiepe-Tiska et al. 2016). Auch die Qualität des Unterrichtsangebots hat auf Basis der vorliegenden Daten kei-

nen Zusammenhang mit dem Interesse der Schüler:innen (siehe auch Todtenhöfer et al. im Druck).

Einschränkend muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass aufgrund der theoretischen Herleitung der Qualität des Aufgabenpotenzials der Lebensweltbezug als zentraler Indikator sowohl für die kognitive Aktivierung als auch für das motivationale Potenzial bedeutsam ist (Heinle et al. 2025). Dies bedingt ebenfalls die hohe Korrelation der beiden Potenzialdimensionen. Zukünftige Studien könnten hier mit alternativen Operationalisierungen prüfen, inwieweit die Befunde robust sind. Schließlich beruhen die Analysen auf querschnittlichen Daten. Dies führt dazu, dass beispielsweise keine Aussagen über tatsächliche Lernprozesse unter Kontrolle des spezifischen Vorwissens der Schüler:innen möglich sind. Ebenso sollte der Zusammenhang zwischen dem FDW der Lehrkräfte und der Qualität des Unterrichtsangebots mit Vorsicht interpretiert werden. So ist zwar theoretisch wahrscheinlicher, dass die Fähigkeiten der Lehrkräfte die Gestaltung der Aufgaben beeinflusst als umgekehrt, jedoch könnten weitere konfundierende Drittvariablen wie möglicherweise andere schulische Rahmenbedingungen vorliegen, die den Zusammenhang erklären können. Zukünftige Studien sollten daher verstärkt längsschnittliche Designs sowie potenziell konfundierende Variablen in den Blick nehmen, um belastbarere Aussagen zur Richtung der Zusammenhänge und zu möglichen Mechanismen der Kompetenzentwicklung der Schüler:innen zu ermöglichen (siehe auch Blömeke et al. 2022).

Auch unter Berücksichtigung der Limitationen liefert die vorliegende Studie wichtige Hinweise darauf, welche Aspekte professioneller Kompetenz mit der Gestaltung von Unterricht in Zusammenhang stehen und wie diese wiederum mit den Kompetenzen der Schüler:innen verknüpft sind. So deuten die Ergebnisse darauf hin, dass insbesondere die fachspezifischen Aspekte kognitiver Aktivierung sowie das motivationale Potenzial von Leistungsaufgaben positiv mit den naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Schüler:innen zusammenhängt. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, diese Aspekte in der Professionalisierung stärker zu adressieren – etwa durch ein umfassenderes Wissen und einen adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen und -fehlvorstellungen sowie durch die Erweiterung des Repertoires an Erklär- und Repräsentationsweisen. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die Gestaltung motivational anregender und kognitiv aktivierender Leistungsaufgaben vermutlich nicht allein vom hier erfassten FDW abhängt. Weitere professionelle Ressourcen (z. B. fachdidaktisches Planungs- und curricular-prüfungsbezogenes Wissen, diagnostische und adaptive Kompetenzen, Überzeugungen/Zielorientierungen) sowie schulische Rahmenbedingungen könnten ebenfalls bedeutsam sein und sollten in zukünftigen Studien mitberücksichtigt werden. Somit zeigen sich Ansatzpunkte, wie der naturwissenschaftliche Unterricht für die Zukunft weiterentwickelt werden könnte.

7 Anhang

Tab. 5 Relativer Anteil an Codes für die Leistungsaufgaben bezogen auf ihr Potenzial zur generischen kognitiven Aktivierung

Kategorie	%
Offenheit	
Arbeitsauftrag	10,8
Lösung	10,5
Lösungsweg	1,4
Lebensweltbezug	
Konstruierter Lebensweltbezug	22,7
Authentischer Lebensweltbezug	6,6
Realer Lebensweltbezug	2,4
Weitere Kategorien	
Sprachliche Komplexität	1,9
Möglichkeit zur Vertiefung	0
Metakognition	0,5
Vorwissen	2,4
Argumentieren	11,6
Kommunikation im Klassenverband	0

Tab. 6 Relativer Anteil an Codes für die Leistungsaufgaben bezogen auf ihr Potenzial zur fachspezifischen kognitiven Aktivierung

Kategorie	%
Dokumentiertes Experiment	7,0
Gedankliches Experiment	2,8
Demonstrationsexperiment	0,2
Schülerexperiment	2,3

Tab. 7 Relativer Anteil an Codes für die Leistungsaufgaben bezogen auf ihr motivationales Potenzial

Kategorie	%
Soziale Eingebundenheit	
Partner- und Gruppenarbeit	0
Kommunikation im Klassenverband	0
Kompetenzunterstützung	
Feedback	0
Möglichkeit zur Präsentation	0
Möglichkeit zur Vertiefung	0
Autonomieunterstützung	
Kognitive Autonomieunterstützung	0
Organisatorische Autonomieunterstützung	0
Prozedurale Autonomieunterstützung	0
Wahlmöglichkeit	5,3
Lebensweltbezug	
Konstruierter Lebensweltbezug	22,7
Authentischer Lebensweltbezug	6,6
Realer Lebensweltbezug	2,4
Innere Differenzierung	
Zielstruktur	5,4
Inhaltsstruktur	1,6
Prozessstruktur	0
Handlungsstruktur	0
Sozialstruktur	0

Förderung Die Erhebung der Daten und die Dokumentation der Erhebungsinstrumente wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) gefördert (ZIB2022). Vertiefende Analysen der Daten wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen ZIB2031TUM 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.

Interessenkonflikt S. Sorge, C. Ehras, P. Todtenhöfer, A. Dittmer, A. Heinle, S. Krauss, B. Münch, K. Neumann, D. Schiering, V. Telser, O. Tepner 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

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520. https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2.

Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das mathematikspezifische Wissen von Lehrkräften, kognitive Aktivierung im Unterricht und Lernfortschritte von Schülerinnen und Schülern. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 163–192). Waxmann.

Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, *32*(3), 347–364. https://doi.org/10.1007/BF00138871.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R.J. (2015). Beyond dichotomies. Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, *223*(1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194.

Blömeke, S., Jentsch, A., Ross, N., Kaiser, G., & König, J. (2022). Opening up the black box: teacher competence, instructional quality, and students' learning progress. *Learning and Instruction*, *79*, 101600. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101600.

Blum, W., Drüke-Noe, C., Hartung, R., & Köller, O. (2012). *Bildungsstandards Mathematik: konkret: Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichtsanregungen, Fortbildungsideen*. Cornelsen Scriptor.

Borger, L., Eklöf, H., Johansson, S., & Strietholt, R. (2025). The issue of test-taking motivation in low- and high-stakes tests: are students underachieving in PISA? *Learning and Individual Differences*, *122*, 102722–102722. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2025.102722.

Brophy, J.E., & Good, T.L. (1986). Teacher behavior and student achievement. In M. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (Bd. 3, S. 328–375). Macmillan.

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. 77–92). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2.

Cauet, E., Liepertz, S., Borowski, A., & Fischer, H. (2015). Does it matter what we measure? Domain-specific professional knowledge of physics teachers. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, *37*(3), 462–479.

Christensen, K.B., Makransky, G., & Horton, M. (2017). Critical values for yen's Q_3: identification of local dependence in the Rasch model using residual correlations. *Applied Psychological Measurement*, *41*(3), 178–194. https://doi.org/10.1177/0146621616677520.

Deci, E.L., & Ryan, R.M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, *11*(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01.

Drüke-Noe, C. (2014). *Aufgabenkultur in Klassenarbeiten im Fach Mathematik: Empirische Untersuchungen in neunten und zehnten Klassen*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05351-2.

Eccles, J.S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review Psychology*, *53*, 109–132.

Ergönenc, J., Neumann, K., & Fischer, H.E. (2014). The impact of pedagogical content knowledge on cognitive activation and student learning. In H.E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 145–160). Waxmann.

Fauth, B., Decristan, J., Decker, A.-T., Büttner, G., Hardy, I., Klieme, E., & Kunter, M. (2019). The effects of teacher competence on student outcomes in elementary science education: the mediating role of teaching quality. *Teaching and Teacher Education*, *86*(3), 102882. https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.102882.

Förtsch, C., Werner, S., von Kotzebue, L., & Neuhaus, B.J. (2016). Effects of biology teachers' professional knowledge and cognitive activation on students' achievement. *International Journal of Science Education*, *38*(17), 2642–2666. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1257170.

Förtsch, S., Förtsch, C., von Kotzebue, L., & Neuhaus, B. (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.

Frommelt, M. C., Schiefele, U., & Lazarides, R. (2021). Teacher enthusiasm, supportive instructional practices, and student motivation in mathematics classrooms. *Interdisciplinary Education and Psychology*. https://doi.org/10.31532/InterdiscipEducPsychol.2.3.005.

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.

Glegola, A.-K., Jentsch, A., Ross, N., König, J., & Kaiser, G. (2024). Task potential in relation to teaching quality and teacher competence in secondary mathematics classrooms. *ZDM*, *56*, 997–1009. https://doi.org/10.1007/s11858-024-01596-6.

Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 7–30. https://doi.org/10.25656/01:31713.

Habig, S., Blankenburg, J., Van Vorst, H., Fechner, S., Parchmann, I., & Sumfleth, E. (2018a). Context characteristics and their effects on students' situational interest in chemistry. *International Journal of Science Education*, *40*(10), 1154–1175. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470349.

Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2018b). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 99–114. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8.

Hammer, S. (2015). *Professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften im Umgang mit Aufgaben in der Unterrichtsplanung (Dissertation)*. München.

Heine, J.-H. (2021). *pairwise: Rasch model parameters by Pairwise algorithm. Computer software*. https://cran.r-project.org/package=pairwise. Zugegriffen: 23. Jan. 2025.

Heine, J.-H. (2023). Eine methodenorientierte Einführung zu PISA 2022. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022 Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 336–341). Waxmann.

Heinle, A., Schiepe-Tiska, A., Reinhold, F., Heine, J.-H., & Holzberger, D. (2022). Supporting student motivation in class: the motivational potential of tasks. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(2), 453–470. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01090-3.

Heinle, A., Todtenhöfer, P., Dümig, P., Reinhold, F., Reiss, K., Krauss, S., Neumann, K., & Schiepe-Tiska, A. (2025). Kodierschema zur Aufgaben-Analyse in PISA-Ceco: Potenzial zur kognitiven Aktivierung, motivationales Potenzial und Orientierung an den Bildungsstandards. 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. 25–138). Waxmann.

Heinle, A., Reinhold, F., Todtenhöfer, P., Holzberger, D., & Schiepe-Tiska, A. (im Druck). Generic and subject specific dimensions of cognitive activation: Assessing the potential of cognitive activation in mathematics and science tasks. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*.

Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Kallmeyer.

Hill, H. C., & Charalambous, Y. (2012). Teacher knowledge, curriculum materials, and quality of instruction: lessons learned and open issues. *Journal of Curriculum Studies*, *44*(4), 559–576. https://doi.org/10.1080/00220272.2012.716978.

Hohenleitner, S., Krauss, S., Stegmüller, N., Dittmer, A., Ehras, C., Neumann, K., Sorge, S., Tepner, O., Telser, V., & Münch, B. (2025). Dokumentation der Erhebung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften. 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. https://doi.org/10.31244/9783818850692.

Kastorff, T., Rönnebeck, S., Neumann, K., Seßler, S., Diedrich, J., & Schiepe-Tiska, A. (2023). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2022. Entwicklungen und mögliche Herausforderungen. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022 Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 113–138). Waxmann.

Keller, M. M., Hoy, A. W., Goetz, T., & Frenzel, A. C. (2016). Teacher enthusiasm: reviewing and redefining a complex construct. *Educational Psychology Review*, *28*(4), 743–769. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9354-y.

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.

Keller, M. M., Becker, E. S., Frenzel, A. C., & Taxer, J. L. (2018). When teacher enthusiasm is authentic or Inauthentic: lesson profiles of teacher enthusiasm and relations to students' emotions. *AERA Open*, *4*(2), 233285841878296. https://doi.org/10.1177/2332858418782967.

Kirschner, S., Sczudlek, M., Tepner, O., Borowski, A., Fischer, H. E., Lenske, G., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sumfleth, E., Thillmann, H., & Wirth, J. (2017). Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN). In C. Gräsel & K. Trempler (Hrsg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals. Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven* (S. 113–130). Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-07274-2_7.

Klieme, E., & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(6), 876–903.

Krajcik, J., & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 317–333). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020.

Krapp, A. (2002). An educational-psychological theory of interest and its relation to SDT. In E. L. Deci & R. M. Ryan (Hrsg.), *Handbook of self-determination research* (S. 405–427). University of Rochester Press.

Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., & Tepner, O. (2017). Forschungsprojekt FALKO – Ein einleitender Überblick. In S. Krauss, A. Lindl & A. Schilcher (Hrsg.), *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen. Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik* (S. 9–66). Waxmann.

Krauss, S., Bruckmaier, G., Lindl, A., Hilbert, S., Binder, K., Steib, N., & Blum, W. (2020). Competence as a continuum in the COACTIV study: the "cascade model". *ZDM – Mathematics Education*, *52*, 311–327. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01151-z.

Krauss, S., Hohenleitner, S., Stegmüller, N., Schiepe-Tiska, A., Reiss, K., & Lindl, A. (im Druck). PISA-Ceco 2022 und COACTIV 2003/04: Fachdidaktisches Wissen von Mathematiklehrkräften und die Qualität ihres Unterrichts im Vergleich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*.

Kühn, S. M. (2011). Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe und im Abitur. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *17*, 35–55.

Kulgemeyer, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., & Vogelsang, C. (2020). Professional knowledge affects action-related skills: the development of preservice physics teachers' explaining skills during a field experience. *Journal of Research in Science Teaching*, *57*(10), 1554–1582. https://doi.org/10.1002/tea.21632.

Kultusministerkonferenz (2024). *Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Physik*. KMK.

Kunter, M., Baumert, J., & Köller, O. (2007). Effective classroom management and the development of subject-related interest. *Learning and Instruction, 17*(5), 494–509. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.002

Kunter, M., Frenzel, A., Nagy, G., Baumert, J., & Pekrun, R. (2011). Teacher enthusiasm: dimensionality and context specificity. *Contemporary Educational Psychology*, *36*, 289–301. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.07.001.

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.

Lazarides, R., & Schiepe-Tiska, A. (2022). Heterogenität motivationaler Merkmale im Unterrichtskontext. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *25*(1), 249–267. https://doi.org/10.1007/s11618-022-01082-3.

Lazarides, R., Gaspard, H., & Dicke, A.-L. (2019). Dynamics of classroom motivation: teacher enthusiasm and the development of math interest and teacher support. *Learning and Instruction*, *60*, 126–137. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.012.

Leisen, J. (2006). Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU*, *59*(5), 260–266.

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.

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (S. 95–132). Kluver.

Mahler, D., Großschedl, J., & Harms, U. (2018). Does motivation matter?—the relationship between teachers' self-efficacy and enthusiasm and students' performance. *PloS one*, *13*(11), e207252.

Mang, J., Ustjanzew, N., Leßke, I., Schiepe-Tiska, A., & Reiss, K. (2019). *PISA 2015 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Waxmann.

Mang, J., Wagner, S., Gomolka, J., & Meinck, S. (2023). Stichprobenbeschreibung PISA 2022. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 371–384, Online-Kapitel 12). Waxmann.

Martínez, J. F., Borko, H., & Stecher, B. M. (2012). Measuring instructional practice in science using classroom artifacts: lessons learned from two validation studies. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(1), 38–67. https://doi.org/10.1002/tea.20447.

Müller, M., Teufele, L., Bias, A., 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.

Neubrand, J. (2002). *Eine Klassifikation mathematischer Aufgaben zur Analyse von Unterrichtssituationen: Selbsttätiges Arbeiten in Schülerarbeitsphasen in den Stunden der TIMSS-Video-Studie*. Franzbecker.

Neubrand, M., Klieme, E., Lüdtke, O., & Neubrand, J. (2002). Kompetenzstufen und Schwierigkeitsmodelle für den PISA-Test zur mathematischen Grundbildung. *Unterrichtswissenschaft*, *30*(2), 100–119. https://doi.org/10.25656/01:7681.

Neumann, K., Kauertz, A., & Fischer, H. E. (2012). Quality of instruction in science education. In B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second international handbook of science education* (S. 247–258). Springer.

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. The National Academies Press.

OECD (2024). *PISA 2022 Technical Report*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/01820d6d-en.

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: critical reflections*. Nuffield Foundation London.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6.

Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (2001). *Knowing what students know: the science and design of educational assessment*. National Academy Press.

Praetorius, A., & Gräsel, C. (2021). Noch immer auf der Suche nach dem heiligen Gral: Wie generisch oder fachspezifisch sind Dimensionen der Unterrichtsqualität? *Unterrichtswissenschaft*, *49*, 167–188. https://doi.org/10.1007/s42010-021-00119-6.

Praetorius, A., Klieme, E., Herbert, B. R., & 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.

Rubin, D. B. (1987). *Multiple imputation for nonresponse in surveys*. John Wiley. https://doi.org/10.1002/9780470316696.

Schiepe-Tiska, A. (2019). *Mehrdimensionale Bildungsziele in internationalen Large-Scale Assessments: Konzeptualisierung, Entwicklung und Entstehungsbedingungen am Beispiel der MINT-Fächer (Habilitation)*. Technische Universität München.

Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S. (2015). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99–132). Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Roczen, N., Müller, K., Prenzel, M., & Osborne, J. (2016). Science-related outcomes: attitudes, motivation, value beliefs, strategies. In S. Kuger, E. Klieme, N. Jude & D. Kaplan (Hrsg.), *Assessing context of learning. An international perspective* (S. 301–330). Springer.

Schiepe-Tiska, A., Heinle, A., Todtenhöfer, P., Heine, J.-H., Reinhold, F., Krauss, S., Holzberger, D., Lewalter, D., & Reiss, K. (2023). Wie sieht der aktuelle Mathematikunterricht in Deutschland aus? Befunde aus PISA 2022 und PISA-Ceco. In D. Lewalter, J. Diedrich, F. Goldhammer, O. Köller & K. Reiss (Hrsg.), *PISA 2022: Analyse der Bildungsergebnisse in Deutschland* (S. 199–235). Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Krauss, S., Reiss, K., & Lewalter, D. (2025). 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. https://doi.org/10.31244/9783818850692.

Schiepe-Tiska, A., Heinle, A., Todtenhöfer, P., Reinhold, F., Neumann, K., & Reiss, K. (2026). Lern - und Leistungsaufgaben im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Analyse der Orientierung an Bildungsstandards und des motivationalen Potenzials im Fach- und Schulartenvergleich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*. https://doi.org/10.1007/s11618-026-01403-w

Schunk, D. H., Pintrich, P. R., & Meece, J. L. (2010). *Motivation in education: theory, research, and applications*. Pearson.

Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: the role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, *77*(4), 454–499. https://doi.org/10.3102/0034654307310317.

She, J., Ho, K., Wang, J., Hu, X., & Liu, E. (2024). Effect of science teachers' pedagogical content knowledge on student achievement: evidence from both text- and video-based pedagogical content knowledge tests. *American Educational Research Journal*, *62*(1), 92–135. https://doi.org/10.3102/00028312241278627.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 414. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–22. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). 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.

Strübe, M., Tepner, O., & Sumfleth, E. (2017). Professionswissen und Handeln von Chemielehrkräften mit Blick auf den Experimenteinsatz. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik* (Studien zum Physik- und Chemieunterricht, Bd. 200). Logos.

Taskinen, P., Asseburg, R., & Walter, O. (2009). Wer möchte später einen naturwissenschaftsbezogenen oder technischen Beruf ergreifen? Kompetenzen, Selbstkonzept und Motivationen als Prädiktoren der Berufserwartungen in PISA 2006. In M. Prenzel & J. Baumert (Hrsg.), *Vertiefende Analysen zu PISA 2006* (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 10, S. 79–105). VS.

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. https://doi.org/10.25656/01:31747

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 51–69.

Todtenhöfer, P., Heinle, A., Dümig, P., 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. https://doi.org/10.31244/9783818850692.

Todtenhöfer, P., Weis, M., Reinhold, F., & Lewalter, D. (im Druck). Standard-Oriented Exam Task Characteristics and Their Relations to Students' Achievement of Multidimensional Goals in Mathematics. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft.*

Vogelsang, C., & Cauet, E. (2017). Wie valide sind Professionswissenstests? – Zum Zusammenhang von erfasstem Wissen, Unterrichtshandeln und Unterrichtserfolg. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 77–96). Logos.

Watzka, B., & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 187–206. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0034-8.

Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: a conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.), *Defining and selecting key competencies* (S. 4565). Hogrefe & Huber.

Wilson, C. D., Taylor, J. A., Kowalski, S. M., & Carlson, J. (2009). The relative effects and equity of inquiry-based and commonplace science teaching on students' knowledge, reasoning, and argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *47*(3), 276–301. https://doi.org/10.1002/tea.20329.

Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe.

Wright, B., & Masters, G. (1982). *Rating scale analysis*. Chicago: MESA Press.

Zhai, Y., & Liu, X. (2025). Science career expectation and science-related motivation: a latent profile analysis using PISA 2015 data. *International Journal of Science Education*, *47*(11), 1401–1427. https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2366045.

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