

IPN · Journal

INFORMATIONEN AUS DEM LEIBNIZ-INSTITUT FÜR DIE
PÄDAGOGIK DER NATURWISSENSCHAFTEN UND MATHEMATIK



Mit Empathie zum Erfolg?

Sozial-emotionale Kompetenz

als Merkmal erfolgreicher Lehrkräfte

· 9 ·

**INFORMATIK
IN DER SCHULE**

Allgemeinbildung und
Interesse fördern



· 34 ·

EXPERIMENTIEREN

Auf den
Spuren von
Rosalind Franklin



· 38 ·

LEHRAMTSSTUDIUM

Wie gut sind angehende
Lehrkräfte auf die
Praxis vorbereitet?



· 52 ·

**SCHULE-
MINT-STUDIUM**

Den Übergang
erfolgreich gestalten



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

der Beruf der Lehrkraft ist nicht zuletzt aufgrund des akuten Lehrkräftemangels in Deutschland derzeit in aller Munde. Es fragt sich einerseits, wie künftig mehr ausgebildetes Fachpersonal für Schulen gewonnen werden kann. Andererseits gilt es zu verstehen, wie die Lehrkräfte, die es bereits gibt, bestmöglich unterstützt werden können. Vor diesem Hintergrund widmen wir uns in dieser Ausgabe des IPN-Journals sowohl der Ausbildung als auch dem Berufsalltag von Lehrkräften.

Ausgehend von aktuellen Forschungsergebnissen tauchen wir in die Beantwortung der Frage ein, inwiefern Empathie und Emotionsregulation auf Seiten der Lehrkräfte sich auf die Unterrichtsqualität sowie die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern auswirken. Dabei gibt es auch praktische Tipps für Lehrkräfte.

Angehende Lehrkräfte wiederum stehen im Mittelpunkt von zwei weiteren Artikeln. In einem geht es um das Lehramtsstudium im Fach Physik im engeren Sinne. Wir werfen einen Blick darauf, wie es sich an den Hochschulen um die Anteile der Veranstaltungen mit fachdidaktischen Inhalten gegenüber den Veranstaltungen, die fachliches Wissen vermitteln, verhält. Diese sind nämlich von Hochschule zu Hochschule sehr unterschiedlich.

Wir zeigen, vor welchen Herausforderungen die universitäre Lehramtsausbildung steht und wie sie zukunftsfähig bleiben kann. Ein weiterer illustrativ gestalteter Artikel widmet sich der Beobachtung, dass angehende Mathematiklehrkräfte häufig Schwierigkeiten haben, die Relevanz ihres fachmathematischen Studiums für den späteren Beruf zu sehen. Tatsächlich sind Schul- und Hochschulmathematik von so grundlegend verschiedenem Charakter, dass Wissen über Verbindungen zwischen diesen beiden „mathematischen Welten“ in der Regel nicht von allein aufgebaut wird.

Weitere Themen der Ausgabe sind darüber hinaus ein „Zwischenruf“ zum aktuellen Stand der Forschung in der Didaktik der Informatik, ein Interview mit der Autorin und dem Autor einer Meta-Studie zur Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern, ein Kooperationsprojekt zur Stärkung der frühkindlichen Entwicklung und ein neu entstandener Aufgabenkatalog Mathematik, der den Übergang von der Schule in ein MINT-Studium erleichtern soll.

Zu guter Letzt suchen wir in eigener Sache im Projekt *MicroMeetsEvo* noch Lehrkräfte in Schleswig-Holstein, die gerade am Ende der Sek I oder zu Beginn der Sek II Biologie unterrichten, und die zwei der im Projekt entstandenen Unterrichtseinheiten zum Thema Evolution testen. Näheres dazu lesen Sie auf S. 24

Wir hoffen, auch dieses Mal wieder eine spannende Themenauswahl für Sie aufgestellt zu haben und wünschen Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

Wie immer freuen wir uns über Rückmeldungen und Anmerkungen unter: ipnjournal@leibniz-ipn.de

Die Redaktion: David Drescher, Knut Neumann, Ute Ringelband

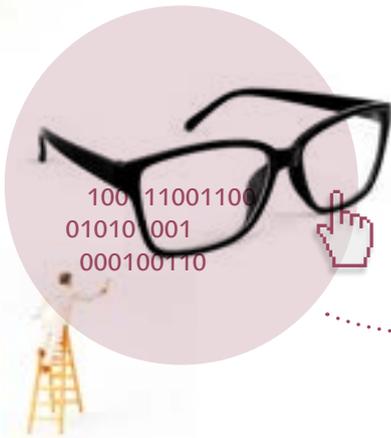
· 4 ·

Frühkindliche Entwicklung
bildungsbenachteiligter Kinder
nachhaltig fördern:
Die Bremer Initiative zur Stärkung
frühkindlicher Entwicklung



· 9 ·

Informatikunterricht:
Allgemeinbildung und Förderung
von Interessierten kombinieren



· 12 ·

Mit Empathie zum Erfolg?
Zur Rolle von Empathie und Emotionsregulation
bei Lehrkräften

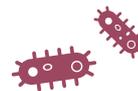
· 18 ·

Was beeinflusst die Lernmotivation
von Schülerinnen und Schülern?
Interview mit Jennifer Meyer und Thorben Jansen



· 24 ·

Evolutionsprozesse
im Biologieunterricht erlebbar machen:
Unterrichten mit Hilfe von
realen und digitalen Mikroorganismen



· 29 ·

Gastbeitrag:
Crosscutting Concepts – Powerful Lenses
for Sensemaking



· 34 ·

Experimentieren im Unterricht:
Auf den Spuren von Rosalind Franklin mit
Kugelschreiberfedern und Laserpointern

.....



· 38 ·

Lehramtsstudium:
Wie angehende Lehrkräfte durch
Rahmenbedingungen im Studium
unterstützt werden können



· 44 ·

Lehrkräfteausbildung Mathematik:
Verbindungen zwischen Hochschulmathematik
und Schulmathematik herstellen



· 48 ·

Lernen mit komplexen Repräsentationen
in der Organischen Chemie:
Von Blickbewegungen zu instruktionaler Unterstützung

.....

· 52 ·

Schule – MINT-Studium:
Den Übergang mit einem Aufgabenkatalog
erfolgreich gestalten



· 53 ·

Wissenswertes



· 58 ·

Impressum

.....

Forschen für gerechtere Chancen auf Bildung von Anfang an

MIT WISSENSCHAFTLICHEN ERKENNTNISSEN DIE FRÜHKINDLICHE
ENTWICKLUNG BILDUNGSBENACHTEILIGTER KINDER NACHHALTIG
STÄRKEN

Kerstin Schütte

Mit der Bremer Initiative zur Stärkung frühkindlicher Entwicklung (BRISE) wird ein Förderansatz zur Unterstützung der frühkindlichen Entwicklung von Kindern aus Familien in herausfordernden Lebenssituationen implementiert und wissenschaftlich begleitet. Der Förderansatz besteht darin, bewährte bestehende Angebote zu einer durchgängigen Förderkette zu verknüpfen. Die Erkenntnisse aus der umfassenden Langzeitstudie werden dazu dienen können, politische Maßnahmen zur Verbesserung von Bildungsgerechtigkeit und zur Nutzung aller Bildungspotenziale zu legitimieren.



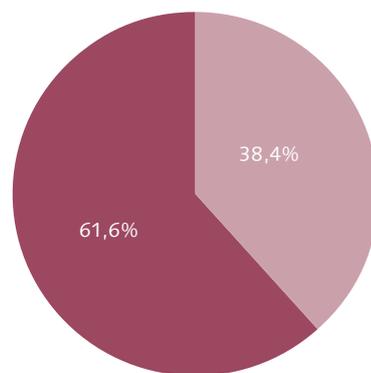
„Chantal und Constanze mit gleichen Bildungschancen!“ So könnte eine große deutsche Tageszeitung titeln, wenn sich die mit BRISE verknüpften Hoffnungen erfüllen. Hinter BRISE – der Bremer Initiative zur Stärkung frühkindlicher Entwicklung – verbirgt sich weit mehr als ein Forschungsprojekt. Eine Allianz aus Fachpraxis, Wissenschaft, Verwaltung, Politik und Zivilgesellschaft hat sich mit BRISE das Ziel gesetzt, die frühkindliche Entwicklung von Kindern aus bildungsbenachteiligten Familien effektiver als bislang und effizient zu unterstützen. Kinder sollen unabhängig von ihrer familiären Herkunft (und von damit in Zusammenhang stehenden Klischees und Erwartungen) mit guten Voraussetzungen ihre Schulkarrieren starten.

In dieser Allianz teilen das IPN und der von Prof. Dr. Olaf Köller, Geschäftsführender Wissenschaftlicher Direktor des IPN, geleitete Forschungsverbund die Absicht, die Bildungsgerechtigkeit in Deutschland zu verbessern. Ob der in BRISE erprobte Förderansatz dazu beitragen kann, wird gemäß geltender wissenschaftlicher Standards durch eine Langzeitstudie untersucht. Tatsächlich würde der BRISE-Forschungsverbund der Gesellschaft und im Besonderen den Kindern aus bildungsbenachteiligten Familien einen Bärendienst erweisen, würden für den BRISE-Förderansatz weniger streng überprüfte Wirksamkeitsnachweise akzeptiert. BRISE würde auf diese Weise begünstigen, dass öffentliche Mittel für Maßnahmen eingesetzt werden, welche die Bildungschancen benachteiligter Kinder mutmaßlich nicht verbessern. Diese Mittel stünden dann nicht für möglicherweise wirksamere Maßnahmen zur Verfügung. Die Kinder würden weiterhin nicht die Unterstützung erhalten, die ihnen bestmögliche Lernanreize bietet, ihre Fähigkeiten und Kompetenzen zu entfalten.

Mit einer Förderkette lückenlos die kindliche Entwicklung unterstützen

Die Erwartung ist jedoch, dass der BRISE-Förderansatz die frühkindliche Entwicklung von Kindern aus Familien in herausfordernden Lebenssituationen wirksam unterstützt und dafür vergleichsweise wenige zusätzliche Ausgaben erfordert. Das geht so: BRISE macht sich zunutze, dass in Bremen bereits viele Angebote für Schwangere und Familien mit jungen Kindern bestehen. Statt also eine gänzlich neue Fördermaßnahme einzuführen, „verknüpft“ BRISE solche Angebote zu einer durchgängigen Förderkette, die Familien ohnehin bereits zur Verfügung stehen. Der wesentliche Unterschied zur bisherigen Praxis besteht also darin, dass Familien möglichst ohne längere Unterbrechungen Unterstützungsmaßnahmen in Anspruch nehmen. Der Forschungsstand lässt darauf schließen, dass eine solche durchgängige Unterstützung die kindliche Entwicklung wirksamer fördert, als wenn Eltern nur vereinzelt oder keines der vorhandenen Angebote in Anspruch nehmen. Ob das tatsächlich so ist, wird nun durch die umfassende Langzeitstudie des BRISE-Forschungsverbunds untersucht.

○ Schütte, K., Rose, H., & Köller, O. (Hrsg.) (2022). *Frühkindliche Entwicklung stärken: Eine Zukunftsallianz aus Fachpraxis, Wissenschaft, Verwaltung, Politik und Zivilgesellschaft*. Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830995678>



SGB-II-Quote bei Personen unter 15 Jahren

■ Mit SGB-II-Bezug
■ Ohne SGB-II-Bezug

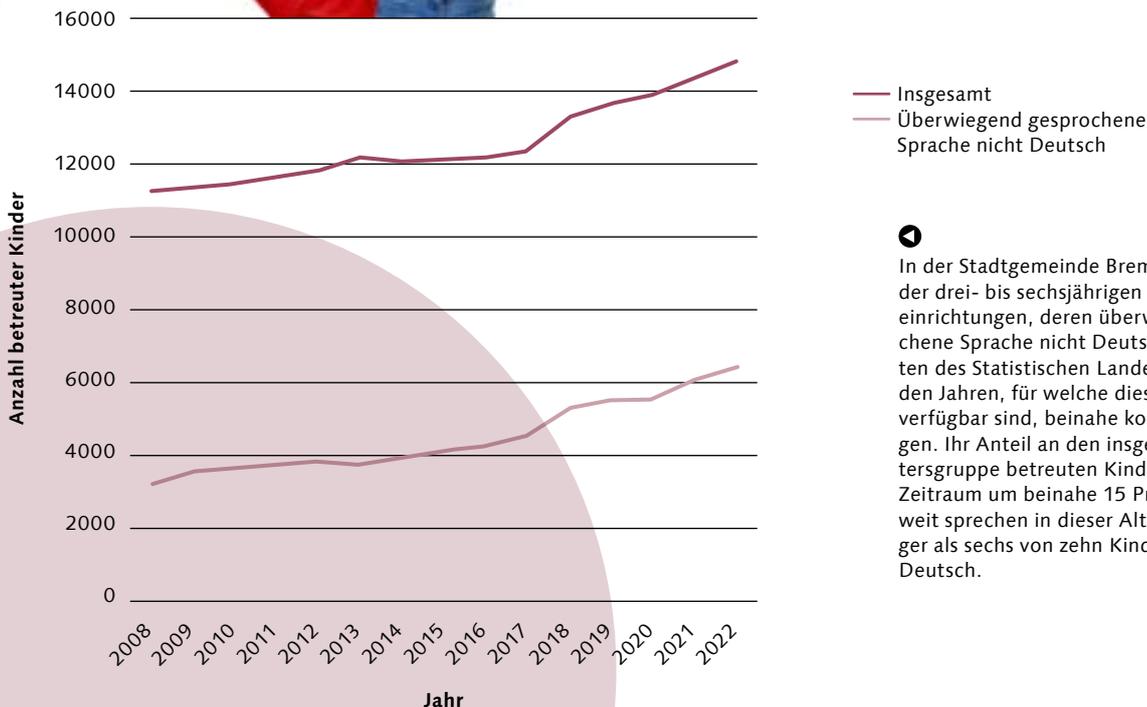


○ Als BRISE im Jahr 2016 offiziell ihre Arbeit aufgenommen hat, lag der mittlere Anteil der unter 15-Jährigen mit SGB-II-Bezug (d. h. Bezug von Grundsicherung für Arbeitssuchende im Sozialgesetzbuch) in den heute an BRISE teilnehmenden Ortsteilen (ungewichtet, d. h. die unterschiedlich großen Einwohnerzahlen der Ortsteile sind nicht berücksichtigt) bei beinahe 40 Prozent. In einzelnen Ortsteilen sind es mehr als die Hälfte der dort lebenden Kinder und Jugendlichen. (Quelle: Statistisches Landesamt Bremen)

Für die BRISE-Förderkette wurden zudem aus den bestehenden Angeboten solche ausgewählt, die für sich genommen geeignet sind, Dimensionen kindlicher Entwicklung zu unterstützen, die bei BRISE im Fokus stehen. Um den Übergang in die Schule gut zu bewältigen, benötigen die Kinder einerseits die entsprechenden kognitiven Voraussetzungen – allgemeine, sprachliche, aber auch naturwissenschaftliche und mathematische Fähigkeiten. Andererseits sind sozial-emotionale Fähigkeiten von wesentlicher Bedeutung, da die Kinder im Schulalltag größere Anforderungen an ihre Fähigkeiten bewältigen müssen, momentane Bedürfnisse und das eigene Verhalten zu regulieren. Diese Fähigkeiten sollten durch Lerngelegenheiten einerseits im familiären Kontext, andererseits in Einrichtungen der Kindertagesbetreuung erworben werden.

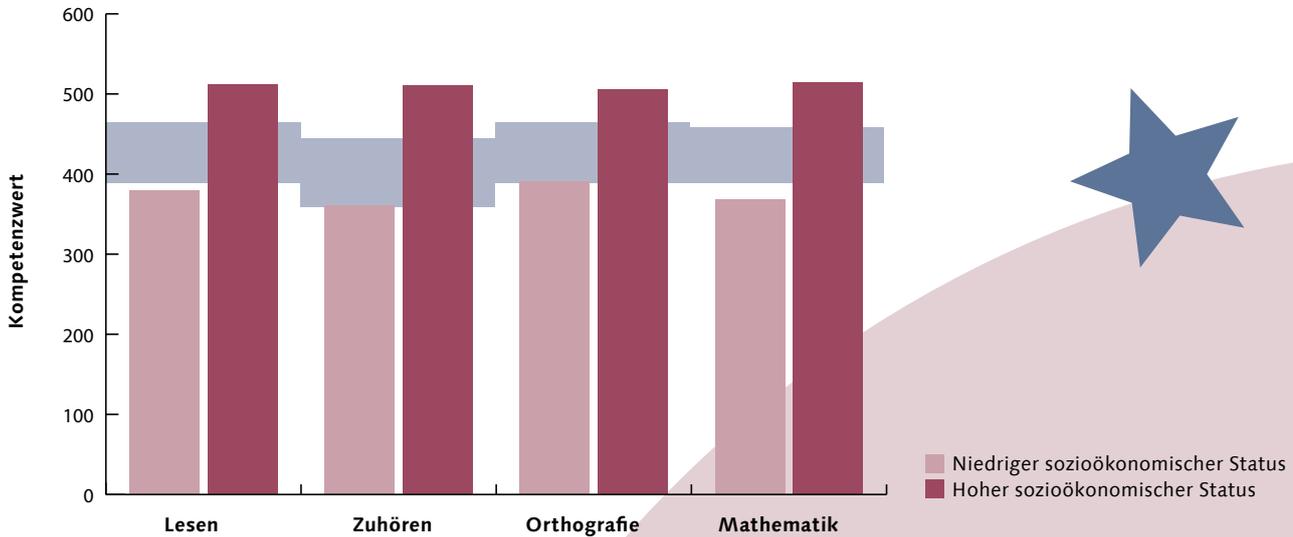
Qualifizierungsinitiative für pädagogische Fachkräfte

BRISE richtet daher auch besonderes Augenmerk auf die Kitas. In einer Zeit, in welcher der Fachkräftemangel die Schlagzeilen bestimmt, macht BRISE sich dafür stark, auch der Professionalität pädagogischer Fachkräfte in den Einrichtungen die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken. Welche große Bedeutung Kitas dafür haben, Kinder auf die Schule vorzubereiten, lässt sich am eindrücklichsten an jenen Kindern aufzeigen, in deren Familien nicht oder nur wenig Deutsch gesprochen wird. Was für den Spracherwerb gilt, gilt aber auch für andere relevante Dimensionen kindlicher Entwicklung: Die Kinder brauchen angemessene Lernanreize, die sie nicht – quasi automatisch – im Spiel mit anderen Kindern erhalten. In vielen alltäglichen Situationen können die pädagogischen Fachkräfte durch geeignete Impulse die kindliche Entwicklung anregen. Fachkräfte besser zu befähigen, solche Situationen zu erkennen und zu nutzen, strebt die Qualifizierungsinitiative in Bremen an, die aus BRISE heraus entwickelt wurde und sich schon heute nicht nur an die an BRISE beteiligten Kitas richtet.



In der Stadtgemeinde Bremen ist die Zahl der drei- bis sechsjährigen Kinder in Tageseinrichtungen, deren überwiegend gesprochene Sprache nicht Deutsch ist, nach Daten des Statistischen Landesamtes Bremen in den Jahren, für welche diese Daten öffentlich verfügbar sind, beinahe kontinuierlich gestiegen. Ihr Anteil an den insgesamt in dieser Altersgruppe betreuten Kindern stieg in diesem Zeitraum um beinahe 15 Prozent an; bremensweit sprechen in dieser Altersgruppe weniger als sechs von zehn Kindern überwiegend Deutsch.





Investitionen in Wissenschaft sind lohnend

Was nun ist die Rolle der Wissenschaft in BRISE? Die Wissenschaft hat die Aufgabe, genau hinzuschauen und Problemstellungen zu identifizieren. Das macht sie etwa dann, wenn sie mit den großen Vergleichsstudien die erhebliche Bildungsungleichheit gerade in Deutschland sichtbar macht. Die Wissenschaft hat aber auch die Aufgabe, mögliche Erklärungen für die belegten Phänomene zu untersuchen. So hilft sie zu verstehen, weshalb sich Kinder in Abhängigkeit von ihrer familiären Herkunft unterschiedlich entwickeln. Aus dem besseren Verständnis, welche Mechanismen zu Bildungsungleichheit führen, lassen sich mögliche Ansätze ableiten, wie ihrer Entstehung entgegengewirkt werden kann. Schließlich muss Wissenschaft überprüfen, ob und in welchem Maße solche Ansätze tatsächlich geeignet sind, die angestrebten Wirkungen zu erzielen. Dies tut der BRISE-Forschungsverbund, indem er eine große Zahl bildungsbenachteiligter Familien über Jahre begleitet und die Entwicklungsverläufe der Kinder und deren Bedingungen idealerweise beginnend noch in der Schwangerschaft und bis nach der Einschulung nachzeichnet. Die Investition in die Forschung lohnt, da Maßnahmen, die sinnvoll erscheinen, dies nicht notwendigerweise sind. Politisches Handeln auf wissenschaftliche Erkenntnisse zu stützen, schützt davor, wirkungslose oder gar schädliche Maßnahmen umzusetzen.



Kinder aus Familien mit einem vergleichsweise geringen sozioökonomischen Status erzielen in der 4. Klasse geringere mittlere Kompetenzwerte in den vier beim Bildungstrend 2021 betrachteten Bereichen als Kinder aus Familien mit vergleichsweise hohem sozioökonomischen Status. Die Balken stellen für das Land Bremen dar, welche Kompetenzwerte im Mittel erreicht wurden, wenn der Highest International Socio-Economic Index of Occupational Status einer Familie kleiner als das erste Quartil oder größer als das dritte Quartil war (vgl. Abbildung 7.1web in Sachse, K. A., Jindra, C., Schumann, K. & Schipolowski, S. (2022). Soziale Disparitäten. In P. Stanat, S. Schipolowski, R. Schneider, K. A. Sachse, S. Weirich & S. Henschel (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2021. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe* (S. 151–180). Waxmann.). Die hellblau hinterlegten Bereiche markieren die Punktwerte, die dem jeweiligen Mindeststandard entsprechen.



Wichtige Partner in der Allianz sind deshalb auch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, die Stadtgemeinde Bremen und die Jacobs Foundation. Ihr Engagement macht die Umsetzung der Initiative mit der wissenschaftlichen Begleitstudie erst möglich. Dabei verspricht ein Unterfangen wie BRISE keine schnellen Erfolge. Im Gegenteil gilt es, viel Langmut aufzubringen und trotz Widrigkeiten wie zum Beispiel einer Pandemie, die den Kontakt zu Familien für die Wissenschaft wie für die Praxis über lange Zeit erheblich erschwert hat, an BRISE festzuhalten, bis auf Basis der wissenschaftlichen Untersuchung seriös Aussagen über die Wirkungen der Förderkette auf die Entwicklung von bildungsbenachteiligten Kindern getroffen werden können. Im Rahmen üblicher Projektlaufzeiten wäre es unmöglich, die Erkenntnisse zu gewinnen, die BRISE hervorbringen wird. Entsprechend selten sind solch aufwändige Untersuchungen. Und entsprechend bedeutsam ist es – weit über Bremen hinaus –, dass BRISE auf dem Weg ist, die wissenschaftlichen Erkenntnisse bereitzustellen.

Eine Initiative gerade auch für schwierige Zeiten

Die mit dem BRISE-Förderansatz verfolgte Absicht ist kein Luxus, bei welchem eine Gesellschaft in schlechteren Zeiten Abstriche machen kann. Die aktuellen Krisen verschärfen vielmehr auf gesellschaftlicher Ebene die Notwendigkeit, bildungsbenachteiligten Kindern bessere Chancen zu bieten. Nicht nur für ihr eigenes Leben gewinnen sie dadurch Gestaltungsräume, sie werden auch besser in die Lage versetzt, zur Sicherung des gesellschaftlichen Wohlstands beizutragen.

Gute Nachrichten taugen weniger für Schlagzeilen als schlechte. Und vollständige Bildungsgerechtigkeit ist offensichtlich eine Utopie. Dennoch gibt es allen Anlass, im Bemühen um die Bildungschancen benachteiligter Kinder nicht nachzulassen.



i Dr. Kerstin Schütte

ist Diplom-Psychologin und wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Seit Projektbeginn im Jahr 2016 ist sie die Verbundkoordinatorin von BRISE.

schuette@leibniz-ipn.de





Informatikunterricht – Auf der Suche nach Identität

ALLGEMEINBILDUNG UND FÖRDERUNG VON INTERESSIERTEN
KOMBINIEREN

Andreas Mühling

Die Wünsche an ein Schulfach Informatik sind vielfältig. Sie reichen in der Diskussion von einem reinen „Computerkurs“, über die Sicherstellung einer erweiterten Allgemeinbildung im digitalen Zeitalter, bis hin zur Verringerung des Fachkräftemangels durch die Generierung von mehr Studenten und speziell Studentinnen in der Informatik. Fachdidaktisch entsteht daraus die Aufgabe, diese Interessen einzuordnen und insgesamt ein kohärentes Angebot für die Schule zu schaffen.

Im Hinblick auf die Entwicklung der Schulinformatik seit den 1970er-Jahren lässt sich rückblickend ein Trend beobachten, der beginnend von einer stark mathematisch-algorithmisch geprägten Ausrichtung, die Themen und Lernziele mehr und mehr in Richtung einer Anwendbarkeit im späteren Berufsalltag verschiebt. Diese Veränderung folgte dabei stets auch der fortschreitenden Digitalisierung der Alltagswelt, in der Rechner zunächst für aufwändige Berechnungen eingesetzt, später aber als PCs auch in Büros

und zu Hause verfügbar wurden. Aus „Informatik“ wurde so nach und nach „ICT“-Unterricht, der sich von der Bezugswissenschaft deutlich entfernt hatte. Auch die Wissenschaft hatte sich natürlich seit den 1970er-Jahren rasant weiterentwickelt und sich von einem Teilgebiet der Mathematik hin zu einer Ingenieurwissenschaft bewegt, die sich deduktiver, formaler Methoden genauso wie auch empirischer und konstruktiver Verfahren bedient.

» Die Brücke, die es zu schlagen gilt, ist sehr groß. Es herrscht zunächst keine Einigkeit darüber, wie genau Schulinformatik im Jahr 2023 aussehen muss. «



Von den 1990er-Jahren an entstanden als „Ge- genentwurf“ dann fachdidaktische Modelle, die die Informatik wieder stärker in das Zentrum des Schulfachs rücken. Die „Handschrift“ dieser Modelle lässt sich bis heute im Informatikunterricht der verschiedenen Bundesländer erkennen. Es geht dabei um die fundamentalen Ideen der Informatik, das Konzept der Information und die Modellierung von informationsverarbeitenden Prozessen sowie die (De-)Konstruktion von informatischen Systemen.

Auch in den sich anschließenden rund 25 Jahren hat sich sowohl die Informatik als Wissenschaft wie auch die Digitalisierung des Alltags weiterentwickelt. Die Auswertung großer Datenmengen, gestützt durch Verfahren des maschinellen Lernens, verändern die Methoden des Erkenntnisgewinns in fast allen Wissenschaftsbereichen und werfen gleichzeitig viele ethische Fragen auf. Quantencomputer werden zwar nicht die Grenzen der Automatisierung verschieben, die bisherigen Regeln der digitalen Welt aber dennoch massiv verändern, etwa im Hinblick auf die Sicherheit von Verschlüsselungsverfahren.

Informatikunterricht kann diese Themen nur noch exemplarisch bzw. reduziert aufgreifen. Zwar lässt sich ein modernes neuronales Netz nicht mit den Möglichkeiten der Schulmathematik erfassen, aber durch leistungsfähige Software kann man im Informatikunterricht zumindest damit experimentieren. Auch die Unterrichtsideen des „CS unplugged“ – Informatik ohne Computer – tragen dieser Entwicklung Rechnung. Gleichzeitig entsteht, z. B. mit der Idee des *computational thinking*, eine Art Rückwärtsbewegung hin zu den algorithmisch geprägten Anfängen der Schulinformatik: Das Problemlösen mit Hilfe von Automatisierung wird dabei als allgemeinbildender Kern verstanden, der über das Fach hinaus

lebenslange Relevanz für Lernende hat und sich von anderen Arten des Problemlösens unterscheidet. Das wird kombiniert mit dem Anspruch, auch als Schulfach Informatik einen Teil zur Medienbildung der Lernenden (im Sinne der KMK) beizutragen. Wie funktionieren das Internet und das Smartphone? Wie entstehen automatisch generierte Vorschläge auf Webseiten?

Die Brücke, die es zu schlagen gilt, ist also sehr groß. Teilweise lassen sich die Diskrepanzen schullogisch auflösen, etwa durch einen unterschiedlichen Fokus in den Sekundarstufen I und II bzw. durch Möglichkeiten der freiwilligen Vertiefung in Ergänzung zu einem Pflichtfach. So können Allgemeinbildung und Förderung von Interessierten gut kombiniert werden. Teilweise bleiben sie aber unauflösbar bestehen – Computerkurs und Informatik haben wenig miteinander zu tun – und erzeugen, verstärkt durch die bisher nur vergleichsweise geringe Standardisierung der Curricula, eine heterogene Landschaft von „Informatik“ in der Schule – nicht zuletzt angefangen beim Namen des Fachs.

Integration der Perspektiven

Werden – auch international – die aktuell relevanten fachdidaktischen Modelle und existierenden Ausprägungen des Fachs in den Blick genommen, so herrscht zunächst keine Einigkeit darüber, wie genau Schulinformatik im Jahr 2023 aussehen muss. Trotzdem lässt sich festhalten, dass über viele der Ansätze hinweg die prozessbezogenen Kompetenzen eine besondere Aufmerksamkeit erhalten: Modellierung, (De-)Konstruktion, strukturierte Zerlegung als eine der fundamentalen Ideen, die prozessbezogenen Kompetenzen der Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik. Auch im US-amerikanischen „K-12 computer science framework“ existieren *practices* als gleichberechtigte Säule neben *concepts*.

11001001
1001

 <https://www.ddi.inf.uni-kiel.de/de/schule/ki-labor>

Prozesse der Informationsverarbeitung bilden den Kern der Wissenschaft sowie den Kern digitaler Technologien. Die Gestaltung, formale Modellierung und Optimierung dieser Prozesse sind – neben grundlegenden Fragen nach ihren Grenzen – bis heute der wesentliche Fokus der Tätigkeit von Informatikerinnen und Informatikern, sowohl in Wissenschaft wie auch in der Wirtschaft. Die Entwicklung von Software, das Identifizieren und Beheben von Schwachstellen in Systemen – z. B. Sicherheitslücken oder zu großer Ressourcenbedarf – sind Prozesse, die eine gut vernetzte Wissensbasis ebenso wie ein kommunikatives und iterativ verbesserndes Problemlösen erfordern.

Im fachpropädeutischen Sinne ist es also naheliegend, auch in der Schulinformatik diese Tätigkeiten in den Mittelpunkt zu rücken und so eine (fachliche) Identitätsentwicklung der Lernenden zu fördern. Im Sinne der *legitimate peripheral participation* – als Teil der Theorie der *community of practice* bzw. des *situated learning* erleben sich die Schülerinnen und Schüler so bereits als Informatikerin oder Informatiker. In einem systematischen Literatur-Review zum Thema Identität in der Schulinformatik zeigt sich, dass dieser Ansatz international speziell zur Förderung der Diversität und zur Steigerung der Abschlussraten, aber auch zur Verbesserung von Lernerfolg diskutiert wird. Auch *computational thinking* beschreibt letztlich genau einen solchen Prozess im Sinne einer problemlösenden Tätigkeit, wenn auch nicht einen spezifisch fachlichen. Offen ist aber bisher ob diese überfachliche Fähigkeit emergent aus dem Informatikunterricht hervorgeht oder ob es explizit unterrichtet werden muss.

Das liegt nicht zuletzt an der großen begrifflichen Unschärfe hinter diesem Konzept.

Darüber hinaus bleibt der Anspruch an eine allgemeine Medienbildung, der nicht unmittelbar in diese Ausrichtung des Faches zu passen scheint, da hierbei oft das Wissen über bestimmte Aspekte digitaler Systeme stärker im Vordergrund steht. Die Frage danach, wie sicher die Verwendung einer bestimmten Messenger-App ist, ist zunächst nichts, was dem oben beschriebenen Entwicklungsprozess folgt. Da sich die prozessbezogenen Kompetenzen im Unterricht aber letztlich (nur) anhand eines konkreten Kontextes einüben lassen, entsteht daraus aber nicht zwingend ein Widerspruch, vielmehr entstehen Anforderungen an die Kontexte bzw. Themen, die im Informatikunterricht behandelt werden müssen. So könnte im Unterricht selbst versucht werden, eine sichere Datenübertragung zu entwerfen und diese dann zur Bewertung mit existierenden Systemen zu vergleichen.

□ Große-Bölting, G., Gerstenberger, D., Gildehaus, L., Mühlhng, A., & Schulte, C. (2021). Identity in K-12 computer education research: A systematic literature review. In A. J. Ko, J. Vahrenhold, R. McCauley, & M. Hauswirth (Eds.), *Proceedings of the 17th ACM Conference on International Computing Education Research*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3446871.3469757>



i Prof. Dr. Andreas Mühlhng ist seit dem Jahr 2016 an der Universität Kiel für die Fachdidaktik Informatik zuständig. Er leitet die vor kurzem gemeinsam mit der Universität Kiel am IPN eingerichtete Arbeitsgruppe Didaktik der Informatik. muehling@leibniz-ipn.de

100111001100
010101001
000100110



Mit Empathie zum Erfolg?

SOZIAL-EMOTIONALE KOMPETENZ
ALS MERKMAL ERFOLGREICHER LEHRKRÄFTE

Karen Aldrup



Am IPN beschäftigt sich die Forschungsgruppe SEMO (sozial-emotionale Merkmale erfolgreicher Lehrkräfte) mit den Effekten der sozial-emotionalen Kompetenz und des beruflichen Wohlbefindens von Lehrkräften auf die Unterrichtsqualität und die fachliche sowie affektiv-motivationale Entwicklung von Schülerinnen und Schülern. In diesem Beitrag stellen wir ausgewählte Forschungsergebnisse der SEMO-Gruppe zur sozial-emotionalen Kompetenz von Lehrkräften vor und beleuchten, welche Rolle Empathie und Emotionsregulation, als zwei zentrale Aspekte sozial-emotionaler Kompetenz, für die Unterrichtsqualität und die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler spielen.

Frau Michelsen unterrichtet seit Kurzem eine 8. Klasse in Mathematik. Einer der Schüler, Tim, passt im Unterricht nicht auf, redet häufig mit seinem Sitznachbarn, kann Fragen an ihn selten beantworten und macht seine Hausaufgaben häufig unvollständig oder gar nicht.

Warum zeigt Tim dieses Verhalten? Langweilt ihn das Thema? Sind ihm die Aufgaben zu schwierig? Vermeidet er Mathematik aus Angst oder fühlt er sich im Unterricht nicht wohl? Und wie geht es der Lehrkraft in dieser Situation? Möglicherweise ärgert sich Frau Michelsen über Tims feh-

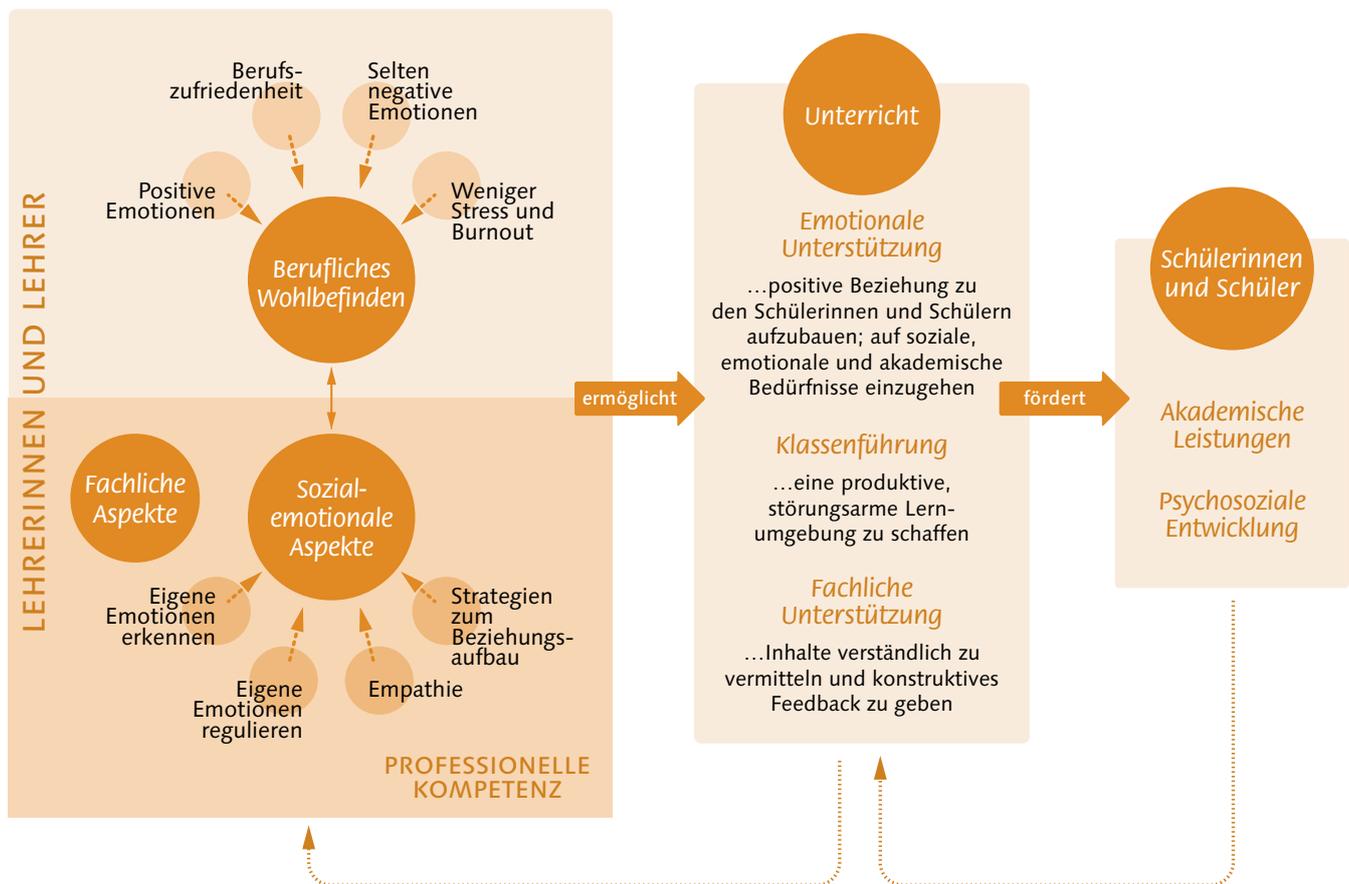
lende Motivation. Vielleicht empfindet sie Hilflosigkeit, weil sie nicht weiß, wie sie ihm helfen kann, oder fürchtet, dass Tims Verhalten zunehmend destruktiv und störend wird.

Diese und ähnliche Situationen kennen viele Lehrkräfte: Schließlich sind soziale Interaktionen mit den Schülerinnen und Schülern der zentrale Aspekt ihres Berufs. Dabei entstehen auf beiden Seiten häufig vielfältige Emotionen. Um die sozialen Interaktionen zu bewältigen, benötigen Lehrkräfte zusätzlich zu fachbezogenem auch überfachliches Wissen und Können. Das Forschungsfeld betonte bereits im Jahr 2009 in einem theoretischen Modell die Bedeutung der sozial-emotionalen Kompetenz und des beruflichen Wohlbefindens von Lehrkräften für erfolgreiche Lehr- und Lernprozesse.



Wer neugierig auf weitere Erkenntnisse aus der SEMO-Arbeitsgruppe ist, kann hier mehr über ihre Forschung und aktuellen Projekte erfahren: <https://semo.leibniz-ipn.de>

Theoretisches Modell zur Rolle der sozial-emotionalen Kompetenz und des Wohlbefindens von Lehrkräften für ihr berufliches Verhalten und die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler



Das Modell des prosozialen Klassenraums von Jennings und Greenberg (2009)

Ausgehend von der Forderung, dass Bildung nicht nur zur akademischen Leistung von Schülerinnen und Schülern, sondern auch ihrer psychosozialen Entwicklung beitragen sollte, betonen Jennings und Greenberg in Ihrem Modell hierfür die Bedeutung der sozial-emotionalen Kompetenz und des Wohlbefindens von Lehrkräften. Sie formulierten die Annahme, dass sozial-emotional kompetente Lehrkräfte, die zufrieden und stressresistent sind, auch deutlich besser in der Lage sind, ihre Schülerinnen und Schüler zu ermutigen, zu unterstützen und positive Beziehungen im Klassenraum zu ermöglichen (= emotionale Unterstützung) sowie klare Regeln zu formulieren und durchzusetzen (= Klassenführung). Zudem sollte es ihnen besser gelingen, den Unterricht auf dem Kenntnisstand und den Interessen der Schülerinnen und Schüler aufzubauen (= fachliche Unterstützung). Ein derart gestalteter Unterricht wiederum trägt, wie sich in zahlreichen empirischen Studien zeigt, zu guten akademischen Leistungen und zur psychosozialen Entwicklung der Schülerinnen und Schüler bei.



WIE KÖNNEN LEHRKRÄFTE EMPATHIE ZEIGEN?

Suchen Sie aktiv und bewusst nach Hinweisen bei den Schülerinnen und Schülern, ob diese Unterstützung oder Hilfe benötigen. Schülerinnen und Schüler machen nicht nur durch Meldungen und Nachfragen deutlich, dass sie etwas nicht verstanden haben. Wenn Schülerinnen und Schüler schulische Schwierigkeiten oder soziale Probleme haben, verängstigt oder verärgert sind, kann man das häufig auch im Verhalten, der Mimik und der Gestik erkennen. Im besten Fall kennen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler so gut, dass sie vorhersagen können, an welcher Stelle Verständnisschwierigkeiten oder auch soziale/emotionale Probleme auftreten werden, sodass Sie ihren Unterricht entsprechend planen und gestalten können. Berücksichtigen Sie außerschulische Faktoren, die die Schülerinnen und Schüler beschäftigen und erkennen Sie die Gefühlslage der Kinder an.

WIE KANN LEHRKRÄFTEN EINE EFFEKTIVE EMOTIONSREGULATION GELINGEN?

Eine der effektivsten Emotionsregulationsstrategien ist es, die emotionsauslösende Situation nachhaltig zu verändern. Manchmal ist es jedoch nicht möglich, eine Situation zu verändern und wir haben wenig Handlungsspielraum. Hier haben sich kognitive Strategien als sehr hilfreich erwiesen. Ein Beispiel hierfür ist die kognitive Umbewertung, bei der es darum geht, sich von negativen Gedanken zu lösen und stressauslösende Situationen aus einer neuen Perspektive zu betrachten. Weiterhin gibt es einige Strategien, die als eher ineffektiv gelten, insbesondere die expressive Regulation, die auch als Suppression bezeichnet wird. Diese Strategie ist auf lange Sicht nicht nur für die Lehrkraft selbst, sondern auch für die Beziehung zu den Schülerinnen und Schülern schädlich. Denn trotz des Versuchs, sich den eigenen Ärger nicht anmerken zu lassen, nehmen die Schülerinnen und Schüler diesen weiterhin wahr.

Sozial-emotionale Kompetenz von Lehrkräften

Empathie und Emotionsregulation gelten als zwei zentrale Aspekte der sozial-emotionalen Kompetenz. *Empathie* ist die Fähigkeit, die Perspektive anderer einzunehmen, ihre Emotionen zu erkennen und nachzuempfinden. Theoretisch kann angenommen werden, dass das Verstehen und Erkennen der Emotionen des Gegenübers es ermöglichen, die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler treffend einzuschätzen, während das Mitfühlen die Motivation erhöht, auf die Schülerinnen und Schüler einzugehen.

Emotionsregulation ermöglicht es Lehrkräften zu steuern, welche Emotionen sie selbst erleben und wie sie diese im Unterricht ausdrücken. Dabei lassen sich zwei zentrale Strategien unterscheiden: Die *kognitive Regulation* setzt an den Gedanken an und ermöglicht es, eine andere Perspektive einzunehmen, um das emotionale Erleben zu verändern. Die *expressive Regulation* hingegen setzt am Emotionsausdruck an, verändert also nicht das Empfinden der Person.

Allerdings ist bislang wenig darüber bekannt, welche Effekte die sozial-emotionale Kompetenz auf den Unterricht und die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler hat. Dieses Wissen ist insbesondere für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften relevant, um Angebote entsprechend ausrichten zu können. Erst seit einigen Jahren widmen sich empirische Studien zunehmend dieser Frage. In zwei systematischen Reviews fasste die SEMO-Arbeitsgruppe daher die bislang gewonnenen Erkenntnisse zur Rolle von (1) Empathie und (2) Emotionsregulation für die Unterrichtsqualität sowie die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler zusammen. Im Fokus standen dabei die drei zentralen Dimensionen der Unterrichtsqualität – emotionale Unterstützung, Klassenführung und fachliche Unterstützung – sowie die kognitiven (z. B. Mathematikleistung) und nicht-kognitiven (z. B. Interesse am Unterricht, sozial-emotionale Kompetenz) Outcomes der Schülerinnen und Schüler sowohl im akademischen als auch im nicht-akademischen Bereich.

 Aldrup, K., Carstensen, B., & Klusmann, U. (2022). Is empathy the key to effective teaching? A systematic review of its association with teacher-student interactions and student outcomes. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1177–1216. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09649-y>

Aldrup, K., Carstensen, B., & Klusmann, U. (revised and resubmitted). The role of teachers' emotion regulation in teacher-student interactions and student outcomes: *A systematic review and meta-analysis*.

Forschungsergebnisse

Eine systematische Literaturrecherche in einschlägigen Datenbanken ergab 41 relevante Studien zur Empathie von Lehrkräften und 57 Studien zur Emotionsregulation. Bemerkenswert ist, dass die Mehrzahl der Studien innerhalb der vergangenen zehn Jahre veröffentlicht wurde, was auf ein noch junges Forschungsfeld hindeutet. Meist wurden die Lehrkräfte um eine Selbsteinschätzung ihrer Empathie bzw. Emotionsregulation gebeten, wobei vielfach eine allgemeine Einschätzung ohne Bezug zur beruflichen Tätigkeit erfolgte. Auch die Qualität der Lehrer-Schüler-Interaktion sowie die Outcomes der Schülerinnen und Schüler wurden überwiegend von den Lehrkräften selbst beurteilt.

In der Mehrzahl der Studien war die Empathie der Lehrkraft nicht mit den drei Basisdimensionen der Unterrichtsqualität assoziiert, das heißt weder mit emotionaler Unterstützung, Klassenführung oder fachlicher Unterstützung noch mit globalen Einschätzungen der Unterrichtsqualität zeigten sich Zusammenhänge. Einzig für den Umgang mit Bullying, der als ein Teilaspekt von emotionaler Unterstützung betrachtet werden kann, zeigte sich, dass Lehrkräfte, die in hypothetischen Szenarien mehr Empathie mit Opfern von Bullying empfanden, eher bereit waren, diese zu unterstützen und zu intervenieren. Auch zwischen der Empathie der Lehrkraft und der kognitiven und psychosozialen Entwicklung der Schülerinnen und Schüler zeigten sich kaum Zusammenhänge.

Zusammengefasst lassen diese Befunde die Relevanz von Empathie fraglich erscheinen. Da jedoch Selbsteinschätzungen von Empathie positiv verzerrt sein können, ist die Aussagekraft bisheriger Studien eingeschränkt. Zudem können die spezifischen Anforderungen, die Interaktionen mit Schülerinnen und Schülern an die Empathie von Lehrkräften stellen, durch eine allgemeine Erfassung ohne Bezug zum beruflichen Kontext nicht abgebildet werden. Folglich wäre weitere Forschung mittels objektiver, professionsspezifischer Verfahren wünschenswert,

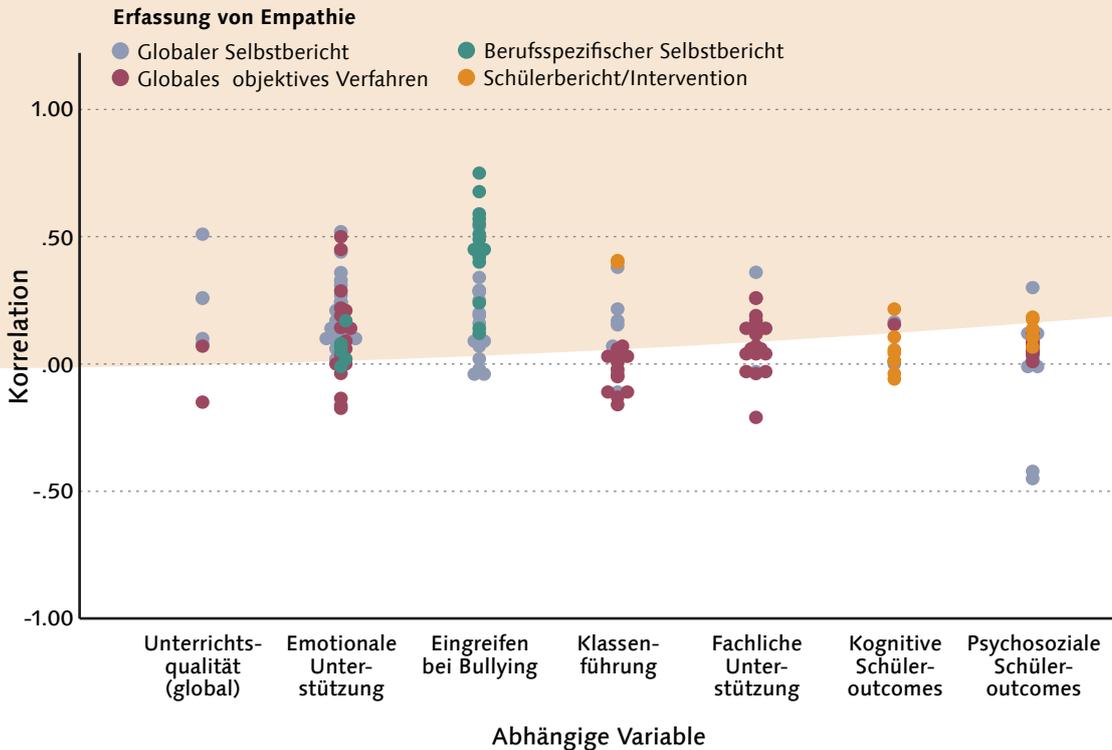


Aldrup, K., Carstensen, B., Köller, M. M., & Klusmann, U. (2020). Measuring teachers' social-emotional competence: Development and validation of a situational judgment test. *Frontiers in Psychology*, 11, Article 892. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00892>



Eigenschaften der identifizierten Studien zur Empathie und Emotionsregulation von Lehrkräften

	EMPATHIE	EMOTIONS-REGULATION
Anzahl der Studien	41	57
Publikationsjahr (Md)	2014	2018
Publikationstyp: Zeitschriftenaufsatz (%)	56.1	61.4
Herkunft der Stichprobe: USA (%)	52.4	46.6
Stichprobe mit Sekundarschullehrkräften (%)	57.1	50.0
Erfassung Kompetenz		
Selbstbericht (%)	69.0	80.7
Berufsspezifisch (%)	31.0	29.3
Selbstberichteter Unterricht / Outcomes (%)	52.4	55.2



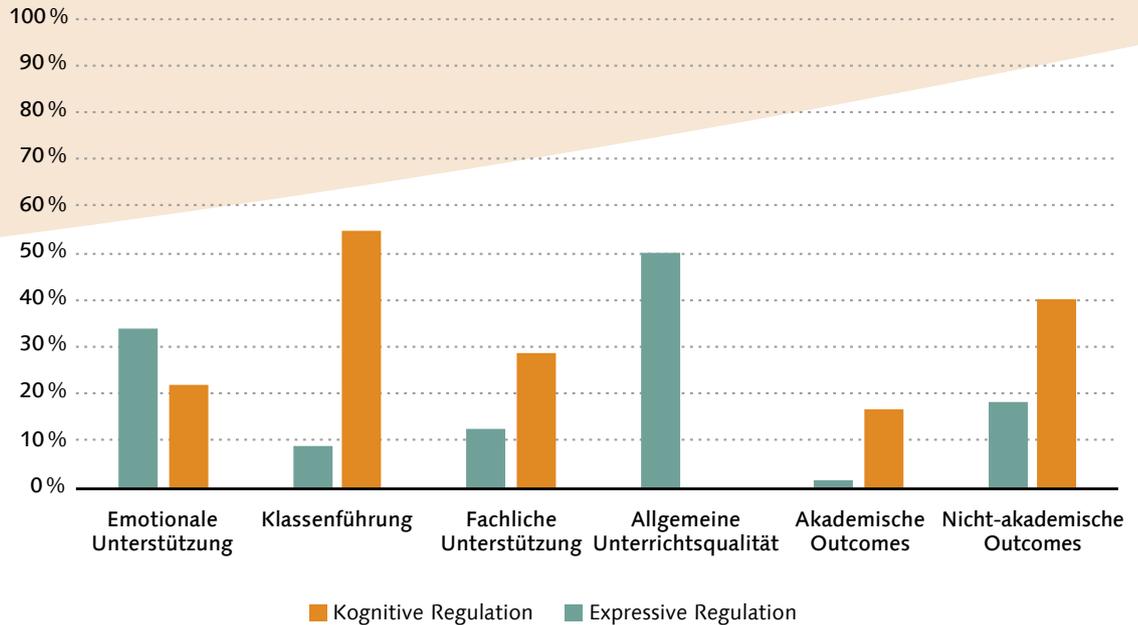
▲ Korrelationen zwischen Empathie und der Unterrichtsqualität sowie Schüleroutcomes in Abhängigkeit des methodischen Ansatzes zur Messung von Empathie.

die jedoch bislang fehlen. Ein Ausgangspunkt bei der Entwicklung entsprechender Messinstrumente könnte der von der SEMO-Forschungsgruppe erarbeitete Test zur Erfassung der Fähigkeit zur Emotionsregulation und zum Beziehungsmanagement sein.

Mit Blick auf die Emotionsregulation von Lehrkräften zeigten die Ergebnisse der hier thematisierten Überichtsarbeit, dass expressive Regulation, also das Unterdrücken oder Vortäuschen von Emotionen, mit weniger emotionaler und fachlicher Unterstützung für die Schülerinnen und Schüler sowie einer ineffektiveren Klassenführung einherging. Auch fanden sich erste Hinweise darauf, dass expressive Regulation mit schlechteren Schüleroutcomes, zum Beispiel weniger prosozialem Verhalten, assoziiert war. Für kognitive Regulation zeigte sich hingegen, dass diese mit vermehrter emotionaler Unterstützung – zumindest aus Sicht der Lehrkräfte – in Zusammenhang stand.

Folglich scheint insbesondere expressive Regulation mit der Unterrichtsqualität und Schüleroutcomes assoziiert zu sein. Das Unterdrücken oder Vortäuschen von Emotionen, ohne das eigene Empfinden tatsächlich zu verändern, steht dabei eher mit negativen Konsequenzen in Zusammenhang. Ebenso ist jedoch denkbar, dass zum Beispiel im Umgang mit herausfordernden Schülerinnen und Schülern verstärkt negative Emotionen auftreten, sodass Lehrkräfte sich gezwun-





Anteil der statistisch signifikant positiven Zusammenhänge zwischen kognitiver Regulation, der Unterrichtsqualität und Schüleroutcomes sowie der statistisch signifikant negativen Zusammenhänge für expressive Regulation.

gen sehen, expressive Regulation einzusetzen, um den Anforderungen an ihre Rolle gerecht werden zu können. Die Frage nach der kausalen Wirkrichtung kann auf Basis der bisherigen Studie nicht beantwortet werden.

Fazit

Wenngleich bisherige Studien die Bedeutung von Empathie und Emotionsregulation nicht klar unterstreichen konnten, erscheint weitere Forschung zu diesem Thema lohnenswert. Aus theoretischer Perspektive gibt es überzeugende Argumente für die Annahme, dass Empathie und Emotionsregulation mit der Unterrichtsqualität und der Entwicklung der Schülerinnen und Schüler assoziiert sind. Darüber hinaus wird Empathie auch von Schülerinnen und Schülern als wichtige Eigenschaft von Lehrkräften benannt und die Emotionsregulation ist bedeutsam für das berufliche Wohlbefinden von Lehrkräften und könnte somit auf mehreren Ebenen wirksam sein. Die Forschungsgruppe SEMO am IPN konnte bereits zeigen, dass sozial-emotionale Kompetenz schon im Studium durch Trainings gezielt gefördert werden kann, sodass sich hier ein Ansatzpunkt für die effektive Verbesserung von Unterricht böte.



Carstensen, B., Köller, M., & Klusmann, U. (2019). Förderung sozial-emotionaler Kompetenz von angehenden Lehrkräften: Konzeption und Evaluation eines Trainingsprogramms. *Zeitschrift Für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000205>



Dr. Karen Aldrup

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Die Diplom-Psychologin beschäftigt sich vornehmlich mit Fragen zur Lehrer-Schüler-Beziehung und mit der sozial-emotionalen Kompetenz von Lehrkräften und ihren Effekten auf das berufliche Wohlbefinden von Lehrkräften sowie auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler.

aldrup@leibniz-ipn.de

Was beeinflusst die Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern?

DIESER FRAGE SIND DR. THORBEN JANSEN UND DR. JENNIFER MEYER VOM IPN IM RAHMEN EINER GROSS ANGELEGTE LITERATURZUSAMMENFASSUNG NACHGEGANGEN. DAS IPN JOURNAL SPRICHT MIT DEN BEIDEN ÜBER HERANGEHENSWEISEN UND ERGEBNISSE IHRER STUDIE.



Dr. Thorben Jansen und Dr. Jennifer Meyer arbeiten beide in der IPN-Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie und leiten jeweils eine Nachwuchsgruppe am IPN. Sie haben sich die Frage gestellt, wodurch die Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern beeinflusst wird. Um dieser Frage nachzugehen, haben sie gemeinsam mit Allan Wigfield von der University of Maryland und Jens Möller von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) über 125 Meta-Analysen ausgewählt, die Studien aus diesem Bereich zusammenfassen, und diese wiederum zusammengefasst. Mit ihrer Arbeit ist ihnen ein besonderer Publikationserfolg gelungen: Sie wurde in der renommierten Zeitschrift *Psychological Bulletin* veröffentlicht. Das IPN Journal spricht mit Thorben Jansen und Jennifer Meyer über den langen Weg dorthin und ihre aufschlussreichen Ergebnisse.

IPN JOURNAL Spannend ist unter anderem die Methodik der Arbeit, denn wir sprechen hier nicht von einer Meta-Analyse im klassischen Sinn. Stattdessen habt ihr bereits durchgeführte Meta-Analysen systematisch zusammengefasst und ausgewertet. Für mich stellt sich die Frage, wie man eine wissenschaftlich so groß angelegte Studie auf den Weg bringt? Wie habt ihr zum Beispiel die Meta-Studien ausgewählt, die wiederum in eure Studie eingegangen sind?

THORBEN JANSEN Unser Startpunkt war die Fragestellung, was am stärksten mit der Motivation von Schülerinnen und Schülern zusammenhängt. Die Idee war, dazu möglichst umfassende Aussagen treffen zu können, und dafür die bisherigen Studien zu dem Thema meta-analytisch zusammenzufassen. Die Auswahl der Studien haben wir sehr breit angelegt. Wir wollten wirklich alle Studien einschließen, die sich Zusammenhänge von schulbezogener Motivation mit einem beliebigen Aspekt angesehen haben. Uns war anfänglich die Größe des Projektes nicht bewusst. Es wurde aber relativ schnell klar, dass es sehr viele Studien zur Schülermotivation gibt, über 5000 Studien. Wir hätten es nicht geschafft, so viele Studien zu vergleichen, deswegen haben wir uns dafür entschieden, Meta-Analysen zusammenzufassen und Effektstärken zu vergleichen. Das wirkte nach einem umsetzbaren Plan, hat jedoch trotzdem einige Jahre gedauert.

IPN JOURNAL Und in diesen Jahren sind kaum vorstellbare Mengen an Daten zusammengekommen, die die Grundlage eurer Forschung bilden. Beeindruckend ist zum Beispiel die Zahl von 25 Millionen Schülerinnen und Schülern, deren Daten insgesamt berücksichtigt wurden. Hatte diese große Datenbasis besondere Auswirkungen auf eure Herangehensweise?

THORBEN JANSEN Die enorme Anzahl an Schülerinnen und Schülern hatte einen überraschend kleinen Einfluss auf die Herangehensweise. In Meta-Analysen von Primärstudien gewichtet man die Ergebnisse jeder Studie anhand des sogenannten Stichprobenfehlers, der sich aus der Anzahl der berücksichtigten Personen berechnet. Dort können Studien mit vielen Personen doppelt oder sogar zehnfach so wichtig sein wie eine Studie mit wenigen Personen. Allerdings kann der Stichprobenfehler bei sehr vielen Personen fast null werden, sodass dann durch noch mehr Personen der Stichprobenfehler sich nicht mehr ändert, also unverändert klein bleibt. Genau das war hier der Fall, fast alle Meta-Analysen berücksichtigen so viele Schülerinnen und Schüler, dass ihre Stichprobenfehler nahe null waren. Da-



mit wir trotzdem umfassenderen Meta-Analysen ein höheres Gewicht geben konnten, haben wir die Meta-Analysen auch nach der Anzahl der eingeschlossenen Primärstudien gewichtet.

Außerdem ist an unserer Studie besonders, dass wir mit bereits zusammengefassten Daten gerechnet haben. Jede Zusammenfassung bedeutet auch immer einen Informationsverlust darüber, was genau in den Studien gemacht wurde. Wir wollten ursprünglich spezifischere Aussagen machen, z. B. über unterschiedliche Arten von Motivation wie der intrinsischen oder extrinsischen Motivation. Das konnten wir aber aufgrund der Zusammenfassungen der Daten in den Meta-Analysen nicht leisten.

IPN JOURNAL Wie du schon angedeutet hast, geht es inhaltlich bei eurer Studie um die Lernmotivation bei Schülerinnen und Schülern. Welches Ziel habt ihr konkret mit eurer Forschung verfolgt?



» Ein gut strukturierter Unterricht mit klaren Lernzielen ist motivierend.«

THORBEN JANSEN Zentrales Ziel war es, die Stärke von Zusammenhängen verschiedener Faktoren mit der Lernmotivation zu vergleichen. Diese Frage konnte die Literatur vorher nicht beantworten, da Meta-Analysen immer nur einige, wenige Variablen betrachten. In unserer Studie wollten wir die bisherige Forschung dazu nutzen, einmal alle bisher untersuchten Variablen zu betrachten und deren Zusammenhänge mit Lernmotivation zu vergleichen.

JENNIFER MEYER Ein weiteres Ziel der Arbeit lag darin, einen Überblick über das Feld zu bekommen: Für welche Variablen haben sich Forschende bislang interessiert, für welche Aspekte gibt es zwar Forschung, aber kaum Meta-Analysen? Und wie ist die methodische Qualität der Studien insgesamt, aber auch für die verschiedenen untersuchten Variablen? Ein solcher Überblick kann hilfreich sein, um Forschungslücken zu identifizieren und damit das Feld als Ganzes voranzutreiben.

IPN JOURNAL **Im Kern steht also die Frage, womit die Motivation von Schülerinnen und Schülern zusammenhängt. Was genau habt ihr dabei untersucht, lässt sich das in irgendeiner Weise kategorisieren?**

THORBEN JANSEN Wir haben alle Ergebnisse eingeschlossen, die wir finden konnten. Diese haben wir zunächst in Eigenschaften der Schülerinnen und Schüler und in Eigenschaften

von Instruktion geteilt. Auf der Seite der Schülerinnen und Schüler gab es die Kategorien *Schulleistung*, das *sozial-emotionale Umfeld* und den *Hintergrund*. Auf der Seite der Instruktion haben wir die Ergebnisse in den Kategorien *Lehrkräfte und Unterricht*, *Interventionen* und *Technologie* unterschieden.

JENNIFER MEYER Wir haben uns hier von Kategorien früherer Studien und Meta-Studien leiten lassen. Unser Ziel bestand dabei darin, die Gemeinsamkeiten aller Variablen, die untersucht wurden, bestmöglich zu beschreiben, ohne einzelne Studien auszuschließen

IPN JOURNAL **Ihr habt euch also mit einer Vielzahl von Variablen beschäftigt und das in einer wie erwähnt großen Menge an Daten. Zu welchem Ergebnis seid ihr letztlich gekommen? Lässt sich zum Beispiel sagen, unter welchen Bedingungen Schülerinnen und Schüler besonders motiviert lernen?**

THORBEN JANSEN Besonders die Schulleistung und die eigene Wahrnehmung der Schulleistungen durch die Schülerinnen und Schüler hängen stark mit der Motivation zusammen. Wer gut in der Schule ist und sich kompetent fühlt, ist auch eher motiviert. Auf der Seite der Instruktionen kommt es besonders auf die Qualität des Unterrichts und die Beziehung zwischen Schülerinnen, Schülern und ihren Lehrkräften an.

JENNIFER MEYER Um motiviert zu sein, brauchen Schülerinnen und Schüler insbesondere ein Kompetenzerleben sowie das Gefühl der sozialen Eingebundenheit. Wie einzelne Meta-Analysen zeigen, ist weiterhin ein gut strukturierter Unterricht mit klaren Lernzielen motivierend.

IPN JOURNAL Was bedeuten denn diese Erkenntnisse nun für die Praxis? Insbesondere Lehrkräfte stehen häufig vor der Herausforderung, ihre Schülerinnen und Schüler zu motivieren. Wie kann eine Lehrkraft die Ergebnisse eurer Forschung dazu nutzen, um Schülerinnen und Schüler möglichst gezielt zu motivieren?

THORBEN JANSEN Lehrkräfte sollten sich zum Ziel nehmen, eine nahe Beziehung zu ihrer Klasse aufzubauen und durch ihren Unterricht das Lernen zu fördern. Es ist außerdem wichtig zu wissen, dass die Motivation der Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihrem Hintergrund ist. Insbesondere das Ergebnis, dass die Beziehung zur Lehrkraft und die Qualität des Unterrichts motivationsförderlich sind, wird wahrscheinlich das Gefühl vieler Lehrkräfte widerspiegeln und kaum eine Lehrkraft überraschen. Der Gewinn der Studie für die Praxis liegt darin, diese allgegenwärtigen Gefühle durch Daten so zu unterstützen, dass sie als empirische Argumente in Diskussionen mit Eltern und der Bildungsadministration verwendet werden können.

IPN JOURNAL Ergebnisse anderer Studien zum Bildungserfolg von Schülerinnen und Schülern zeigen, dass es nach wie vor eine Rolle spielt, in welcher sozialen Umgebung ein Kind aufwächst. In eurer Studie zeigt sich nun, dass der Hintergrund für die Lernmotivation von Kindern und Jugendlichen weniger wichtig ist. Wie passt das zusammen?

THORBEN JANSEN Die soziale Umgebung haben wir nicht im Hintergrund, sondern in der Kategorie *sozioemotionale Variablen* zusammengefasst. Diese zeigt passend zu den erwähnten Studien zum Bildungserfolg starke Zusammenhänge. Beispielsweise ist das Gefühl, zur Schulgemeinschaft zu gehören, stark mit der Schulmotivation verknüpft.

In der Kategorie, die wir als Hintergrund der Schülerinnen und Schüler bezeichnen, fassen wir Meta-Analysen zum Geschlecht, dem amerikanischen Konstrukt *race* und dem Elternhaus der Schülerinnen und Schüler zusammen. Wir haben leider keine meta-analytische Studie zum sozioökonomischen Status der Familien oder dem Migrationshintergrund gefunden. Insbesondere bei Geschlecht und *race* der Schülerinnen und Schüler zeigen sich kleine Zusammenhänge zur Motivation. Dabei konnten wir leider mit unseren Daten Unterschiede zwischen Schulfächern nicht berücksichtigen, obwohl wir annehmen, dass es diese gibt.



» Lehrkräfte sollten sich zum Ziel nehmen, eine nahe Beziehung zu ihrer Klasse aufzubauen und durch ihren Unterricht das Lernen zu fördern.«

IPN JOURNAL Damit hast du eine Einschränkung eurer Herangehensweise genannt. Das führt uns zu einer weiteren wichtigen Frage: An welchen Stellen stößt eure Studie an Grenzen?



JENNIFER MEYER Das heißt, wir können hier keine Aussagen über stereotypische Unterschiede beispielsweise im Bereich der sogenannten MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) machen. Andere Studien zeigen, dass hier weiterhin motivationale Nachteile bei Schülerinnen im Vergleich zu Schülern vorliegen (für Deutschland finden sich dazu zum Beispiel Hinweise im IQB Ländervergleich 2021). Solche differentiellen Unterschiede können wir jedoch anhand unserer Daten nicht zeigen, da wir nicht nach Schulfach unterscheiden und auch nicht die Richtung der Effekte berücksichtigen. Wenn man positive und negative Zusammenhänge mittelt, verliert man Informationen über die absolute Höhe der Zusammenhänge. Wir haben uns hier dafür entschieden, die absoluten Effektstärken zu berichten und weniger auf die Richtung der Effekte einzugehen. Trotz dieser Entscheidung suchen wir weiter nach Möglichkeiten, in unseren folgenden Studien auch solche Effekte sichtbar zu machen.

THORBEN JANSEN Immer dann, wenn man spezifische Fragen hat. Man muss sich unsere Studie wie einen Blick von einem sehr hohen Berg vorstellen. Man kann sehen, welche Bereiche es gibt, wo schon Felder von den Forschenden beackert wurden. Doch wenn man, um im Bild zu bleiben, sehen will, was auf den Feldern angebaut wird, also nähere Informationen zu den verschiedenen Themen benötigt, muss man selbst aufs Feld gehen und die verschiedenen Meta-Analysen und auch die Primärstudien lesen.

JENNIFER MEYER Wir können weiterhin keine Aussagen über Interaktionen verschiedener Variablen machen. Im Klassenraum stehen alle Variablen, die wir uns einzeln angeschaut haben, in einem Zusammenspiel. Sie bilden einen speziellen Kontext. In unseren Ergebnissen können wir keine Aussagen darüber ableiten, ob die Ergebnisse in verschiedenen Kontexten, also in unterschiedlichen Klassenzimmern, genauso wirken würden. Beispielsweise könnte ein Motivationstraining, das laut unserer Literaturzusammenfassung in vielen amerikanischen Klassenzimmern funktioniert hat, unter verschiedenen Umständen in Klassenzimmern in europäischen oder afrikanischen Ländern sehr unterschiedliche Effekte erzielen.

Wichtig ist auch zu betonen, dass unsere Ergebnisse nur so aussagekräftig sein können, wie die Qualität der Primärstudien und Meta-Analysen, die wir einbezogen haben, es zulässt. In unserer Studie haben wir eine Reihe von methodischen Aspekten ausgezählt, die Aufschlüsse darüber geben können, inwiefern innerhalb einer Meta-Analyse geprüft wurde, ob Verzerrungen wie der viel diskutierte *Publication Bias* vorliegen, der dadurch entsteht, dass signifikante Ergebnisse eher veröffentlicht werden und daher leichter zu finden sind. Zu diesen Aspekten gehört beispielsweise die Frage, wie detailliert die Studien ihre Literaturanalyse beschrieben haben. Solche Informationen sollten bei der Interpretation einzelner Effektstärken berücksichtigt werden, insbesondere wenn praktische Implikationen abgeleitet werden sollen.

IPN JOURNAL Könnt ihr abschließend einen Ausblick geben, wie es ausgehend von dieser Arbeit, nun weitergehen kann?

THORBEN JANSEN Wenn man zur Metapher des Berges zurückgeht, besteht eine tolle Eigenschaft der Arbeit darin, dass ausgehend von ihr als Aussichtspunkt sehr viele Orte zu sehen sind, zu denen man in Zukunft forschen kann. Man sieht zum Beispiel, dass es wenige Meta-Analysen zum Unterricht gibt, auch wenn die vorhandenen darauf hindeuten, dass man dort viel über die Förderung von Motivation lernen kann.

Mein persönlicher Ausblick ist es, unsere eingangs gestellte Frage „Was hängt am stärksten mit der Motivation von Schülerinnen und Schülern zusammen?“ auf die Frage „Was hängt am stärksten mit dem Lernen zusammen?“ zu erweitern. Dafür möchte ich noch zwei weitere Studien dieser Art durchführen, eine zu den Selbstwahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler und eine noch umfangreichere zur Schulleistung. Man braucht Wissen zu all diesen Variablen, um die besten Interventionen auszuwählen.

JENNIFER MEYER Ich denke, es ist außerdem wichtig, im nächsten Schritt auch detaillierte Fragestellungen zur Lernmotivation in den Blick zunehmen. Diese konnten wir in unserer Arbeit aufgrund ihres Überblickscharakters nicht beantworten. Für weitere Studien ist beispielsweise das Zusammenspiel verschiedener Faktoren in den Klassenräumen interessant, und inwiefern bestimmte Faktoren für einige Schülerinnen und Schüler bedeutsamer für die Motivation



sind als für andere. Beide methodischen Herangehensweisen können unterschiedliche Aspekte schulischer Motivation beleuchten und uns helfen, besser zu verstehen, wie wir Schülerinnen und Schüler für das Lernen begeistern können.

IPN JOURNAL Vielen Dank für das Gespräch.

.....



i Dr. Thorben Jansen

ist Mitarbeiter der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Zuvor studierte er Psychologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Am IPN leitet er die Nachwuchsgruppe Digital Argumentation Instruction for Science (DARIUS), die erforscht, wie schriftliches naturwissenschaftliches Argumentieren von Schülerinnen und Schülern mithilfe von automatisierten formativen Beurteilungen gefördert werden kann. Ziel des durch die Telekom-Stiftung geförderten Projektes ist die Entwicklung eines digitalen Lerntools, mit dessen Hilfe Schülerinnen und Schüler das schriftliche naturwissenschaftliche Argumentieren erlernen und trainieren können.

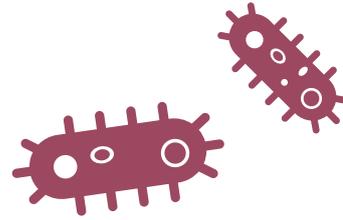
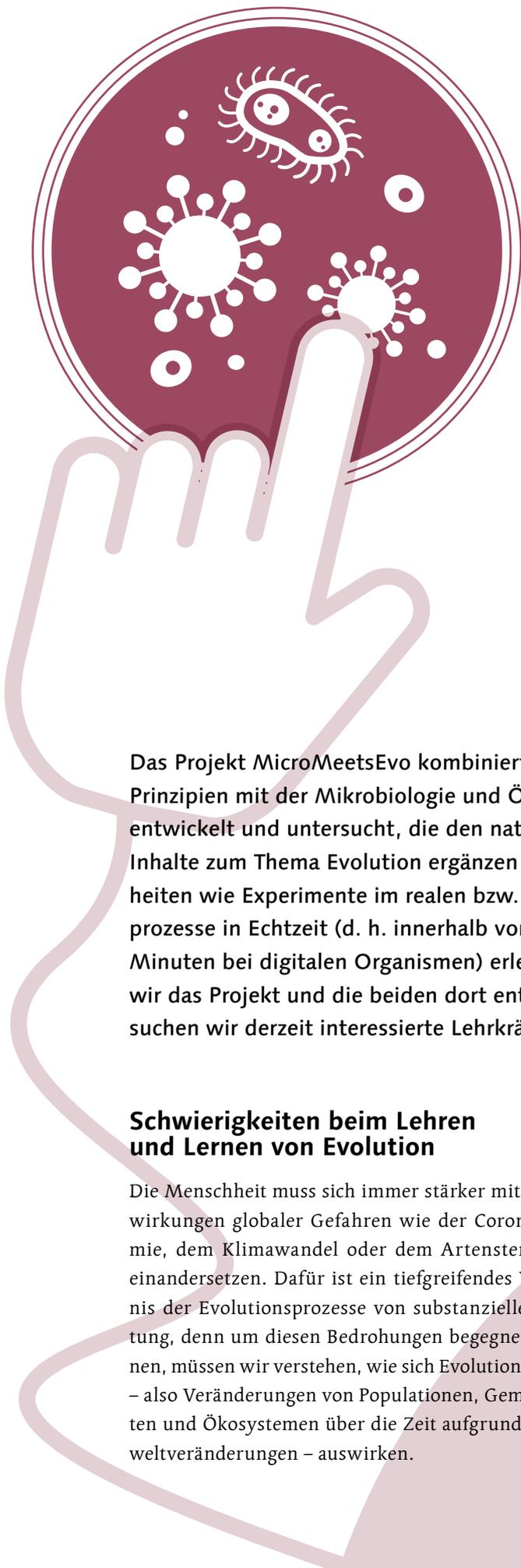
tjansen@leibniz-ipn.de



i Dr. Jennifer Meyer

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Erziehungswissenschaft und Pädagogische Psychologie am IPN. Die Diplom-Psychologin leitet die Nachwuchsgruppe „Formatives Assessment beim Schreiben: Automatisiertes Feedback unter Verwendung von künstlicher Intelligenz (FORMAT)“. In dem Verbundprojekt mit der Universität Hildesheim untersucht sie gemeinsam mit ihren Kolleginnen und Kollegen, wie die automatisierte Bewertung von Texten unter Verwendung künstlicher Intelligenz bzw. darauf basierendes Feedback im Klassenzimmer eingesetzt werden kann, um die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu fördern.

jmeyer@leibniz-ipn.de



Evolutionprozesse im Biologieunterricht erlebbar machen

UNTERRICHTEN MIT HILFE VON
REALEN UND DIGITALEN MIKROORGANISMEN

Daniela Fiedler & Katrin Hammerschmidt

Das Projekt Micro/MeetsEvo kombiniert das forschungsbasierte Lernen evolutionsbiologischer Prinzipien mit der Mikrobiologie und Ökologie. In dem Projekt werden Unterrichtsmodule entwickelt und untersucht, die den naturwissenschaftlichen Schulunterricht um grundlegende Inhalte zum Thema Evolution ergänzen sollen. Hierbei bieten gerade authentische Lerngelegenheiten wie Experimente im realen bzw. digitalen Raum einzigartige Möglichkeiten, Evolutionsprozesse in Echtzeit (d. h. innerhalb von Stunden oder Tagen bei realen bzw. innerhalb von Minuten bei digitalen Organismen) erleb- und begreifbar zu machen. Im Folgenden stellen wir das Projekt und die beiden dort entwickelten Unterrichtsmodule vor. Für beide Module suchen wir derzeit interessierte Lehrkräfte, die den Einsatz im Unterricht testen.

Schwierigkeiten beim Lehren und Lernen von Evolution

Die Menschheit muss sich immer stärker mit den Auswirkungen globaler Gefahren wie der Corona-Pandemie, dem Klimawandel oder dem Artensterben auseinandersetzen. Dafür ist ein tiefgreifendes Verständnis der Evolutionsprozesse von substanzieller Bedeutung, denn um diesen Bedrohungen begegnen zu können, müssen wir verstehen, wie sich Evolutionsprozesse – also Veränderungen von Populationen, Gemeinschaften und Ökosystemen über die Zeit aufgrund von Umweltveränderungen – auswirken.

Naturwissenschaftlicher Schulunterricht soll grundlegendes Wissen über Evolutionsprozesse und deren Auswirkungen vermitteln. Doch trotz der zentralen Rolle der Evolutionsbiologie haben Lernende aller Bildungstufen ein oft defizitäres Wissen. Gerade die eher theoretische Betrachtung von Evolutionsprozessen basierend auf Schulbüchern und Textarbeit kann zu einem missverständlichen Zugang und folglich zu Lernhindernissen führen. Insbesondere forschungsbasierte Lerngelegenheiten bewirken oft stärkere Effekte beim Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte als reine Textarbeit. Daher sollte schulischer Biologieunterricht den Lernenden die Möglichkeit bieten, Evolutionsprozesse selbst erforschen zu können.

Ziel des Projekts MicroMeetsEvo ist es deshalb, schulische Lerngelegenheiten zu entwickeln, die durch forschungsbasiertes Lernen Evolutionsprozesse in Echtzeit erleb- und begreifbar machen. Im Rahmen empirischer Forschungsarbeiten soll untersucht werden, ob die entwickelten Lerngelegenheiten im schulischen Kontext durchführbar sind und wie sie das Evolutionswissen beeinflussen.

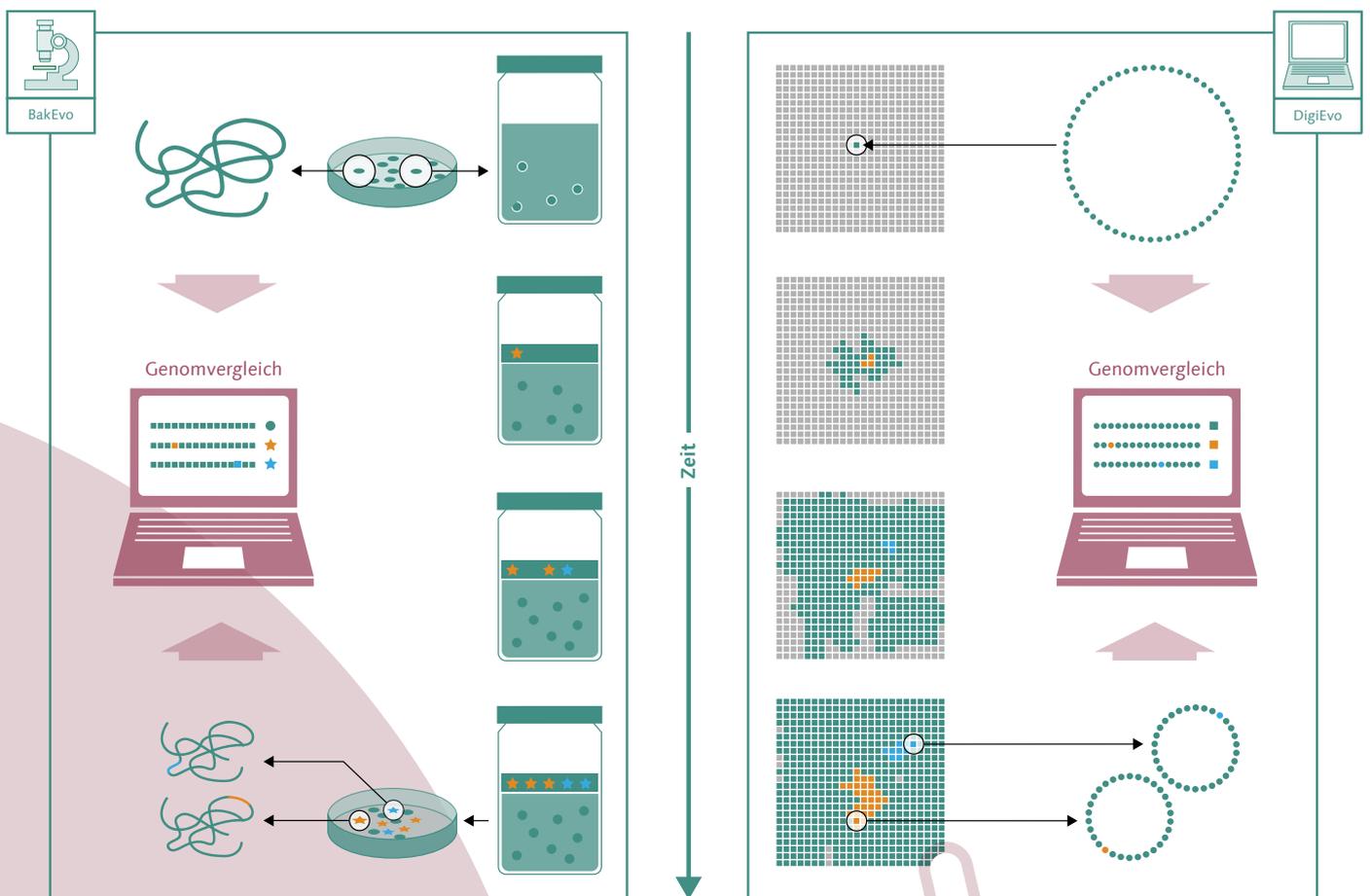


Schematische Darstellung der Module „Bakterielle Evolution“ (BakEvo) und „Digitale Evolution“ (DigiEvo) als Teil des Projekts MicroMeetsEvo. Gegenübergestellt werden Experimente zur adaptiven Radiation mit Hilfe der bakteriellen Evolution von *Pseudomonas fluorescens* SBW25 in einer stratifizierten Umgebung (links) und der digitalen Evolution von *Avidians* in AvidaED (rechts). Die genetischen Veränderungen (Mutationen) der evolvierten Nischenspezialisten (hier blau bzw. orange gekennzeichnet) werden durch den Vergleich des kompletten Genoms mit dem Genom des Ursprungstyps in bioinformatischen Analysen identifiziert.

Erleben einer adaptiven Radiation im Klassenraum

Die biologische Vielfalt, die wir heute auf der Erde beobachten können, ist das Ergebnis von aufeinanderfolgenden adaptiven Radiationen. Adaptive Radiation beschreibt das rasche Hervorgehen mehrerer Arten aus einer einzigen Ursprungsart und erfolgt häufig, wenn eine Art ein neues Gebiet besiedelt, in dem ökologische Nischen noch unbesetzt sind. Während die Auswirkungen von adaptiven Radiationen zwar beobachtet werden können – ein klassisches Beispiel sind die Darwinfinken – werden die zugrunde liegenden Ursachen meist nur theoretisch behandelt.

Hier stellen wir zwei Unterrichtsmodule vor, in denen eine adaptive Radiation in Populationen bestehend aus Bakterien (*Pseudomonas fluorescens*) bzw. digitalen Organismen (*Avidians*) sowohl phänotypisch als auch genomisch in Echtzeit erlebt und verfolgt werden kann.



Modul „Bakterielle Evolution“

Um Evolutionsprozesse zu erforschen, bietet die Mikrobiologie einzigartige Möglichkeiten, da Angepasstheiten von Mikroorganismen wie dem harmlosen Bakterium *Pseudomonas fluorescens* (Gefahrenstufe 1 nach der DGUV Regel 102-001, Stand 2019), schon über kurze Generationszeiten beobachtet werden können und die genetischen Veränderungen in der Forschung gut verstanden sind. Die Nachstellung eines klassischen Experiments von Rainey und Travisano im Jahr 1998 zur experimentellen Evolution ist das Kernstück des Moduls „Bakterielle Evolution“. Der Ansatz der experimentellen Evolution transformierte die Evolutionsbiologie von einer historischen Wissenschaft, in der unsichtbare Evolutionsprozesse aus Endpunkten abgeleitet werden, zu einer Wissenschaft, in der die Evolution in Echtzeit untersucht werden kann.

Im Modul „Bakterielle Evolution“ werden Populationen des harmlosen Bakteriums *Pseudomonas fluorescens* SBW25 unter Bedingungen kultiviert, die die Bildung eines Biofilms an der Schnittstelle zwischen Kulturmedium und Luft begünstigen. Aufgrund von Mutationen entstehen verschiedene Typen, die in dem stratifizierten Medium sichtbar unterschiedliche ökologische Nischen besiedeln und sich auf Agar-Platten in ihrer Kolonie-Morphologie voneinander und dem Ursprungstyp unterscheiden. Diese Evolution-in-Echtzeit passiert innerhalb von wenigen Tagen (idealer Zeitraum ist eine Woche) und kann daher leicht im Rahmen schulischer Unterrichtszeiten durchgeführt werden.

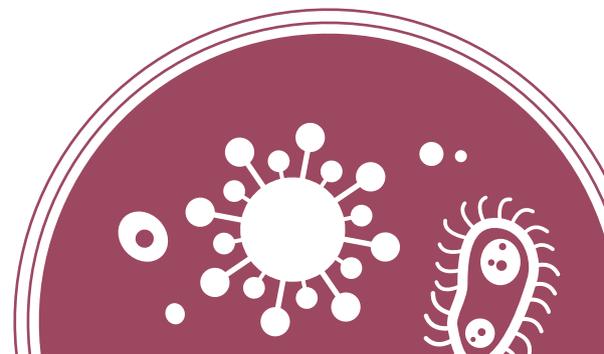
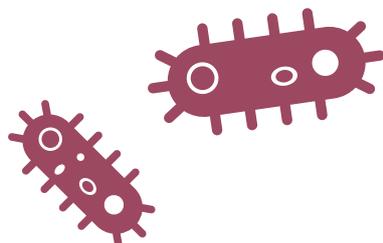
Um die mechanistischen Grundlagen der evolutionären Veränderungen, die den neuen Typen (Mutanten) zugrunde liegen, zu verstehen, müssen diese genetisch analysiert werden. Eine bedeutende Grundlage ist hierbei, dass die Genetik der evolvierten Nischenspezialisten von *Pseudomonas fluorescens* SBW25 im Detail

erforscht ist und die Auswirkungen gut verstanden sind. Häufig führt nur eine Mutation zu einem komplett veränderten Phänotyp (Kolonie-Morphologie). Mithilfe einfacher bioinformatischer Analysen werden die evolvierten Genome mit dem Genom des Ursprungstyps verglichen, wodurch die Mutation identifiziert werden können, die der evolvierten Kolonie-Morphologie zugrunde liegt.

Modul „Digitale Evolution“

In neuerer Zeit wurden auch vermehrt Evolutionsexperimente mit digitalen Organismen konzipiert, die sich fortpflanzen, mutieren und deren Generationszeiten in der Größenordnung von Sekunden liegen. Digitale Organismen sind selbstreplizierende Computerprogramme, die in einer kontrollierten Umgebung leben.

Avida ist ein solches Computerprogramm, mit der Evolution in Echtzeit simuliert und untersucht werden kann. AvidaED ist eine vereinfachte Version dieser Forschungssoftware und speziell für Bildungszwecke gedacht. Lernenden wird ein digitaler Laborarbeitsplatz zur Verfügung gestellt, wobei wissenschaftliche Daten auf Forschungsniveau generiert werden können. Digitale Organismen (bezeichnet als Avidians) reproduzieren und evolvierten innerhalb der Grenzen des Computerprogramms. Jeder Avidian hat seinen eigenen genetischen Code (d. h. sein eigenes Genom), der aus einfachen Computeranweisungen besteht. Bestimmte Codefolgen ermöglichen es dem Avidian, bestimmte Fähigkeiten auszuführen, wie das Replizieren oder Metabolisieren einer Ressource.





WIR SUCHEN INTERESSIERTE LEHRKRÄFTE FÜR DEN EINSATZ DER MODULE IM UNTERRICHT!

Die Module „Bakterielle Evolution“ und „Digitale Evolution“ soll im Sommer und Herbst 2023 erneut mit interessierten Lehrkräften in Schleswig-Holstein im Rahmen des schulischen Biologieunterrichts getestet werden. Die benötigten Materialien werden dabei von uns zur Verfügung gestellt und das jeweilige Lernangebot durch Mitarbeiter bzw. Mitarbeiterinnen des Projekts durchgeführt.

VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE DURCHFÜHRUNG:

Klassenstufe:

Ende Sek 1 (10. Klasse) oder
Beginn Sek 2 (11. Klasse /Einführungsphase)

Zeitplanung:

3x 90 Minuten für das Modul sowie
2x 45 Minuten für Vor- und Nachtest

Voraussetzungen Räume/Ausstattung:

„Bakterielle Evolution“ - Naturwissenschaftsraum
sowie Computer mit Internetzugang

„Digitale Evolution“ - Computerraum/Computer
mit Internetzugang

Verknüpfungen mit Fachanforderungen:

Sek 1: R3, VA3, VA5, VA6, (GV5)

Sek 2: R1, R3, SR7, VA1, VA3-VA9, GV6

Wenn ein Avidian evolviert und dadurch Ressourcen (besser) genutzt werden können, erhöht dies die Replikationsrate, was gleichzeitig auch eine erhöhte biologische Fitness bedeutet. Zugleich findet Selektion statt, weil die Umgebung, in der die Avidians leben, begrenzt ist (d. h. mit der Geburt eines Individuums wird ein anderes aus der Population entfernt, wodurch Individuen mit einer höheren Nachkommenzahl weniger effiziente Individuen verdrängen).

Im Modul „Digitale Evolution“ wird der Prozess der adaptiven Radiation in AvidaED nachgestellt und untersucht. Dabei können Merkmale der Avidians so eingestellt werden, dass sie beispielsweise die Replikations- oder Mutationsrate von existierenden Organismen wie *Pseudomonas fluorescens* SBW25 widerspiegeln. Mit AvidaED können Lernende so nicht nur die Auswirkungen auf die Population der Avidians, wie die Veränderung der Populationsgröße der evolvierten Avidians im Vergleich zum Ursprungstyp, sondern auch Verknüpfungen von Genotyp und Phänotyp untersuchen. Gleichzeitig haben Lernende die besondere Möglichkeit, nicht nur Veränderungen im Genom genauer zu betrachten, sondern diese auch direkt mit den Veränderungen von Fähigkeiten (z. B. Ressourcennutzung) zu verknüpfen.



MICROMEETS EVO

Das Projekt MicroMeetsEvo ist ein Kooperationsprojekt des IPN mit der CAU Kiel und wird für zwei Jahre durch die Joachim Herz Stiftung gefördert (Förderperiode 2022-2023). Ziel des Projekts ist es, schulische Lerngelegenheiten zu entwickeln, die durch forschungsbasiertes Lernen Evolutionsprozesse von Mikro- und digitalen Organismen in Echtzeit erleb- und begreifbar machen.

Erste Erkenntnisse und Ausblick

Im Sommer 2022 wurde die erste Version der Module im Rahmen zweier Masterarbeiten mit Schülerinnen und Schülern schleswig-holsteinischer Schulen getestet. Dabei zeigte sich, dass beide Module zu einem Wissenszuwachs führten und gleichzeitig zu einer Reduzierung bekannter Fehlvorstellungen beitragen konnten.

Für die Zukunft ist geplant, dass die Module auch von Lehrkräften eigenständig durchgeführt werden und so Schüler und Schülerinnen vermehrt die Möglichkeit haben, authentische Evolutionsexperimente im Unterricht zu erleben.

.....



i Dr. Daniela Fiedler

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Didaktik der Biologie am IPN. Sie beschäftigt sich in ihrer Forschung mit verschiedenen Einflussfaktoren für das Lehren und Lernen der biologischen Evolution.

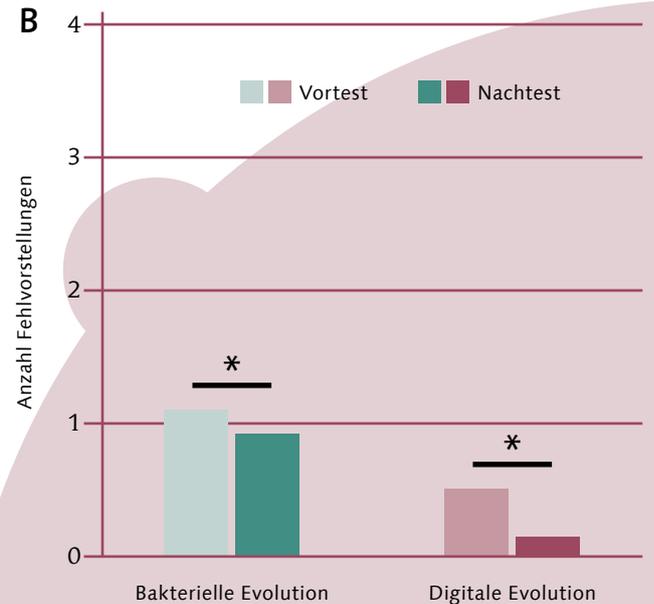
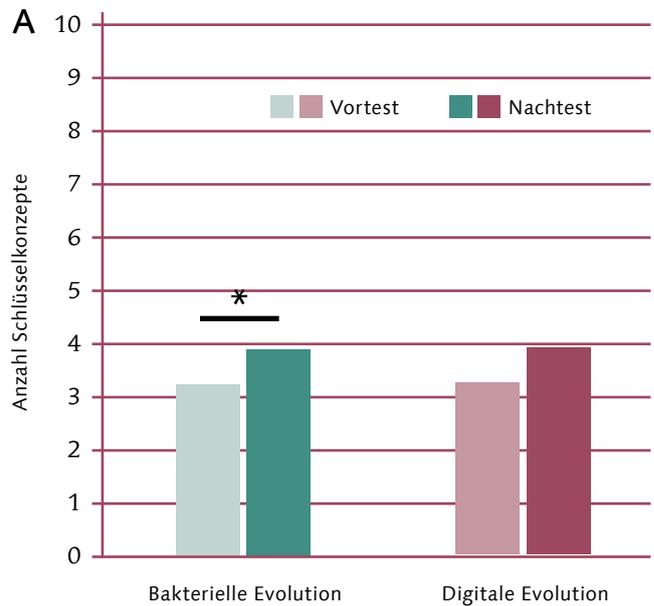
fiedler@leibniz-ipn.de



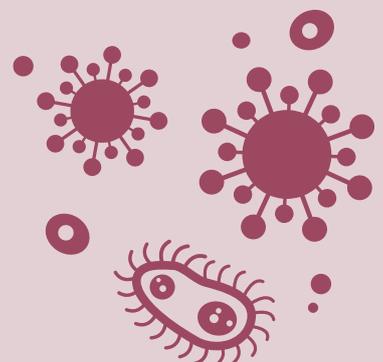
i Dr. Katrin Hammerschmidt

ist Vertretungsprofessorin und Gruppenleiterin am Institut für Allgemeine Mikrobiologie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Hauptsächlich forscht sie an der Evolution von Vielzelligkeit. Dazu kombiniert sie Ansätze der experimentellen Evolution mit phylogenetischen Stammbaumrekonstruktionen und theoretischer Modellierung. Foto: © HIAS/ Claudia Höhne

khammerschmidt@ifam.uni-kiel.de



A Mittlere Anzahl verwendeter Schlüsselkonzepte (A) und Fehlvorstellungen (B) in Erklärungen zweier evolutionsbiologischer Phänomene von Schülerinnen und Schülern, die das Modul „Bakterielle Evolution“ (grün) bzw. „Digitale Evolution“ (rot) durchgeführt haben. * = statistisch signifikante Unterschiede





Crosscutting Concepts

POWERFUL LENSES FOR SENSEMAKING

Jeffrey Nordine

The other day, my 5-year-old son and I were riding our bicycles to his school. Along the way he asked me, "Dad, why don't bicycles fall over when people ride them?" As a physics educator who'd rather be on a bicycle than almost anywhere else, I was beaming with pride. I was also excited because I'd thought about this question before, and thought I had a good answer. After telling him what a great question he'd asked, I

decided to share with him my ideas about why this happens. He wasn't convinced. Then, I asked him what I should have asked in the first place, which was, "How could we find out why bicycles don't fall over when people ride them?" Not realizing it at the time, our conversation was a wonderful example of the role so-called "crosscutting concepts" play in making sense of the world around us.



The crosscutting concepts (CCCs) are a set of conceptual tools identified within the US *Framework for K-12 Science Education* by the National Research Council in 2012. They are called “crosscutting” because they are broadly used across all disciplines of science and engineering. The seven CCCs include:

- 1 PATTERNS**
Recognizing and describing patterns in nature sets the stage for explaining and predicting phenomena.
- 2 CAUSE AND EFFECT: MECHANISM AND EXPLANATION**
A central part of science is determining the causes of events; identifying the mechanism underlying those causes sets the stage for making predictions.
- 3 SCALE, PROPORTION, AND QUANTITY**
Systems behave differently at different scales; considering relationships between scale, proportion, and quantity is critical across science disciplines.
- 4 SYSTEMS AND SYSTEM MODELS**
Clearly identifying the system under study sets the stage for constructing models useful for understanding and predicting behavior.
- 5 ENERGY AND MATTER**
flows, cycles, and conservation. Some quantities are conserved, and energy and matter are two of the most important for understanding everyday phenomena and problems.
- 6 STRUCTURE AND FUNCTION**
The properties and functions of systems are determined by their physical characteristics.
- 7 STABILITY AND CHANGE.**
Identifying the conditions for stability and quantifying rates of change helps to understand the behavior of systems.

As a set of powerful conceptual tools certainly used by all scientists, they are perhaps poorly named. The name implies they are useful because they cut across disciplines and somehow bring coherence to the science curriculum by connect-

ing across disciplinary boundaries, but I (along with many other colleagues) argue that their power is most plainly seen when used within the boundaries of single science disciplines. CCCs have the power to strengthen science teaching and learning within a discipline in two primary ways:

- 1 making explicit parts of doing science that have long been implicit, and
- 2 providing learners with a set of complementary conceptual lenses on phenomena.

Making the implicit explicit

When my son asked his question, he blended three important ways of thinking together. First, he used his intuitive understanding of what he will later come to know as the law of gravitation – that is, the Earth pulls all objects directly downward. He knows from his 5 years of experience doing things like building with blocks that something shaped like a bicycle will usually fall over on its side rather than stand up on its narrow wheels. Second, he formulated a question that could be answered by a scientific investigation. Of course, he’s not thinking in these terms explicitly but doing a fundamental job of the scientist – asking why. Third, he is recognizing an important pattern – that bicycles do tend to fall over when they are stationary, but they do not fall over when someone is riding it. Recognizing this pattern fo-

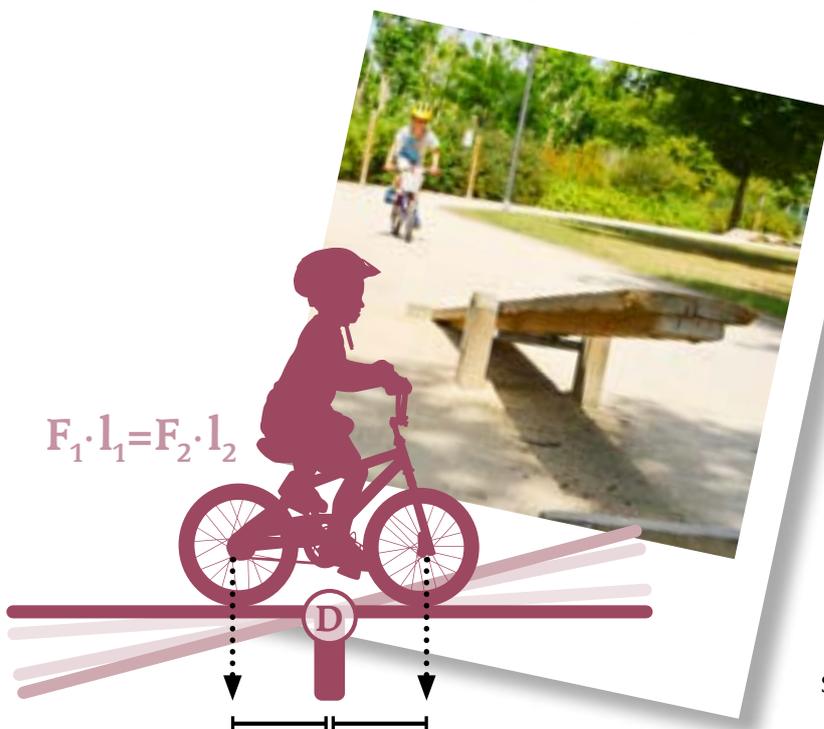
cuses his attention on the role that a person riding the bicycle has in keeping it upright.

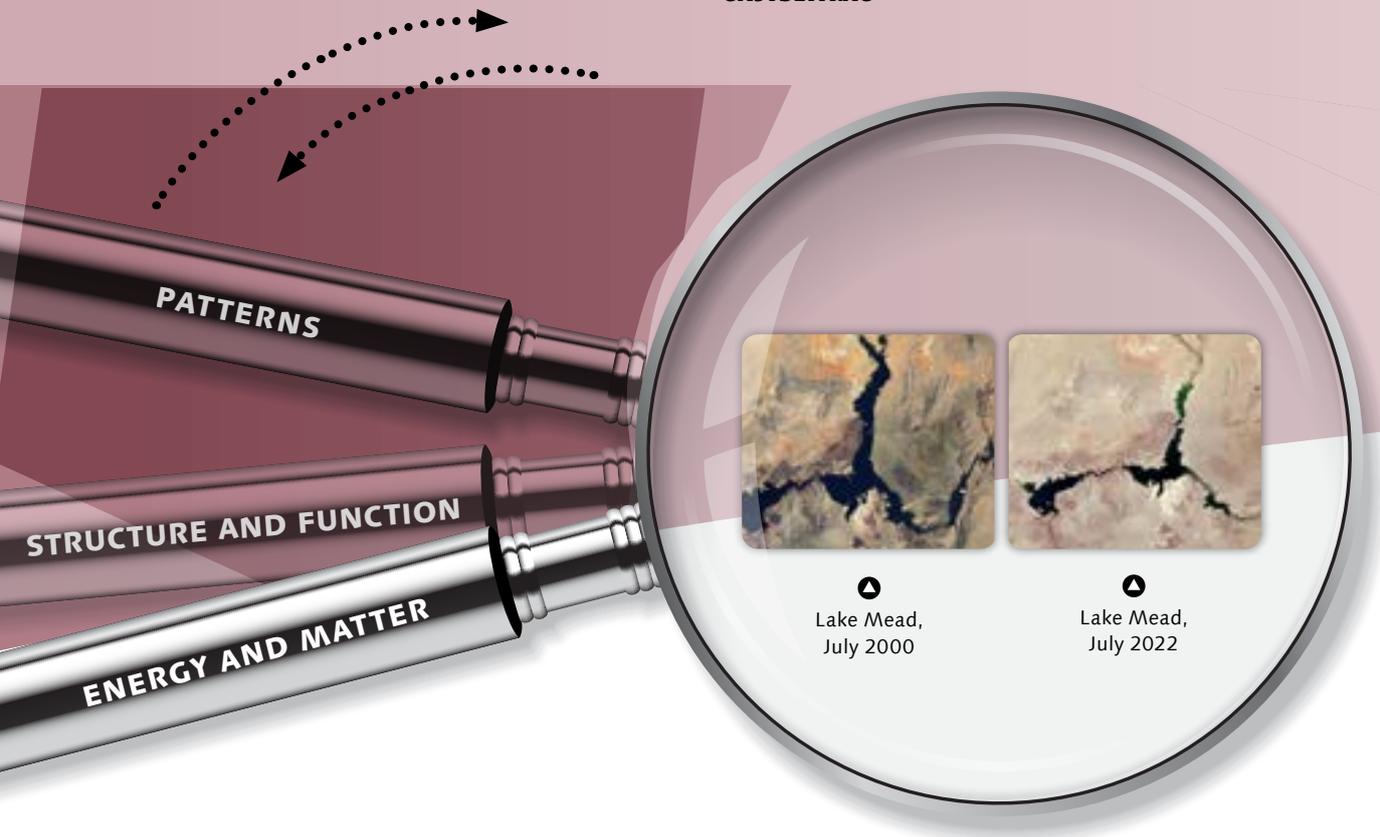
Though he has yet to begin formal science instruction, my son's question exemplifies the vision of so-called “three-dimensional” science learning described in the *US Framework for K-12 Science Education*. In this vision, science learning involves developing an understanding of and ability to use three different dimensions of science learning: science and engineering practices (SEPs), disciplinary core ideas (DCIs), and CCCs. SEPs include practices such as asking testable questions, using models, and constructing arguments; DCIs are the most central ideas within each science discipline, such as the nature of matter, plate tectonics, and evolution through natural selection. Each of these dimensions describes a set of conceptual tools indispensable for doing science. Research in science education has long emphasized the importance of blending science content and practice, and while the *Framework* is hardly the first document to recognize the importance of ideas like systems and scale in science, its explicit inclusion of CCCs recognizes them as a set of conceptual tools distinct from science practices and principles and also a critical part of doing science.

If my son were to actually design and conduct an investigation (SEP) to answer his question, the goal would be to uncover the mechanism (DCI) that explains a causal link (CCC) between a rider's actions on a bicycle and staying upright. Note that in both asking his initial question and finding an answer, all three science dimensions are required. The CCCs include a set of conceptual tools critical in connecting science content and practices to make sense of phenomena and solve problems, and explicitly including them in science instruction may be particularly important for broadening participation in science.

Complementary conceptual lenses

An optical lens shapes the way our eyes see objects around us – they sharpen, magnify, or shrink regions of the light that reaches our eyes and thereby affect how our eyes process visual information. CCCs can be regarded as conceptual lenses because they shape the way we think about phenomena and problems. By helping us to focus on key aspects of phenomena and problems, CCCs have the potential to focus attention and frame thinking so learners engage in noticing and questioning, thereby setting the stage for deeper insight. To illustrate how CCCs can prompt deeper thinking, consider Lake Mead in the western United States. The lake is a reservoir formed by the Hoover Dam





on the Colorado River, and a major source of water for people and farmland in the region. In recent years, the water level in Lake Mead has been severely declining.

The CCCs provide conceptual tools for more fully understanding why the decline is happening and informing decisions about what to do in response. Using a systems lens prompts questions about the boundaries of the lake system, how water flows into and out of it, what different subsystems are involved and how they are connected, etc. From an energy and matter conservation perspective, we consider the role of sunlight and ambient temperature, water phase transitions, and expansion/contraction of water. Using a structure and function lens prompts consideration of how the structure of the landforms in and around the lake influence factors such as the surface area to volume of the lake, which in turn affects other key variables like evaporation rates.

Applying multiple CCCs to the same phenomenon provides a complementary set of observations and questions that can ultimately enrich our understanding. In a classroom setting, CCCs are both an entry to and outcome of science learning. CCCs serve as a powerful entry point to learning, as CCCs are often more clearly relatable to learners' experiences outside of the classroom. For example, humans have an innate ability to look for patterns and to look for causal relationships in their environment, as these abilities are critical for survival. As a result, applying these lenses to phe-

nomena and problems can feel intuitive for learners. Not all CCCs are this way – energy and matter conservation, for example, is a lens that must be developed over the course of years. As learners use CCCs in conjunction with science ideas and practices, they develop their understanding of both the phenomenon/problem under investigation and the conceptual tools they apply. With explicit instruction and repeated opportunities to use a variety of CCC lenses over time, learners' sophistication in understanding and using CCCs grows.

Analogs in Germany

The term “crosscutting concept” refers to a specific set of seven conceptual tools that appear within the US *Framework*, yet the role that CCCs play in supporting learners in doing science is broadly applicable. While there are no CCCs in the German *Bildungsstandards*, the structure of the *Bildungsstandards* is in some key ways similar to the US *Framework*, and considering these similarities may be productive for how researchers can better support science teachers and students.

In comparing the *Framework* and the *Bildungsstandards* for the science disciplines, the SEPs correspond quite nicely to the competence area *Erkenntnisgewinnung*, since both describe what scientists do in order to build new knowledge. The DCIs align with the competence area *Fachwissen*, since both identify science ideas that learners should know and



use. The best analog for CCCs is probably the *Basiskonzepte*, since both describe a set of ideas broadly useful across a range of topics and contexts. Further, several CCCs are explicitly identified as *Basiskonzepte*, such as: systems, structure and function, and matter and energy conservation. Yet, an important difference is that the *Basiskonzepte* differ between disciplines (biology, chemistry, and physics) and vary across school levels (*Mittleren Schulabschluss* and *Allgemeine Hochschulreife*) – though significant similarities also exist across disciplines and levels as well (for example, energy appears in some form across all disciplines). From a practical perspective, perhaps the greatest similarity between the CCCs and the *Basiskonzepte* is that teachers often feel confused about the role they should play in their instruction.

Even though the CCCs and *Basiskonzepte* are not completely analogous to each other, both may play similar roles in strengthening science teaching and learning by:

- ① making explicit parts of doing science that have long been implicit and
- ② providing learners with a complementary set of conceptual lenses on phenomena that provide multiple entry points to sensemaking.

How can researchers support teachers?

The CCCs are an important part of doing science, yet their inclusion of the CCCs in the US Framework was quite remarkable since the empirical research base into student learning about these ideas is relatively thin. The authors of the Framework acknowledge this, writing, “The research base on learning and teaching the crosscutting concepts is limited. For this reason, the progressions we describe should be treated as hypotheses that require further empirical investigation.” Since the publication of the *Framework*, some important work has been done to clarify the role that CCCs play in supporting science learning (e.g., Rivet et al., 2016), yet a recent review of literature identified only a few studies that explored the effects of explicit CCC instruction. At the same time, other researchers have questioned the value of CCCs as a dimension of science learning. The end result is that researchers do not currently have a clear message for teachers regarding the role that CCCs play in strengthening science learning or how students can be supported in learning and using these important ways of thinking.

Although the CCCs as a specific set of conceptual tools exist only in the US curriculum framework, most of them appear as *Basiskonzepte* in the German curriculum, and teachers in both settings are asked to support students in using these ideas in conjunction with science practices and principles in order to make sense of phenomena across a range of contexts. As researchers, we can better support teachers by empirically investigating how these important ideas can be built over time and used consistently across contexts. If a central goal of science education is to support students in transferring their understanding to new situations and learning efficiently after the conclusion of formal instruction, science education researchers should prioritize investigating how learners build and use conceptual tools that have widespread applicability and serve as powerful lenses for sensemaking.



Nordine, J., & Lee, O. (Eds.) (2021). *Crosscutting concepts: Strengthening science and engineering learning*. National Science Teaching Association.



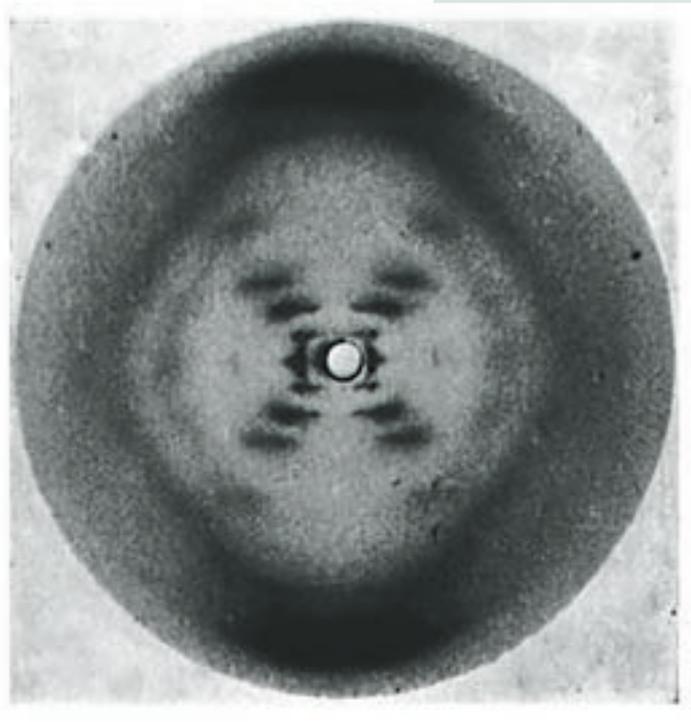
i Prof. Jeffrey Nordine hat an der University of Michigan in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Joseph S. Krajcik zur Entwicklung einer Unterrichtseinheit „Energie“ promoviert. Danach war er als Assistant Professor for Physics Education am Trinity College in San Antonio, TX, USA, und als Chief Scientist des San Antonio Children's Museum, TX, USA, tätig. Im Jahr 2016 siedelte er nach Deutschland über. Hier war er bis vor kurzem stellvertretender Direktor der Abteilung Didaktik der Physik am IPN. Derzeit ist er Associate Professor of Science Education an der University of Iowa, USA.

ipnjournal@leibniz-ipn.de

Mit Kugelschreiberfedern und Lasern auf den Spuren von Rosalind Franklin

Stefan Petersen

Ein zentrales wissenschaftliches Rätsel des 20. Jahrhunderts war die Frage nach der Struktur der DNA. Rosalind Franklin hat maßgeblich zur Beantwortung dieser Frage beigetragen. In ihrem Labor nahm sie zusammen mit Raymond Gosling Röntgenbeugungsbilder auf, aus denen sich die bekannte Doppelhelixstruktur der DNA ableiten ließ. Mit Kugelschreiberfedern und Laserpointern lassen sich wesentliche Schritte der Entdeckung in einfachen Experimenten nachvollziehen.



Das etwas unscheinbar daher kommende Röntgenbeugungsbild „Photo 51“. Aufgenommen im Mai 1952 von Raymond Gosling, damals Doktorand von Rosalind Franklin am King's College London, lieferte es entscheidende Information zur Aufklärung der Struktur der DNA. Das Bild wurde daher auch als Kandidat für „the most famous photo ever taken“ bezeichnet [1].

Die seltsame Natur des Lichts

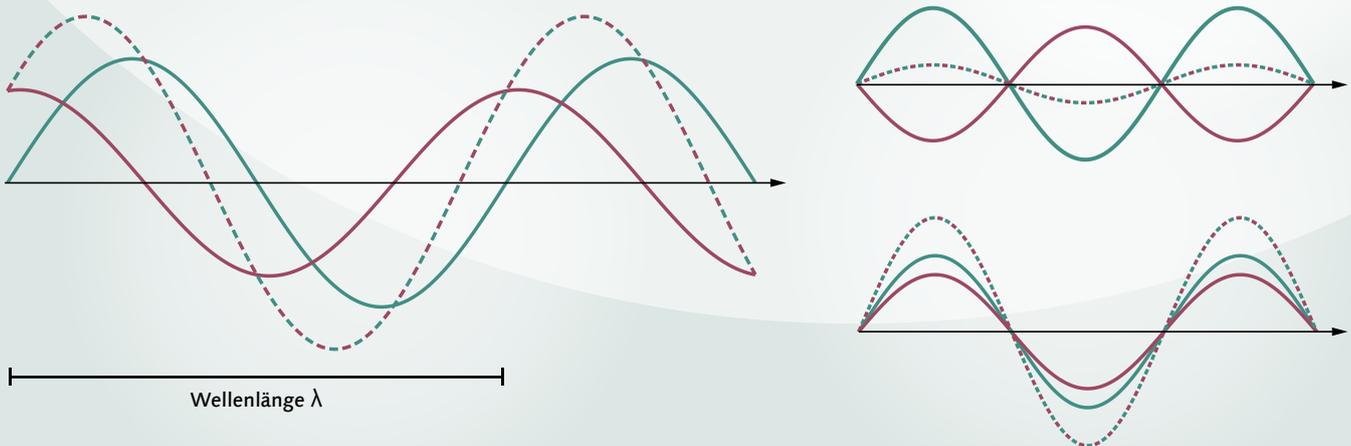
Licht, sei es in Form von Röntgenstrahlen, sichtbarem Licht oder auch Radiowellen, verhält sich, je nach Situation scheinbar unterschiedlich. Bei optischen Abbildungen, wie sie im Mittelstufenphysikunterricht behandelt werden, lässt sich Licht durch ein Strahlenmodell beschreiben. In der weiteren Schullaufbahn trifft man dann auf Phänomene, die eine Beschreibung von Licht als Welle erfordern. In der Quantenphysik wiederum besitzt Licht Eigenschaften, die man sonst nur von Teilchen kennt – die Welt ist offensichtlich kompliziert.

Wenn Licht mit Licht wechselwirkt

Die Welleneigenschaften von Licht führen zu einem spannenden Phänomen, der Interferenz. Dabei wechselwirken Lichtwellen miteinander und können sich verstärken oder auslöschen. Mit Hilfe der Interferenz können Strukturen wie die DNA untersucht werden, die für eine Vermessung sonst nicht gut zugänglich sind.



Überlagerung zweier Wellen gleicher Wellenlänge. Wenn die Verschiebung der Wellen ein ungerades bzw. gerades Vielfaches der halben Wellenlänge ist, tritt destruktive (rechts oben) bzw. konstruktive Interferenz (rechts unten) auf – die Wellen löschen sich maximal aus oder verstärken sich maximal.



Interferenzmuster bei Beugung von Laserlicht an einem menschlichen Haar. Die Bestimmung der Haardicke war eine experimentelle Hausaufgabe der PhysikOlympiade in Deutschland [3].

Interferenzversuche mit dem Laserpointer

Mit einem Laserpointer lässt sich Interferenz auf vielfältige Weise untersuchen. Zur Erzeugung von Interferenz muss das Laserlicht auf eine (regelmäßige) Struktur mit Abmessungen etwa in der Größenordnung der Lichtwellenlänge treffen. Das rote Licht eines Laserpointers besitzt eine typische Wellenlänge von 650 nm, also 650 millionstel Millimeter. Passende Strukturen für Interferenzversuche sind daher zum Beispiel enge Liniengitter, BluRay-Discs oder Haare [2].

Doppelhelix und Kugelschreiberfedern

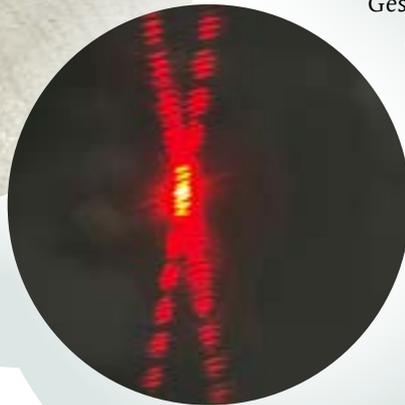
Der Durchmesser der DNA beträgt nur wenige Nanometer. Daher kommt zu deren Untersuchung durch Interferenz Röntgenstrahlung mit einer Wellenlänge von ebenfalls wenigen Nanometern zum Einsatz.

Statt DNA-Proben und Röntgenstrahlen lassen sich mit Kugelschreiberfedern und Laserpointer aber ebenfalls helikale Strukturen mittels Interferenz untersuchen.

Leuchtet man mit dem Laserpointer seitlich auf die Feder des Kugelschreibers, so kann – etwas experimentelles Geschick vorausgesetzt – in einiger Entfernung auf einem Schirm ein Interferenzmuster beobachtet werden. Das Muster besitzt nicht nur zufällig Ähnlichkeit zu dem Muster auf dem berühmten „Photo 51“.

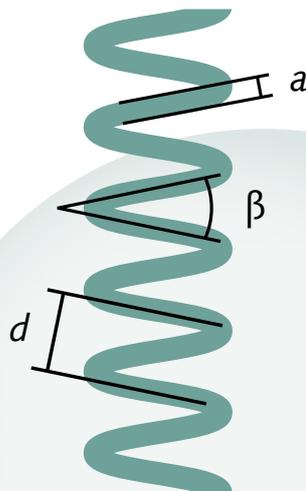


▶ Kugelschreiber mit ausgebauter Feder.



▶ Interferenzmuster bei Beleuchtung einer Kugelschreiberfeder mit einem Laserpointer.

Aber wie genau kommt nun das Interferenzmuster zu Stande? Die Kugelschreiberfeder besitzt, ähnlich der DNA, eine Spiralförmigkeit. Die Federdicke a und der Abstand d zwischen zwei übereinanderliegenden Windungen der Feder führen zu Interferenz. Daher sind in dem Bild in den beiden gegenüberliegenden verkippten Streifen jeweils zwei Interferenzmuster übereinander zu sehen – ein gröberes und ein feineres. Das gröbere Muster resultiert aus der Interferenz an einem einzelnen Draht der Feder, ähnlich zur Interferenz an einem Haar. Die enger zusammenliegenden dunklen Streifen entstehen durch Interferenz an mehreren übereinander liegenden Windungen der Feder, die wie ein Gitter wirken.



▶ Skizze der Kugelschreiberfeder. Die Feder besitzt drei charakteristische Größen: Die Dicke a des Federdrahtes, den Abstand d zwischen zwei übereinanderliegenden Windungen und den Winkel β , um den die Windungen gegeneinander verkippt sind.

In dem Bild ist erkennbar, dass etwa vier dunkle Streifen des feineren Musters dem Abstand zwischen zwei dunklen Bereichen des größeren Musters entsprechen. Daher ist der Abstand zwischen zwei Windungen der Kugelschreiberfeder etwa vier Mal so groß wie die Dicke des Federdrahtes. Darüber hinaus lässt sich der Winkel β , um den die Windungen der Feder gegeneinander verkippt sind, direkt als Winkel zwischen den beiden Interferenzverläufen ablesen. Mit Kenntnis der Wellenlänge des Lasers und des Abstandes zwischen der Feder und dem Schirm können die Dicke des Drahtes und der Abstand der Windungen aus dem Interferenzbild auch genau bestimmt werden.

Die Röntgenbeugungsbilder von DNA lassen sich in ganz ähnlicher Weise auswerten. Allerdings ist dabei die Dicke eines DNA-Stranges nicht gut definiert. Daher wird das bei der Kugelschreiberfeder beobachtete feine Muster nicht beobachtet. Dafür fehlt im „Photo 51“ von der Mitte aus betrachtet der dritte dunkle Fleck – ein Beweis für die Doppelhelixstruktur der DNA.

Das Experiment mit Schülerinnen und Schülern

Mit einer Kugelschreiberfeder und einem Laserpointer lässt sich eine der wichtigsten naturwissenschaftlichen Entdeckungen des letzten Jahrhunderts in einem Modellexperiment nachvollziehen. Dabei erlaubt das Experiment sowohl qualitative Erklärungen als auch präzise quantitative Auswertungen [4].

Die quantitative Auswertung ist auch für sehr gute Schülerinnen und Schüler herausfordernd. Bei der Internationalen PhysikOlympiade (IPhO) 2015 in Mumbai, Indien, kam ein ähnliches Experiment zum Einsatz, das für die etwa 400 Teilnehmenden aus aller Welt eine spannende Herausforderung darstellte [5]. Bei der European Olympiad of Experimental Sciences (EOES) 2022 in Hradec Králové, Tschechien, konnten die Teams ebenfalls die Interferenz an einer Kugelschreiberfeder als Analogexperiment zur Röntgenstreuung an DNA untersuchen.

Wir haben das Experiment bereits mehrfach als Teil von Lerneinheiten zum physikalischen Problemlösen eingesetzt, in denen die Teilnehmenden sich schrittweise mit Interferenzphänomenen vertraut gemacht haben, um am Ende die durch Kugelschreiberfedern hervorgerufenen Interferenzmuster zu interpretieren und auszuwerten [6].

Der spannende Kontext, die fachliche Tiefe und die einfache experimentelle Umsetzung machen das Experiment zu einem echten Highlight.



[1] BBC: The most important photo ever taken? <https://www.bbc.com/news/health-18041884>

[2] Übersicht über Interferenzphänomene bei LEIFiPhysik: <https://www.leifiphysik.de/optik/beugung-und-interferenz>

[3] Aufgaben und Lösungen der 2. Runde der PhysikOlympiade in Deutschland 2016: https://www.scienceolympiaden.de/media/1319/download/47_IPh_2016_2Rd_Aufgaben_Loesungen_web.pdf

[4] Thompson, J., et al. (2018). Rosalind Franklin's X-ray photo of DNA as an undergraduate optical diffraction experiment. *American Journal of Physics*, 86(2), 95–104. <https://doi.org/10.1119/1.5020051>

[5] Aufgaben der Internationalen Physik-Olympiade (IPhO) 2015 in Mumbai: <https://www.ipho-new.org/download/668/>

[6] Wulff, P., et al. (2021). Förderung von Schülerinnen in naturwissenschaftlichen Enrichmentprogrammen – Evaluation eines Förderangebotes im Rahmen der Physik-Olympiade. In Lazarides, R., Raufelder, D. Eds. *Motivation in unterrichtlichen fachbezogenen Lehr-Lernkontexten: Perspektiven aus Pädagogik, Psychologie und Fachdidaktiken*. Edition ZfE, vol 10. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31064-6_14



i Dr. Stefan Petersen

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Didaktik der Physik am IPN. Als Wettbewerbsleiter der PhysikOlympiade in Deutschland begeistern ihn physikalische Probleme aller Art.

petersen@leibniz-ipn.de



Fachliches oder fachdidaktisches Wissen – was benötigt eine gute Lehrkraft?

WIE ANGEHENDE LEHRKRÄFTE DURCH RAHMENBEDINGUNGEN IM STUDIUM
UNTERSTÜTZT WERDEN KÖNNEN, PROFESSIONSWISSEN ZU ERLANGEN

Dustin Schiering

Ein junger Mensch, der mit dem Ziel, Lehrerin oder Lehrer zu werden, studiert, muss Veranstaltungen mit fachlichen und fachdidaktischen Inhalten belegen. Je nachdem, an welcher Universität oder Pädagogischen Hochschule er bzw. sie studiert, variieren diese Anteile von Hochschule zu Hochschule. Welchen Einfluss die unterschiedlichen Studienbedingungen auf die Vorbereitung von Lehrkräften auf ihren Beruf haben, ist das IPN in einem groß angelegten Projekt zur Kompetenzentwicklung im Lehramtsstudium nachgegangen. Hier stellen wir Ergebnisse zum Fach Physik vor.

„Vergessen Sie alles, was Sie in der Universität gelernt haben.“ Diesen Satz haben wahrscheinlich viele angehende Lehrkräfte im Rahmen von Praktika oder am Anfang ihres Vorbereitungsdienstes gehört. Die universitäre Lehramtsausbildung wird seit vielen Jahren von dem Ruf begleitet, praxisfern zu sein und angehende Lehrkräfte nur unzureichend auf den Alltag in der Schule vorzubereiten. Unterfüttert wird dies durch Erfahrungsberichte und Umfragen, wie beispielsweise die vom Institut für Demoskopie Allensbach durchgeführte Studie „Lehre(r) in Zeiten der Bildungsangst“ aus dem Jahr 2012, in der immerhin die Hälfte aller befragten Lehrkräfte angaben, dass ihr Lehramtsstudium sie nur unzureichend auf die Praxis vorbereitet hat.

Das Professionswissen von Lehrkräften

Die didaktische Forschung sollte sich daher auch mit der Frage beschäftigen, inwieweit die derzeitige Ausbildung von Lehrkräften zukunftsfähig und adäquat ist bzw. inwieweit angehende Lehrkräfte im Rahmen ihrer Ausbildung gut auf den Beruf vorbereitet werden. Dies ist insbesondere wichtig, da die empirische Bildungsforschung der vergangenen Dekaden eindrucksvoll belegen konnte, dass Lehrkräfte eine Schlüsselrolle hinsichtlich des schulischen Erfolgs der Schülerinnen und Schüler einnehmen. Dabei ist das Professionswissen von Lehrkräften eine der entscheidenden Einflussgrößen für Unterrichtsqualität und für das Lernen der Schülerinnen und Schüler. Professionswissen wird dabei in fachliches, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen untergliedert. Für fachspezifische Unterrichts- und Lernsituationen bilden das fachliche und fachdidaktische Wissen den Kern des Professionswissens.

Aufgrund der besonderen Bedeutung des fachlichen und fachdidaktischen Wissens wurde im Rahmen eines Projekts am IPN die Entwicklung dieser beiden Wissensbereiche im Verlauf des Lehramtsstudiums untersucht. Das Projekt Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen (kurz: Kei-La) setzte an dieser Stelle an, indem es sich vor allem der Frage widmete, welche Bedeutung institutionelle Faktoren wie das Lehramtsstudium für den Erwerb professionellen Wissens haben. Zunächst werfen wir aber einen Blick darauf, wie das Physik-Lehramtsstudium in Deutschland strukturiert ist.

Die Struktur des Physik-Lehramtsstudiums

Von *dem einen* Physik-Lehramtsstudium in Deutschland zu sprechen, ist nicht möglich. Verschiedene Hochschul- und Lehramtsreformen, der Föderalismus und – nicht zuletzt – die Autonomie der Hochschulen haben in den vergangenen

» Innerhalb der ersten drei Studienjahre fallen fünfmal so viele Semesterwochenstunden auf das Fach wie auf Veranstaltungen in der Fachdidaktik. «

zwanzig Jahren zu verschiedenen Lehramtsstudiengängen geführt. Abschlüsse wie das Staatsexamen stehen neben dem Bachelor-Master-System, Pädagogische Hochschulen konkurrieren mit Universitäten, und die verschiedenen Lehramtstypen, insbesondere für die Mittelstufe, sind über die Bundesländer hinweg nicht einheitlich geregelt. Betrachtet man die diversen Lehramtsstudiengänge in Deutschland, so kann von einem bunten Flickenteppich gesprochen werden. Es gibt Vermutungen, dass das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte von diesen verschiedenen Rahmenbedingungen des Studiengangs beeinflusst wird. Insofern besteht großer Bedarf, die Struktur des Physik-Lehramtsstudiums systematisch zu analysieren.

Die Analyse von 25 Curricula zwanzig deutscher Hochschulen für das Physik-Lehramtsstudium zeigte, dass innerhalb der ersten drei Studienjahre (d. h. im Bachelorstudiengang) fünfmal so viele Semesterwochenstunden auf das Fach wie auf Fachdidaktikveranstaltungen fallen. Dabei sind die Inhalte der Fachveranstaltungen kanonisch und lassen einen typischen Studienverlauf erkennen. Hingegen verläuft die fachdidaktische Ausbildung in den ersten drei Studienjahren deutlich weniger kanonisch, außerdem wer-

den die in den Standards der Lehrkräftebildung vorgegebenen Inhaltsbereiche nur unzureichend adressiert. Beispielsweise wird der fachdidaktische Inhaltsbereich Motivation und Interesse in 24 der 25 Curricula nicht explizit thematisiert – wenngleich dieser Inhalt als verpflichtend in den Standards der Lehrkräftebildung aufgeführt ist. Größtenteils handelt es sich bei Veranstaltungen der Fachdidaktik um überblicksartige Einführungsveranstaltung, die sich keinem speziellen Inhaltsbereich zuordnen ließen. Dies kann durchaus als problematisch gewertet werden, da so unklar bleibt, *welches* fachdidaktische Wissen von angehenden Physiklehrkräften in den ersten drei Jahren ihres Lehramtsstudiums entwickelt wird.



Verpflichtende Inhalte für das Lehramtsstudium gemäß Standards der Lehrkräftebildung und ihr Umfang in den ersten drei Studienjahren

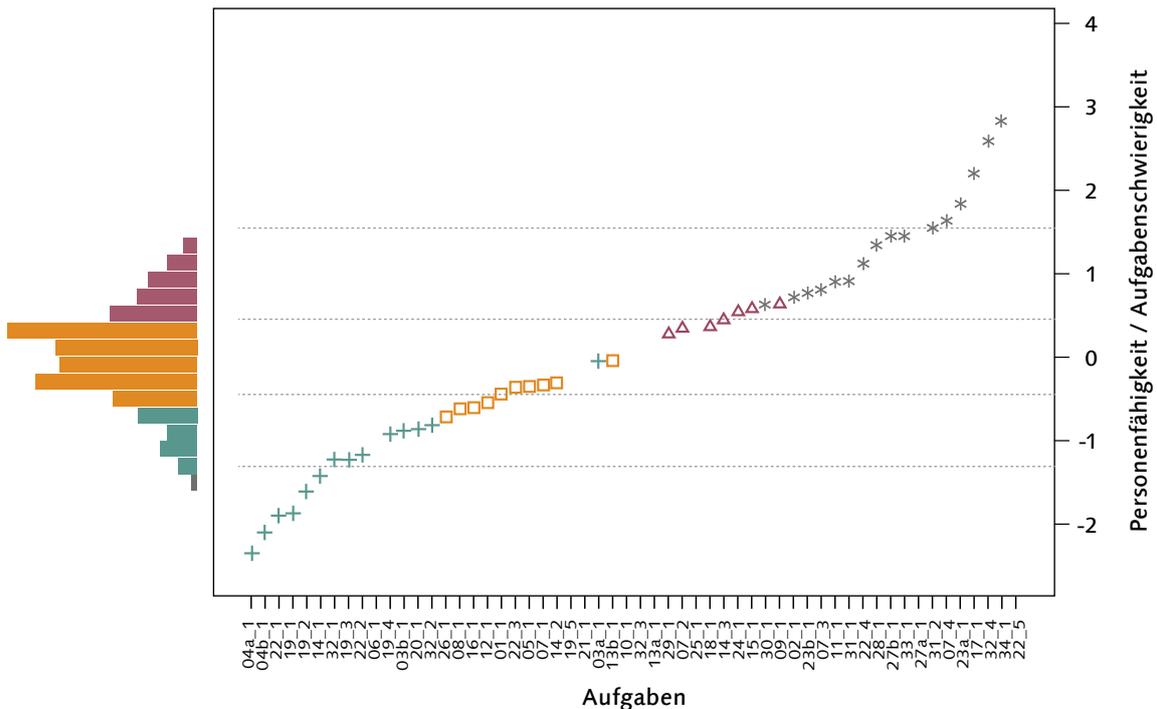
INHALT	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min	Max	Start	NA
1. MECHANIK		4.10	1.85	2	10	1	0
2. THERMODYNAMIK		3.29	1.33	0	7	1	1
3. ELEKTRODYNAMIK UND OPTIK		6.65	2.40	2	12	2	0
4. ATOM- UND QUANTENPHYSIK		5.21	3.16	2	16	4	2
5. FESTKÖRPER-, KERN- UND ELEMENTARTEILCHENPHYSIK, KOSMOLOGIE		4.79	3.66	0	12	5	7
6. THEORETISCHE PHYSIK		8.33	6.70	0	22	3	9
7. FACHDIDAKTISCHE POSITIONEN UND KONZEPTIONEN		0.83	1.55	0	6	4	19
8. MOTIVATION UND INTERESSE		0.08	0.41	0	2	3	24
9. LERNPROZESSE, DIAGNOSE VON LERNSCHWIERIGKEITEN		0.42	0.78	0	2	3.5	19
10. PLANUNG UND ANALYSE VON PHYSIKUNTERRICHT		2.00	1.79	0	6	4	9
11. AUFGABEN, EXPERIMENTE UND MEDIEN		1.17	1.37	0	4	4	14
12. FACHDIDAKTISCHE FORSCHUNG		0.25	0.68	0	2	5.5	23
13. ALLGEMEINE FACHDIDAKTIK		2.08	2.00	0	8	3	6

Anmerkung: Dargestellt sind die Themenbereiche Experimentalphysik (Inhalte 1–5), theoretische Physik (6) und Physikdidaktik (Inhalte 7–13). *M* gibt den durchschnittlichen Umfang in Semesterwochenstunde nach den ersten drei Studienjahren an. *SD* gibt die Standardabweichung. Min bzw. Max stellt die kleinste bzw. größte SWS-Anzahl über alle 25 Studiengänge dar. Start repräsentiert den Median der Semester, in dem der Inhalt das erste Mal in einer Veranstaltung fokussiert wird. NA gibt an, wie viele Studiengänge den Inhalt bis zum Ende des dritten Studienjahres nicht adressieren.

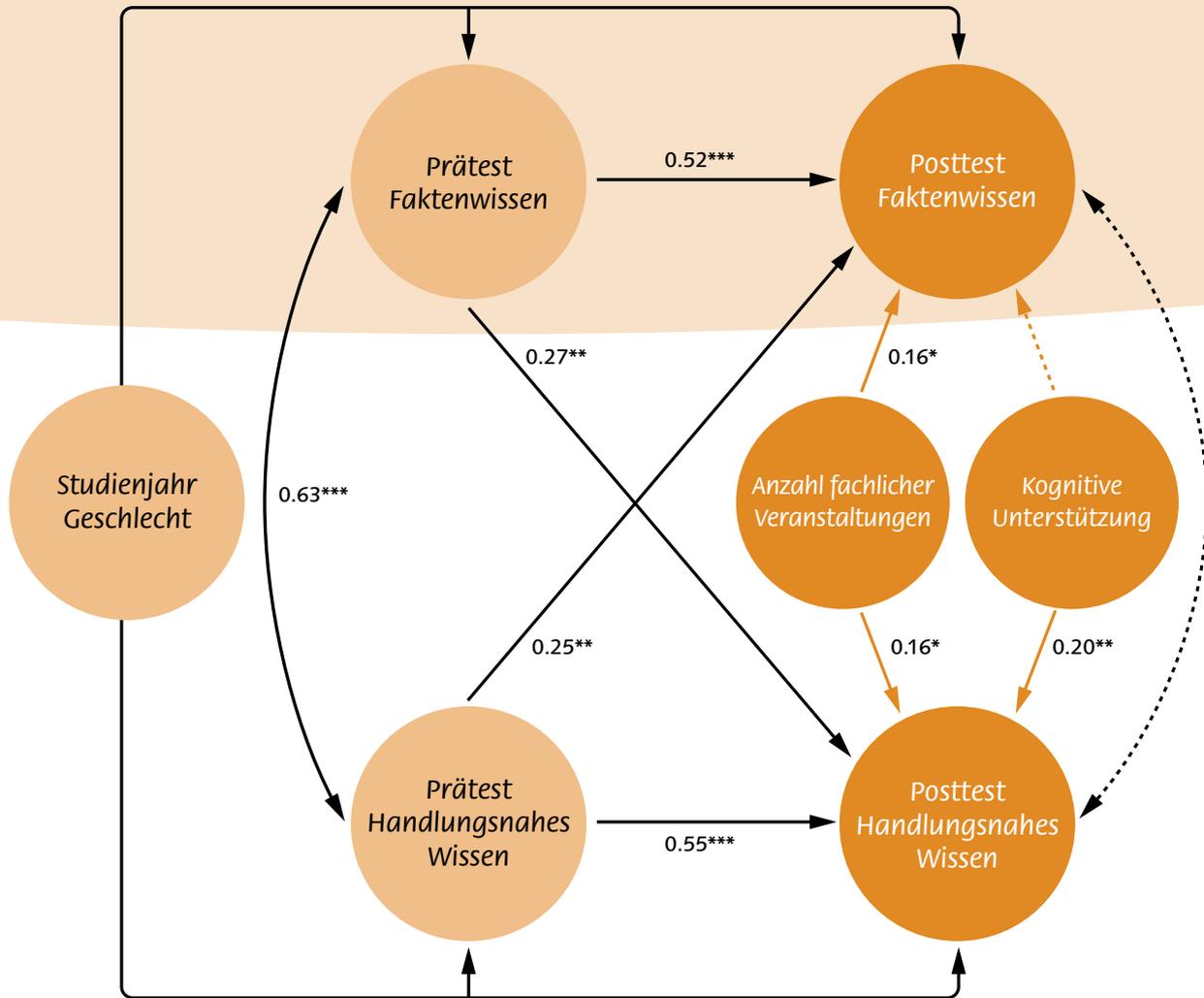
Der Erwerb fachdidaktischen Wissens

Ein hilfreiches Werkzeug, um die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte detailliert beschreiben zu können, bieten sogenannte Niveaumodelle. Modelle, mit denen verschiedene Niveaus von fachdidaktischem Wissen beschrieben werden, erlauben eine inhaltliche Beschreibung auf Basis von numerischen Testergebnissen. Auf Grundlage von Befragungen und Testungen von $N = 427$ angehenden Physiklehrkräften konnte ein solches Niveaumodell entwickelt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass das reine Reproduzieren von fachdidaktischen Inhalten eher niedrige Niveaustufen charakterisiert, während reflexive Fähigkeiten vermehrt das Wissen hoher Niveaustufen beschreibt. Es stellt sich also zwangsläufig die Frage, wie das Lehramtsstudium angehende Physiklehrkräfte unterstützen kann, hohe Niveaus fachdidaktischen Wissens zu erlangen.

Hierbei spricht man den Schulpraktika eine besondere Bedeutung zu, da angehende Lehrkräfte Praxiserfahrungen nutzen können, um ihr fachdidaktisches Wissen weiter zu entwickeln und zu festigen. Die Befragungen und Testdaten zeigten dabei deutlich, dass absolvierte Schulpraktika im Rahmen des Lehramtsstudiums tatsächlich einen positiven Einfluss auf das Erreichen höherer Niveaus fachdidaktischen Wissens aufweisen. Als stärkste Determinante für ein ausgeprägtes fachdidaktisches Wissen zeigte sich jedoch das vorhandene fachliche Wissen der angehenden Physiklehrkräfte. Wobei sich interessanterweise die Stärke dieses Einflusses mit höherem Niveau verringerte: Niedrige Niveaus beruhen stärker auf dem fachlichen Wissen als höhere. Dennoch verdeutlichen diese Ergebnisse, dass für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens ebenso fachliches Wissen und damit auch die dazugehörigen fachlichen Lehrveranstaltungen im Lehramtsstudium eine fundamentale Rolle spielen.



Niveaumodell für das fachdidaktische Wissen. Die Farben Grün (Kreuz), Orange (Viereck), Rot (Dreieck) und Grau (Stern) symbolisieren die Zugehörigkeit zu den Niveaus 1, 2, 3 und 3+. Auf der linken Seite sind die Probanden entlang ihrer Fähigkeit (d.h. ihres fachdidaktischen Wissens) abgebildet. Die Probandengruppe, welche schwarz eingefärbt ist, liegt unterhalb des Niveaus 1. Auf der rechten Seite sind die Aufgaben zur Messung des fachdidaktischen Wissens entlang ihrer Aufgabenschwierigkeit aufgeführt.



▲
 Cross-Lagged-Modell zur Aufklärung der Posttestdaten im fachlichen Wissen. Gerichtete Pfeile entsprechen der standardisierten Faktorladung, Doppelpfeile stehen für Korrelationen. Gestrichelte Pfeile entsprechend nicht-signifikante Koeffizienten ($p > .05$).
 *** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$.

Kognitive Unterstützung zum Erwerb fachlichen Wissens

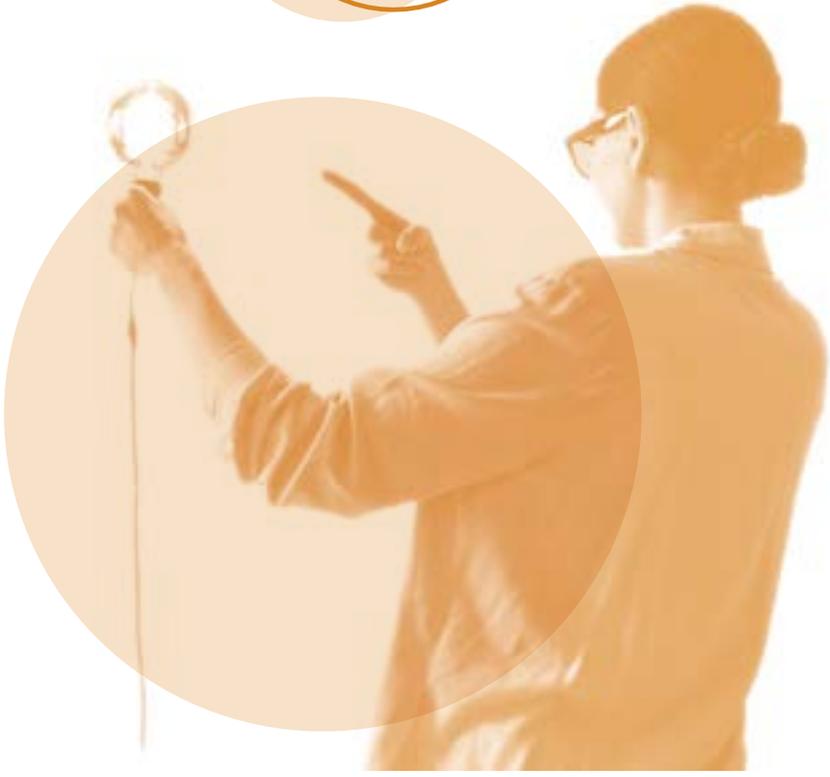
Die oben beschriebenen Befunde führen zu dem Wunsch, Unterstützungsmaßnahmen fachlicher Lerngelegenheiten zu identifizieren und diese zur Förderung angehender Physiklehrkräfte einzusetzen – vor allem, da das Studienfach Physik als hoch formalisiert, hierarchisch und stark herausfordernd wahrgenommen wird. Die hierzu ausgewerteten Testdaten von $N = 107$ angehenden Physiklehrkräften legen nahe, dass insbesondere die kognitive Unterstützung durch die Hochschuldozentinnen und -dozenten in fachli-

chen Lernveranstaltungen als bedeutend für den fachlichen Wissenszuwachs der Studierenden zu bewerten ist. Diese kognitive Unterstützung kann dabei beispielsweise durch Feedback zu individuellen Lernverläufen als auch durch Klarheit der Lernziele oder explizite inhaltliche Strukturierungen erreicht werden. Es zeigte sich darüber hinaus, dass sich diese kognitive Unterstützung in fachlichen Veranstaltungen insbesondere auf das handlungsnahes fachliche Wissen auswirkt, also jenes Wissen, welches in physikalischen Anwendungssituationen wie zum Beispiel dem Experimentieren relevant wird.

Fazit

Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte stellt eine große Herausforderung für die universitäre Lehramtsausbildung dar. Neben der eigentlichen Studienstruktur können auch Unterrichtserfahrungen im Rahmen von Schulpraktika einen großen Anteil an der Professionalisierung zukünftiger Lehrkräfte leisten. Dieser Anteil wird umso größer, wenn neben der Struktur des Lehr-

amtsstudiums ebenso die Qualität der Lehrveranstaltungen berücksichtigt wird. Auf diese Weise kann die universitäre Lehramtsausbildung ihre Bedeutung für den Erwerb des Professionswissens weiter optimieren und angehende Physiklehrkräfte optimal auf ihren zukünftigen Arbeitsalltag vorbereiten, um so den Grundstein für erfolgreichen Unterricht – heute und in Zukunft – zu legen.



Schiering, D., Sorge, S., Keller, M. M. & Neumann, K. A proficiency model for pre-service physics teachers' pedagogical content knowledge (PCK): What constitutes high-level PCK? *Journal of Research in Science Teaching*, 60(1), 136–163. <https://doi.org/10.1002/tea.21793>

Schiering, D., Sorge, S. & Neumann, K. (2021). Hilft viel viel? Der Einfluss von Studienstrukturen auf das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(3), 545–570. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01003-w>

Schiering, D., Sorge, S. & Neumann, K. (2021). Promoting progression in higher education teacher training: How does cognitive support enhance student physics teachers' content knowledge development? *Studies in Higher Education*, 46(10), 2022–2034. <https://doi.org/10.1080/03075079.2021.1953337>

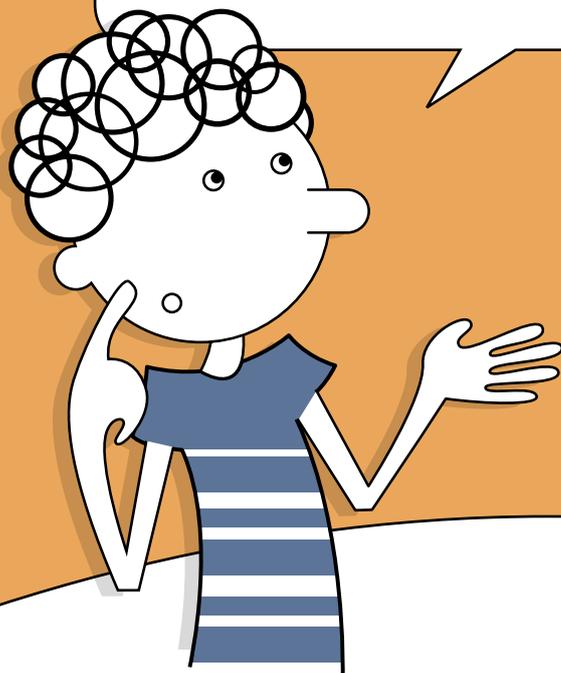


i Dr. Dustin Schiering

studierte Mathematik und Physik für das gymnasiale Lehramt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Er war bis zum Sommer 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Didaktik der Physik am IPN Kiel, wo er ebenfalls in der Didaktik der Physik promovierte. Derzeit ist er im Vorbereitungsdienst als Lehrkraft an Gymnasien. In diesem Artikel stellt er Teile seiner Dissertation vor, die sich mit der Wirkung der universitären Physik-Lehramtsausbildung befasste.

schiering@leibniz-ipn.de

Hochschulmathematisches Fachwissen: Wofür brauche ich das überhaupt?



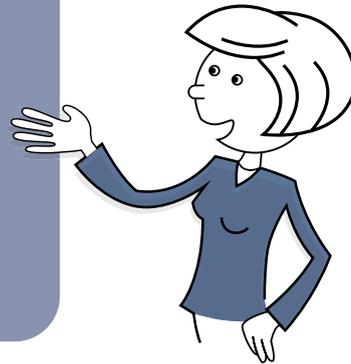
LEHRAMTSAUFGABEN KÖNNEN ZUM AUFBAU EINES SCHULBEZOGENEN FACHWISSENS BEITRAGEN

Birke-Johanna Weber

Angehende Mathematiklehrkräfte haben häufig Schwierigkeiten, die Relevanz ihres fachmathematischen Studiums für den späteren Beruf zu sehen. Viele gehen davon aus, dass das schulmathematische Wissen ausreicht. Stellen Lehramtsstudierende jedoch keine Verbindungen her zwischen der Hochschulmathematik, die sie in ihrem Studium erlernen, und der Schulmathematik, die sie später unterrichten sollen, können sie ihr universitäres Fachwissen kaum bei der Planung und Durchführung des Unterrichts nutzen. Tatsächlich sind Schul- und Hochschulmathematik von so grundlegend verschiedenem Charakter, dass Wissen über Verbindungen zwischen diesen beiden „mathematischen Welten“ in der Regel nicht von allein aufgebaut wird und Lehramtsstudierende hierbei aktiv unterstützt werden müssen. Eine IPN-Studie untersuchte, inwiefern der Aufbau eines solchen schulbezogenen Fachwissens durch spezielle mathematische Übungsaufgaben – sogenannte Lehramtsaufgaben – geschehen kann.

$$s_n = \sum_{i=0}^n q^i = \frac{1-q^{n+1}}{1-q}, |q| < 1$$

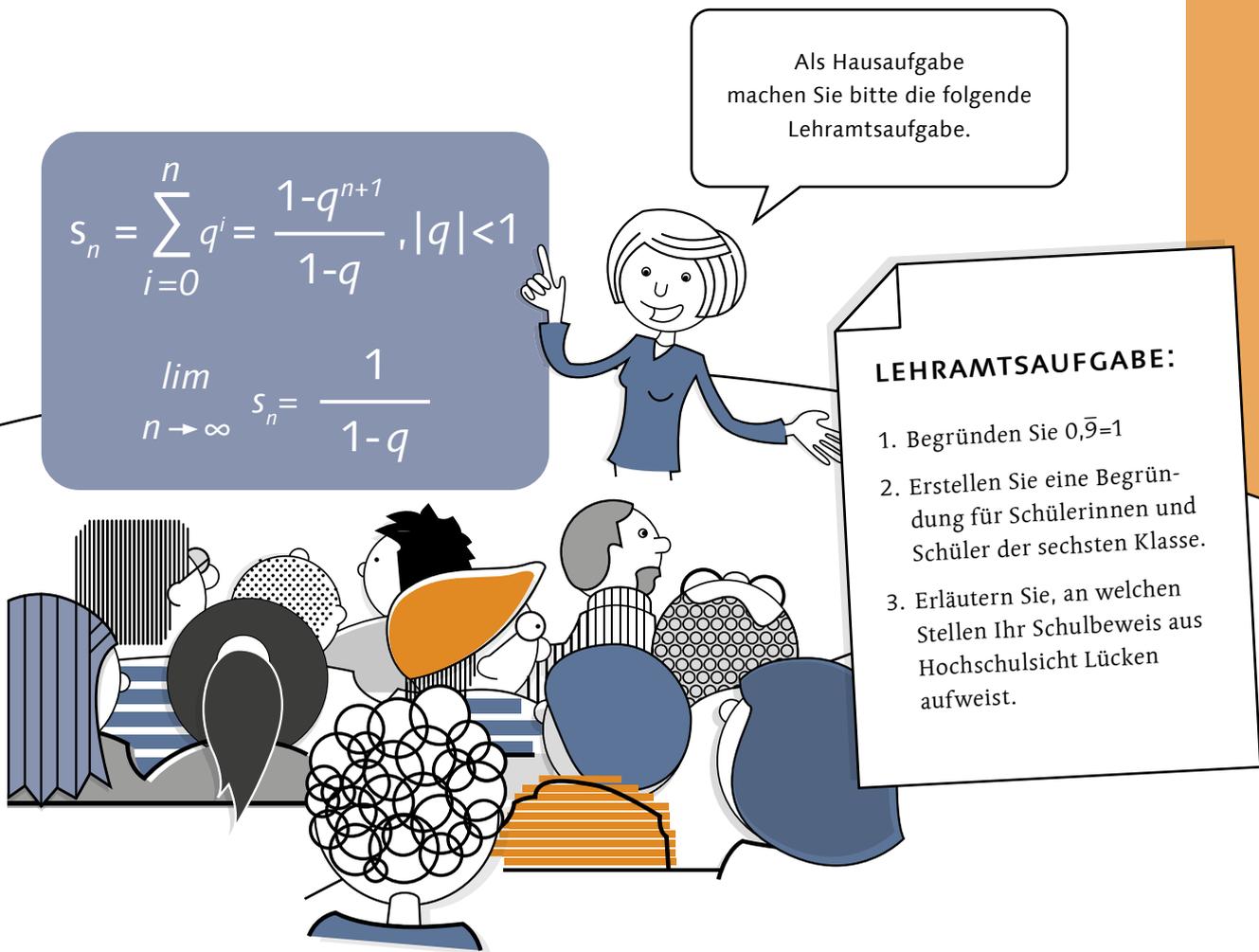
$$\lim_{n \rightarrow \infty} s_n = \frac{1}{1-q}$$



Im Fach Mathematik ist der „Bruch“ zwischen Schule und Hochschule deutlich stärker ausgeprägt als in anderen Fächern (z. B. Physik). Die Schulmathematik kann der Allgemeinbildung zugerechnet werden, deren Ziel vor allem die Lösung von Alltagsproblemen ist. Bei der Hochschulmathematik dagegen handelt es sich um eine wissenschaftliche Disziplin, die als Ziel einen formal-deduktiven Theorieaufbau mithilfe von Axiomen, abstrakten Begriffen, mathematischen Sätzen und Beweisen verfolgt. In vielen klassischen Fachvorlesungen des gymnasialen Lehramtsstudiums wird nur die Hochschulmathematik gelehrt und nicht thematisiert, welche Verbindungen es zur Schulmathematik gibt.

Lehramtsaufgaben

An einigen Hochschulen werden im Lehramtsstudium Mathematik inzwischen Übungsaufgaben eingesetzt, die Verbindungen zwischen Schul- und Hochschulmathematik explizieren – sogenannte Lehramtsaufgaben. Dies geschieht häufig im Kontext realistischer Handlungsanforderungen von Lehrkräften. Beispielsweise kann sich eine Lehramtsaufgabe mit einer Schülerfrage beschäftigen, die zunächst aus hochschulmathematischer Sicht und anschließend schülergerecht beantwortet werden soll. So können Lehramtsstudierende lernen, Verbindungen zwischen ihrem Studium und dem späteren Beruf herzustellen. Einerseits soll dadurch ein schulbezogenes Fachwissen aufgebaut werden. Andererseits erhofft man sich durch den Einsatz von Lehramtsaufgaben auch, dass Schul- und Hochschulmathematik nicht mehr als getrennte Welten von den Studierenden wahrgenommen werden, sondern als zusammenhängend und füreinander relevant.



Können Lehramtsaufgaben den Aufbau eines schulbezogenen Fachwissens fördern?

Mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse wurden 61 schriftliche Studierendenbearbeitungen von Lehramtsaufgaben dahingehend analysiert, ob die Lehramtsstudierenden im Verlauf des ersten Studienjahres Verbindungen zwischen Schul- und Hochschulmathematik korrekt hergestellt haben. Tatsächlich gelang dies in mehr als der Hälfte der analysierten Bearbeitungen. Lehramtsaufgaben können die Aktivierung schulbezogenen Fachwissens somit anregen. Gleichzeitig konnten bei der Analyse auch Problemfelder bei der Bearbeitung identifiziert werden. So schien es vielen Studierenden leichter zu fallen, Verbindungen ausgehend von der Schulmathematik zur Hochschulmathematik zu ziehen, während der Rückbezug von der Hochschule zur Schule häufiger scheiterte.

Inwiefern unterstützen Lehramtsaufgaben Studierende dabei, Schul- und Hochschulmathematik als miteinander verbunden und füreinander relevant wahrzunehmen?

Um zu ermitteln, inwiefern sich Lehramtsaufgaben nicht nur auf das Wissen, sondern auch die Wahrnehmung der Studierenden auswirken können, wurde eine quasi-experimentelle Fragebogenstudie mit 98 Studierenden des ersten Studienjahrs durchgeführt. Abgefragt wurde zu zwei Messzeitpunkten, inwiefern Schul- und Hochschulmathematik als inhaltlich verbunden wahrgenommen werden sowie inwiefern die Hochschulmathematik als relevant für den Lehrberuf eingestuft wird. Zwischen den beiden Messzeitpunkten erhielten die Lehramtsstudierenden der Stichprobe wöchentlich 1–2 Lehramtsaufgaben und 7–9 klassische Übungsaufgaben

Weber, B.-J., & Lindmeier, A. (2022). Typisierung von Aufgaben zur Verbindung zwischen schulischer und akademischer Mathematik. In V. Isaev, A. Eichler, & F. Loose (Hrsg.), *Professionsorientierte Fachwissenschaft: Kohärenzstiftende Lerngelegenheiten für das Lehramtsstudium Mathematik*. (S. 95–121). (Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63948-1_6



ohne Schulbezug zur Bearbeitung. Die übrigen Studierenden bekamen nur klassische Übungsaufgaben. Es zeigte sich, dass sich die Wahrnehmung der Studierenden zwischen Prä- und Post-Test signifikant unterschiedlich entwickelte in Abhängigkeit davon, ob Lehramtsaufgaben bearbeitet wurden oder nicht. Die Studierenden, die Lehramtsaufgaben bearbeitet hatten, nahmen mehr inhaltliche Verbindungen nach der Bearbeitung von Lehramtsaufgaben zwischen Schul- und Hochschulmathematik wahr als zuvor und verzeichneten ein konstantes Level darin, Hochschulmathematik als für die Schule relevant wahrzunehmen. Die übrigen Studierenden zeigten in der Tendenz hingegen keine Zunahme der wahrgenommenen Verbindungen sowie ein Absinken der wahrgenommenen Relevanz.

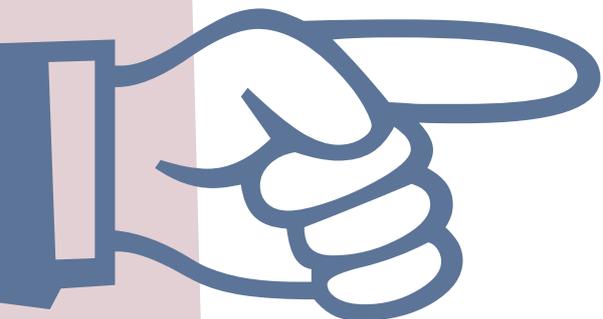
Fazit

Der Einsatz von Lehramtsaufgaben in fachmathematischen Veranstaltungen kann Lehramtsstudierende dabei unterstützen, für ihren angestrebten Beruf relevante Verbindungen zwischen Schul- und Hochschulmathematik herzustellen. Zudem scheint es positive Effekte auf die Wahrnehmung der Studierenden zu geben, was wiederum die Studienzufriedenheit erhöhen und sich ebenfalls positiv auf den Lernerfolg auswirken kann.



Dr. Birke-Johanna Weber war bis Ende des Jahre 2022 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Didaktik der Mathematik am IPN sowie des Mathematischen Seminars der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU). Sie studierte Mathematik und Deutsch für das Lehramt an Gymnasien an der CAU und absolviert derzeit ihren Vorbereitungsdienst als Lehrkraft. Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf Teilen ihrer am IPN angefertigten Dissertation.

bweber@leibniz-ipn.de



Lernen mit komplexen Repräsentationen in der Organischen Chemie

VON BLICKBEWEGUNGEN ZU **INSTRUKTIONALER UNTERSTÜTZUNG**

Marc Rodemer

- ➔ Beim Lernen geschieht Informationsverarbeitung vor allem durch visuelle und auditive Reize, die wir sehen und hören können. Unser Blickmuster verrät dabei viel über unsere Aufmerksamkeit. Ein IPN-Projekt hat anhand des Blickverhaltens von Studentinnen und Studenten untersucht, inwiefern visuelle Hilfen im Instruktionsmaterial das Lernen unterstützen können.

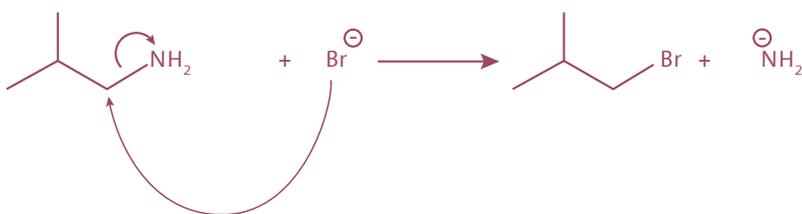
Vorwiegend nehmen wir die Welt mit unseren Sinnesorganen wahr. Im gleichen Moment, in dem wir etwas sehen, denken wir darüber nach (so wie Sie jetzt gerade beim Lesen über diesen Text nachdenken). Daher kann die Analyse von Blickbewegungen ein Indikator für Informationsverarbeitungs- und somit Lernprozesse sein. Insbesondere bei visuell komplexen Lerninhalten wie zum Beispiel Reaktionsmechanismen im Fachgebiet der Organischen Chemie zeigen Lernende mit wenig Vorwissen ein undifferenziertes Blickverhalten: Sie können die visuell dargestellten Informationen (z. B. Strukturformeln) nicht mit konzeptuellem Wissen (z. B. chemische Reaktivität) in Verbindung bringen; oder anders gesagt: Sie sehen die Darstellung, können sie aber nicht zuordnen. Hier können visuelle Hilfen im Instruktionsmaterial Unterstützung bieten. Neben den Schwierigkeiten, die Chemiestudierende beim Entschlüsseln komplexer Reaktionsmechanismen haben, wurden in diesem Projekt die Wirksamkeit von Lernvideos untersucht, in denen mithilfe von visuellen Hervorhebungen eine Lenkung der Blickbewegung auf die wesentlichen Informationen erreicht werden sollte, um die Verknüpfung von auditiven Informationen (Konzeptwissen) und visuellen Informationen (Strukturformeln) zu unterstützen.

Blickverhalten offenbart den Expertisegrad

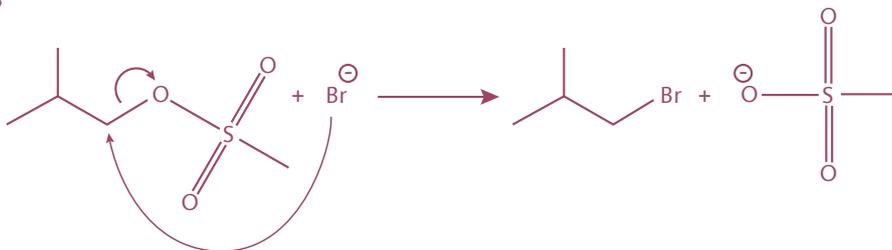
In der ersten Studie dieses Promotionsvorhabens wurden die Blickbewegungen von Bachelor-Chemiestudierenden verschiedener Semester während der Bearbeitung von so genannten Fallvergleichsaufgaben in der Organischen Chemie untersucht. Hierfür betrachteten die teilnehmenden Studierenden zwei ähnliche chemische Reaktionen am Computerbildschirm, während mithilfe eines Eye-Trackers die Blickbewegungen aufgezeichnet wurden. Währenddessen war die Aufgabe zu begründen, welche der beiden dargestellten Reaktionen schneller verläuft, d. h. chemisch reaktiver ist. Hierzu mussten Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Reaktionsmechanismen verglichen werden. Anhand weniger Unterschiede in den visuellen Repräsentationen von Strukturformeln kann auf bestimmte chemische Eigenschaften wie z. B. Polarität oder induktive Effekte zurückgeschlossen werden, welche einen Einfluss auf die Reaktivität haben. Dafür ist es jedoch notwendig, relevante und irrelevante Details der Repräsentationen zu differenzieren.



A



B



Beispielhafte Fallvergleichsaufgabe, bei der anhand der Strukturen auf die chemische Reaktivität geschlossen werden soll.



Für die Analyse der Blickbewegungen wurde die Stichprobe in Anfänger und Anfängerinnen (in diesem Fall Viertsemester-Studierende) und in Fortgeschrittene (Sechstsemester-Studierende) unterteilt.

Es zeigte sich, dass Anfänger bzw. Anfängerinnen die chemischen Strukturen

- sehr lange betrachten (hohe Fixationsdauer) und
- selten zwischen den verschiedenen, abgebildeten Strukturen hin- und herwechseln.

Im Vergleich dazu sind fortgeschrittene Studierende

- insgesamt deutlich schneller in der Bearbeitung und
- wechseln viel häufiger zwischen Teilen der Strukturen hin und her.

Während das Blickverhalten der Anfänger bzw. Anfängerinnen eher als „fokussiert“ bezeichnet werden kann, wird das Blickverhalten der Fortgeschrittenen als eher „vergleichend“ betitelt. In Betracht der Aufgabenstellung (dem Fallvergleich) scheint das vergleichende Blickverhalten zielführender zu sein. Es kann vermutet werden, dass Anfängern bzw. Anfängerinnen das nötige Vorwissen fehlt, um die Strukturformeln mit chemischen Eigenschaften zu verknüpfen, und sie daher im Vergleich länger über die Bedeutung einzelner Strukturen nachdenken müssen.

Die Ergebnisse legen nahe, dass Instruktionsmaterial dahingehend sorgfältig evaluiert werden sollte, ob die visuelle Komplexität der Repräsentationen zum Vorwissen der Adressaten bzw. Adressatinnen passen. Auf dieser Grundlage wurden für die zweite und dritte Studie dieses Promotionsvorhabens Lernvideos entwickelt, die als Aufgabenformat Fallvergleiche, eine prozessorientierte Erklärung und mehrere multimediale Gestaltungsprinzipien enthalten. Das Hauptziel bestand darin, die Auswirkungen von entweder dynamischer, statischer (Lehrbuch-ähnlicher) oder fehlender Hervorhebungen im Rahmen einer Interventionsstudie zu testen.

Dabei wurde angenommen, dass eine dynamische Hervorhebung, die im jeweiligen Moment der (auditiven) Erklärung erscheint, die Aufmerksamkeit eines Lernenden auf relevante Details erhöht. Da Menschen über das nachdenken, was sie gerade sehen, soll auf diese Weise der Lernzuwachs während des Betrachtens eines Lernvideos erhöht werden.

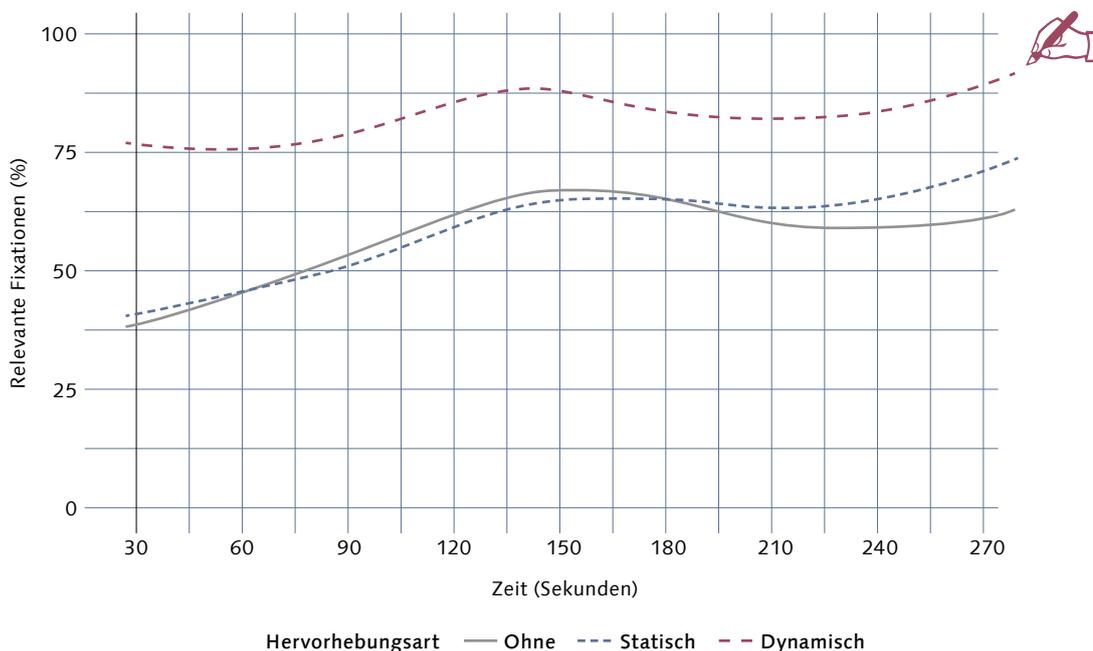
Dynamische Hervorhebungen helfen beim Lernen

Die Effektivität der Videovarianten im Vergleich wurde mit mehreren Methoden untersucht. Hierbei wurden ein Prä- und Post-Test eingesetzt sowie nach jedem Video direkte Verständnisfragen gestellt. Außerdem wurde mittels einer zweiten Stichprobe anhand eines Eye-Trackers die Verteilung der Aufmerksamkeit während der Videobetrachtung beobachtet sowie mithilfe eines Selbstauskunftsbogens die kognitive Belastung gemessen.

Die Ergebnisse zeigen einen Lernvorteil für Videos mit dynamischen Hervorhebungen, der insbesondere bei geringen Vorkenntnissen deutlich wurde. Darüber hinaus wurden durch die dynamischen Hervorhebungen kognitive Ressourcen frei, was sich in einer geringeren kognitiven Belastung zeigt. Außerdem führten die dynamischen Hervorhebungen dazu, dass die Studierenden beim Betrachten der Videos zu einem höheren Anteil auf diejenigen Teile der Darstellung schauten, die gerade in der Erklärung angesprochen wurde. Dieser Effekt zeigte sich über nahezu den gesamten Verlauf der Videos. Zusammenfassend konnten positive Auswirkungen der dynamischen Hervorhebungen auf Aufmerksamkeit, kognitive Belastung und Lernzuwächse aufgezeigt werden.



» **Dynamische Hervorhebungen in Videos haben einen Lernvorteil, der insbesondere bei geringen Vorkenntnissen deutlich wird.** «



Prozentualer Anteil relevanter Fixationen im Durchschnitt über Probanden und Videos gemittelt und nach Hervorhebungsart aufgeschlüsselt. Relevante Fixation meint dabei, dass beim Betrachten der Videos auf die Teile der Darstellung geschaut wird, die gerade in der Erklärung angesprochen wird.

Fazit

Die drei vorgestellten Studien ergänzen die vorhandene Literatur, indem sie einen empirisch belegten, zielgerichtet-konzipierten Lernansatz erweitern, um die Fähigkeit der Studierenden zu fördern, komplexe, chemische Repräsentationen mit geeigneten, zugrunde liegenden Konzepten zu verbinden. Dabei hat sich Eye-Tracking in Kombination mit Fachwissenstests und Selbstauskunftsbögen als geeignete Methode herausgestellt, individuelle Voraussetzungen von Lernenden bei der Bearbeitung von Aufgaben mit visuell-komplexen Repräsentationen im Gebiet der Organischen Chemie zu identifizieren. Darüber hinaus eignet sich die Methode auch, die Effektivität der entwickelten Lernvideos zu evaluieren. Als Implikationen für die Lehre kann geschlussfolgert werden, dass Dozentinnen und Dozenten zielgerichtet Lernmaterialien gemäß des Vorwissens der Lernenden auswählen und dabei auf individuelle Unterstützungsmaßnahmen achten sollten.



Dr. Marc Rodemer

war bis vor kurzem Mitarbeiter in der Abteilung Didaktik der Chemie am IPN. Er promovierte hier in einem Kooperationsprojekt mit der Justus-Liebig-Universität Gießen zu dem in diesem Artikel vorgestellten Thema. Zuvor studierte er Chemie und Biologie für das Lehramt an Gymnasien an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Derzeit ist er als Akademischer Rat an der Universität Duisburg-Essen in der Abteilung Didaktik der Chemie tätig.

marc.rodemer@uni-due.de

Rodemer, M., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2020). Decoding case comparisons in organic chemistry: Eye-tracking students' visual behavior. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3530–3539. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00418>

Rodemer, M., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2021). Connecting explanations to representations: Benefits of highlighting techniques in tutorial videos on students' learning in organic chemistry. *International Journal of Science Education*, 43(17), 2707–2728. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1985743>

Rodemer, M., Lindner, M. A., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2022). Dynamic signals in instructional videos support students to navigate through complex representations. An eye-tracking study: *Applied Cognitive Psychology*, 36(4), 852–863. <https://doi.org/10.1002/acp.3973>

Den Übergang von der Schule zur Hochschule erfolgreich gestalten

VERTRETERINNEN UND VERTRETER AUS SCHULPRAXIS UND HOCHSCHULEN
ERARBEITETEN IN SCHLESWIG-HOLSTEIN GEMEINSAM EINEN AUFGABENKATALOG
FÜR DIE MATHEMATISCHEN VORAUSSETZUNGEN EINES MINT-STUDIUMS

In den MINT-Studiengängen (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) brechen viele Studienanfängerinnen und -anfänger ihr Studium ab, weil ihnen die für das Studienfach benötigten Mathematikkenntnisse fehlen. Doch welche Kenntnisse sind dies im Einzelnen, die die Studierenden brauchen, um ihr Studium erfolgreich zu bewältigen? Seit langem wird z. B. die Frage kontrovers diskutiert, ob die Leistungsstandards in der Schule zu gering oder die Anforderungen an den Hochschulen zu hoch sind.

Einen praktischen Lösungsansatz hat diese Diskussion bisher nicht hervorgebracht. In Schleswig-Holstein haben sich deshalb Mathematiklehrkräfte aus allen Landesteilen, Mitarbeitende des Landesinstituts, des Instituts für Qualitätsentwicklung an Schulen Schleswig-Holstein (IQSH), und des Ministeriums für Allgemeine und Berufliche Bildung, Forschung, Wissenschaft und Kultur (MBFWK) sowie Hochschullehrende aller staatlichen Hochschulen gemeinsam auf den Weg gemacht, um eine bessere Abstimmung zu mathematischen Kenntnissen beim Übergang von der Schule in die Hochschule zu erreichen. Dabei gab es zwei zentrale Ziele:

- 1 Einen Konsens über das relevante mathematische Wissen und Können zu erreichen, das einerseits im Rahmen des Mathematikunterrichts realistisch erreicht werden kann und das andererseits für einen erfolgreichen Start in ein MINT-Studium ausreicht.
- 2 Eine konkrete Beschreibung dieses mathematischen Wissens und Könnens in Form eines Katalogs mit illustrierenden Aufgaben und Lösungen, damit für studieninteressierte Schülerinnen und Schüler transparent wird, was im MINT-Studium von ihnen erwartet wird.

Die Zusammenarbeit von Mathematiklehrkräften, Mitarbeitenden des IQSH und des Ministeriums sowie Hochschullehrenden für MINT-Studiengänge wurde gemeinsam vom IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel, IQSH und dem MBFWK organisiert und finanziert. In einem mehrjährigen Prozess

tauschten sich die Teilnehmenden über das Mathematiklernen in der Schule und im Studium aus und diskutierten im Detail die vielen Aspekte des mathematischen Wissens und Könnens, die für den Übergang Schule-Hochschule relevant sein können. Grundlage dafür bildeten einerseits die Fachanforderungen Mathematik als Ziele des Mathematikunterrichts der Sekundarstufen I und II und andererseits die Ergebnisse der MaLeMINT-Studie des IPN Kiel (siehe IPN Journal Ausgabe Nr. 3), in der die erwarteten mathematischen Lernvoraussetzungen für MINT-Studiengänge von knapp 1000 Hochschullehrenden aus ganz Deutschland zusammengetragen wurden. Als Ergebnis des Arbeitsprozesses liegt inzwischen ein umfassender Aufgabenkatalog vor, der die mathematischen Anforderungen am Übergang Schule-Hochschule für MINT-Studiengänge an Hochschulen in Schleswig-Holstein illustriert. Innerhalb Schleswig-Holsteins wird der Katalog an alle Schulen mit gymnasialer Oberstufe verteilt und der begonnene konstruktive Dialog zwischen Hochschulen, Lehrkräftebildung, Schulen und Forschung auch zukünftig weitergeführt.



Der Aufgabenkatalog ist hier zu finden: <http://www.leibniz-ipn.de/malemint-implementation>

Alle Informationen zur MaLeMINT-Studie sind hier zu finden: <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projektliste/malemint>

Wissenswertes

Internationale Auszeichnungen für deutsche Schülerinnen und Schüler nach Spitzenleistung bei den ScienceOlympiaden

DIE DEUTSCHEN TEILNEHMERINNEN UND TEILNEHMER KONNTEN ZAHLREICHE MEDAILLEN UND WEITERE ERFOLGE ERRINGEN.

Die ScienceOlympiaden kehrten im vergangenen Wettbewerbsjahr nach langer Unterbrechung wieder zu ersten Präsenzveranstaltungen zurück. Nach den erfolgreichen Jahren der deutschen Teams bei den Europäischen ScienceOlympiaden (EUSO) waren die Erwartungen bei der ersten Präsenz-Olympiade seit drei Jahren, die von Gastgeber Tschechien im Mai 2022 erstmalig unter dem neuen Namen „European Olympiad of Experimental Science“ (EOES) in der Universitätsstadt Hradec Kralové durchgeführt wurde, auch in diesem Jahr hoch. Die Erwartungen wurden dann sogar übertroffen: Beide deutschen Teams gewannen eine der begehrten fünf Goldmedaillen! Unter 42 teilnehmenden Teams aus 20 Ländern der Europäischen Union belegte Team A mit Jonah Kessels, Frederike Saal und Anton Nüske nach Abschluss des Wettbewerbs den 1. Platz und wurde Europameister. Ein ganz besonderer Erfolg!

Um Medaillen ging es für das deutsche Nationalteam auch bei der Internationalen BiologieOlympiade (IBO), die ebenfalls erstmals wieder in Präsenz stattfand. Gastgeber Armenien hatte die Nationalteams von 63 Ländern für eine Woche in der Hauptstadt Jerevan versammelt, um mehr als 240 Schülerinnen und Schüler im fairen Wettstreit um Medaillen kämpfen zu lassen. Am Ende eines anspruchsvollen Klausurprogramms konnten die deutschen Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Goldmedaille sowie zwei Silbermedaillen erringen und sich somit im Vergleich zum Vorjahr noch einmal steigern.

Pandemiebedingt musste im Juli 2022 die Internationale ChemieOlympiade (IChO) noch online stattfinden, die unter dem Motto „Change, Creation, Fusion“ vom Gastgeberland China ausgerichtet wurde. Allerdings fanden hier parallel zur Onlineveranstaltung erstmals nationenübergreifende Präsenzveranstaltungen statt. So trafen sich die Teams aus Österreich, der Schweiz und Deutschland (DACH) in der Schweiz, um gemeinsam etwas internationalen Flair zu genießen. In den Räum-

lichkeiten der Universität Basel absolvierten die Schülerinnen und Schüler aus den DACH-Ländern gemeinsam eine fünfstündige Online-Klausur, bei der sie anspruchsvolle Aufgaben aus der anorganischen, physikalischen und organischen Chemie lösen mussten. Freuen konnte sich das deutsche Nationalteam am Ende des Wettbewerbs über zwei Silbermedaillen sowie zweimal Bronze. Die Schweiz war auch Hauptorganisator der Internationalen PhysikOlympiade (IPhO), die als Online-Wettbewerb ausgetragen wurde. Auch hier bekamen die deutschen Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Möglichkeit, sich zumindest untereinander persönlich kennenzulernen. Am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg kamen fünf Delegationen für die Teilnahme an der IPhO zusammen, um die Wettbewerbswoche gemeinsam zu erleben. Die deutschen Olympioniken und Olympionikinnen kamen mit zwei Gold-, einer Silber- und zwei Bronzemedailles nach Hause. Damit landeten sie auf Platz 2 der europäischen Nationen.

Über eine Preisverleihung in Präsenz wiederum konnten sich die Schülerinnen und Schüler freuen, die am BundesUmweltWettbewerb (BUW) teilgenommen haben. Insgesamt fünf Hauptpreise, die höchste BUW-Preiskategorie, wurden an Projekte aus Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen vergeben. 13 Sonderpreise, die zweithöchste Auszeichnung im Wettbewerb, erhielten Projekte aus Baden-Württemberg, Bayern, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Thüringen und Schleswig-Holstein. Unabhängig von der Preisverleihung gab es aus dem BUW noch weitere erfreuliche Neuigkeiten. Paul Goldschmidt, der 2019 einen BUW II-Hauptpreis für sein Luftqualitäts-Messsystem „Open-Source Air Monitoring Device“ (OSAMD) erhielt, wurde für sein Projekt in der Kategorie „Leben bewahren“ mit dem Deutschen Engagementpreis ausgezeichnet, der als Dachpreis für bürgerschaftliches Engagement in Deutschland das freiwillige Engagement von Menschen in diesem Land würdigt. Der Jungforscher leistet mit seinem Messsystem einen Beitrag zu besserer Raumluft. Durch sein System steigt die Luftqualität, sodass sich die Ansteckungsgefahr durch Aerosole in den Räumen verringert. Dabei steigt die Konzentrationsfähigkeit derjenigen Personen, die sich in den Räumen befinden.



Aufgrund des Krieges in der Ukraine konnte die Internationale JuniorScienceOlympiade (IJSO) nicht, wie geplant, in Kiew ausgetragen werden. So konnten sich in diesem Jahr die deutschen Teilnehmenden nur national vergleichen. 39 Bundesfinalistinnen und Bundesfinalisten erlebten im Rahmen des Bundesfinales in Bad Homburg dennoch eine spannende Woche, an deren Ende die sechs Mitglieder für das Nationalteam 2022 nominiert wurden, die jedoch nicht am Ersatztermin der internationalen Endrunde teilnehmen konnten. Die Chancen auf internationale Kontakte bleiben allerdings nicht aus: Das Nationalteam wurde für das Auswahlseminar der European Olympiad of Experimental Science (EOES) nominiert, bei der sie ihr Labortalent im März (2023) unter Beweis stellen konnten, als es um die begehrten Tickets nach Riga ging, wo die nächste internationale EOES stattfinden wird.



Aktuelle Impulse, Stellungnahmen und Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz

AUFNAHME VON GEFLÜCHTETEN KINDERN, FÖRDERPROGRAMME IM BILDUNGSWESEN, DIGITALISIERUNG, BILDUNGSSCHANCEN IN DER GRUNDSCHULE UND LEHRKRÄFTEMANGEL

Als unabhängiges wissenschaftliches Beratungsgremium berät die Ständige Wissenschaftliche Kommission (SWK) seit dem Jahr 2021 die Kultusministerkonferenz zu bildungspolitischen Fragen. Der SWK gehören 16 Bildungsforscherinnen und Bildungsforscher aus unterschiedlichen Disziplinen an, darunter auch der Geschäftsführende Wissenschaftliche Direktor des IPN Prof. Dr. Olaf Köller, der die Kommission als Co-Vorsitzender gemeinsam mit Prof. Dr. Felicitas Thiel, Professorin für Schulpädagogik und Schulentwicklungsforschung an der Freien Universität Berlin, leitet.

Im vergangenen Jahr hat die SWK neben einer Stellungnahme und einem Impulspapier auch ihre ersten beiden großen Gutachten veröffentlicht, in der sie umfassende Handlungsempfehlungen zu aktuellen bildungspolitischen Fragen gegeben hat.

Bereits im März 2022 veröffentlichte die SWK eine Stellungnahme zur Unterstützung geflüchteter Kinder und Jugendlicher aus der Ukraine durch rasche Integration in Kitas und Schulen. Darin stellte die Kommission vor dem Hintergrund des russischen Angriffskrieges in der Ukraine und dem damit zusammenhängenden Anstieg der in Deutschland ankommenden Geflüchteten eine klare Kernforderung auf: Alle Kinder und Jugendlichen sollten so bald wie möglich nach

i https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/archiv/Pressestatement_SWK_SVR_Ukraine_Bildung.pdf

ihrer Ankunft die Kita oder Schule besuchen. Nur so könnten sie, so die SWK, Deutsch lernen, ihren Bildungsweg fortsetzen, Kontakte zu Gleichaltrigen knüpfen und Hilfe bei der Bewältigung möglicher Traumata erhalten.



<https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/archiv/SWK2022Impulspapier/Monitoring.pdf>

<https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/nachrichten/einsatz-optimieren-bedarf-senken-swk-empfehlungen-zeitlich-befristete-notmassnahmen-zum-umgang-mit-dem-akuten-lehrkraeftemangel>

<https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/archiv/staendige-wissenschaftliche-kommission-der-kmk-sieht-weiteren-handlungsbedarf-bei-digitalisierung-des-bildungssystems>

Die Entwicklung von Leitlinien für das Monitoring und die Evaluation von Förderprogrammen im Bildungsbereich stand im Fokus des Impulspapiers, das im Mai 2022 folgte. Förderprogramme, so hob die SWK im Rahmen dieses Papiers hervor, sind im Bildungsbereich ein wichtiges Instrument und verfolgen häufig das Ziel, den Bildungserfolg von Kindern und Jugendlichen zu steigern und soziale Ungleichheiten zu reduzieren. Die zahlreichen in Deutschland existierenden Förderprogramme würden jedoch nur selten auf ihre Wirksamkeit geprüft. Mit ihrer Forderung nach der Entwicklung von Leitlinien strebt die SWK an, dies zu ändern und stattdessen die Wirkung von Förderprogrammen künftig systematisch zu prüfen. In einem ersten Schritt werden Fachgespräche unter Beteiligung der Kultusministerkonferenz, der SWK und des Bundes angestrebt.

In ihrem ersten großen Gutachten beschäftigte sich die SWK mit der Digitalisierung im Bildungssystem. Darin machte sie einen großen Handlungsbedarf aus bei der Anpassung von Bildungsinhalten, der Entwicklung forschungsbasierter Lernmaterialien in nachhaltigen Strukturen sowie der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften und pädagogischen Fachkräften. In dem Gutachten empfahl die Kommission Maßnahmen für Kita, Schule, berufliche Bildung, Lehrkräftebildung und Hochschulbildung. Dazu gehörte un-

ter anderem die Einrichtung länderübergreifender Zentren für digitale Bildung, die Einführung eines Pflichtfaches Informatik, verbunden mit der dafür notwendigen Lehrkräfteausbildung, sowie die strukturelle Weiterentwicklung der hochschulischen Lehrkräfteausbildung. Als wichtige Voraussetzung für die Umsetzung dieser und weiterer Handlungsempfehlungen betonte die SWK den Stellenwert einer leistungsfähigen und verlässlichen digitalen Infrastruktur und eines rechtlichen Rahmens.

Ebenfalls mit konkreten Handlungsempfehlungen widmete sich die SWK in ihrem zweiten Gutachten mit dem Titel „Basale Kompetenzen vermitteln – Bildungschancen sichern. Perspektiven für die Grundschule“ der Grundschulbildung in Deutschland. Das Gutachten stellte die Diagnose und Förderung grundlegender sprachlicher und mathematischer Kompetenzen als zentrale Herausforderungen in den Mittelpunkt. So wurde empfohlen, sich auf basale Kompetenzen wie Lesen, Schreiben und Mathematik zu konzentrieren, damit mehr Schülerinnen und Schüler die Mindeststandards in Deutsch und Mathematik in der Grundschule erreichen können. Darüber hinaus formulierte die Kommission Empfehlungen zu strukturellen und organisatorischen Aspekten des Systems Grundschule.





Im Januar 2023 veranlasste dann eine akute bildungspolitische Entwicklung die SWK zu einer weiteren Stellungnahme: der Lehrkräftemangel in Deutschland. Dieser hat, so die Kommission, in erheblichem Maße demografische Ursachen und ist Teil des allgemeinen Fachkräftemangels. Die SWK betonte daher, dass es künftig kaum möglich sein wird, genügend Lehrkräfte auszubilden. Die Empfehlungen konzentrierten sich deshalb einerseits darauf, das Potenzial qualifizierter Lehrkräfte auszuschöpfen, etwa Teilzeitarbeit befristet zu begrenzen, Lehrkräfte im Ruhestand einzusetzen und Lehrerinnen und Lehrer von Aufgaben jenseits des Unterrichts zu entlasten. Andererseits hält die SWK es für möglich, den Lehrkräftebedarf unter bestimmten Bedingungen zu senken. Die Kommission empfahl dafür u. a. die Ausweitung von Hybridunterricht und Selbstlernzeiten in höheren Klassenstufen sowie den flexiblen Umgang mit Klassengrößen mit Beginn der Sekundarstufe I. Die Kommission betonte, dass es sich dabei um Notmaßnahmen handelt, die zeitlich befristet sein müssen.

Langfristig seien neue Formen der Unterrichtsorganisation und der Ausbildung sowie Gewinnung von Lehrkräften notwendig. So kündigte die SWK als Teil ihres Arbeitsprogramms für die Jahre 2023 und 2024 an, aktuell an einem Gutachten zur Lehrkräftegewinnung und -qualifizierung zu arbeiten, das über die kurzfristig empfohlenen Maßnahmen hinaus langfristige Maßnahmen anstrebt.

Alle Gutachten der SWK können Sie in voller Länge auf der Website der Kommission lesen. Zu den beiden Gutachten hat die SWK darüber hinaus eine digitale Veranstaltungsreihe, die so genannten SWK-Talks, gestartet, in denen sie in regelmäßigen Abständen im Detail auf einzelne Abschnitte aus den Gutachten eingeht. Für künftige SWK-Talks können Sie sich kostenlos anmelden, Aufzeichnungen der bereits abgehaltenen Veranstaltungen finden sie auf dem YouTube-Kanal des IPN.

i <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/archiv/staendige-wissenschaftliche-kommission-empfehl-konzentration-auf-basale-kompetenzen-in-der-grundschule>

Website der SWK:
www.swk-bildung.org

Anmeldung zu den SWK-Talks: <https://www.kmk.org/kmk/staendige-wissenschaftliche-kommission/termine.html>

YouTube-Kanal des IPN:
<https://www.youtube.com/channel/UC6hz0k5jrED-T9Oyj7Snjw/videos?app=desktop&cbrd=1>

.....

IPN · Journal

INFORMATIONEN AUS DEM LEIBNIZ-INSTITUT FÜR DIE
PÄDAGOGIK DER NATURWISSENSCHAFTEN UND MATHEMATIK

Abonnieren Sie das
IPN · Journal kostenlos!

ipnjournal@leibniz-ipn.de
www.leibniz-ipn.de/de/publikationen/ipn-journal

HERAUSGEBER



© 2023

IPN · Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

Olshausenstraße 62
24118 Kiel

Postanschrift:
IPN · 24098 Kiel

E-Mail: info@leibniz-ipn.de
www.leibniz-ipn.de

Vertreten durch das Direktorium:

Prof. Dr. Olaf Köller, *Geschäftsführender
Wissenschaftlicher Direktor*

Mareike Bierlich, *Geschäftsführende
Administrative Direktorin*

Prof. Dr. Ute Harms, *Direktorin*

Prof. Dr. Aiso Heinze, *Direktor*

Prof. Dr. Oliver Lüdtke, *Direktor*

Prof. Dr. Knut Neumann, *Direktor*

Prof. Dr. Hans Anand Pant, *Direktor*

Prof. Dr. Ilka Parchmann, *Direktorin*

REDAKTION

David Drescher, Knut Neumann,
Ute Ringelband

ipnjournal@leibniz-ipn.de
T 0431 880-3122

DESIGN / GESTALTERISCHES KONZEPT / SATZ

Emanuel Kaiser / IPN, Jan Uhing / IPN,
Karin Vierk / IPN
grafik@leibniz-ipn.de

LEKTORAT / KORREKTUR

Johanna Touoda

BILDNACHWEISE

Alle Bildrechte liegen beim IPN bis auf
folgende:

Titel / S. 12 ©Premium Icons; S. 2 / 4
©kwanchaichaiudom – stock.adobe.com;
S. 2 / 9 ©toonzzz – stock.adobe.com; S. 2 / 9
©Sirichai Puangsuwan – stock.adobe.com;
S. 2 / 32 ©backup16 – stock.adobe.com;
S. 3 / 38 ©deagreez – stock.adobe.com;
S. 6 ©Khorzhevskya – stock.adobe.com;
S. 7 ©Robert Kneschke – stock.adobe.com;
S. 8 ©kwanchaichaiudom – stock.adobe.
com; S. 11 ©Opayaza – stock.adobe.com;
S. 15 / 16 ©BalanceFormCreative – stock.
adobe.com; S. 29–33 ©LUGOSTOCK –
stock.adobe.com; S. 29 / 30 ©muro – stock.
adobe.com; S. 34 mit freundlicher Geneh-
migung: ©King's College London: College
Archives, KING'S COLLEGE LONDON: De-
partment of Biophysics records KDBP/1/1,
Glass and acetate slides (1949–1984). S. 43
©Studio Romantic – stock.adobe.com;

S. 56 ©Hannes Eichunger – stock.adobe.
com; S. 57 ©Wavebreakmedia/Micro –
stock.adobe.com.

ERSCHEINUNGSWEISE

Das IPN · Journal erscheint digital.

ISSN-NR.

2511-9109

Beiträge aus dem IPN · Journal dürfen mit
Quellenangabe abgedruckt werden.

Jetzt für das e-Abo anmelden:

www.ipn.uni-kiel.de/formular-ipn-journal

Oder schicken Sie eine kurze E-Mail an:

ipnjournal@leibniz-ipn.de



Sie erhalten jeweils zum Erscheinen einer
neuen Ausgabe des IPN Journals eine E-Mail
mit dem direkten Link zur Online-Ausgabe.

